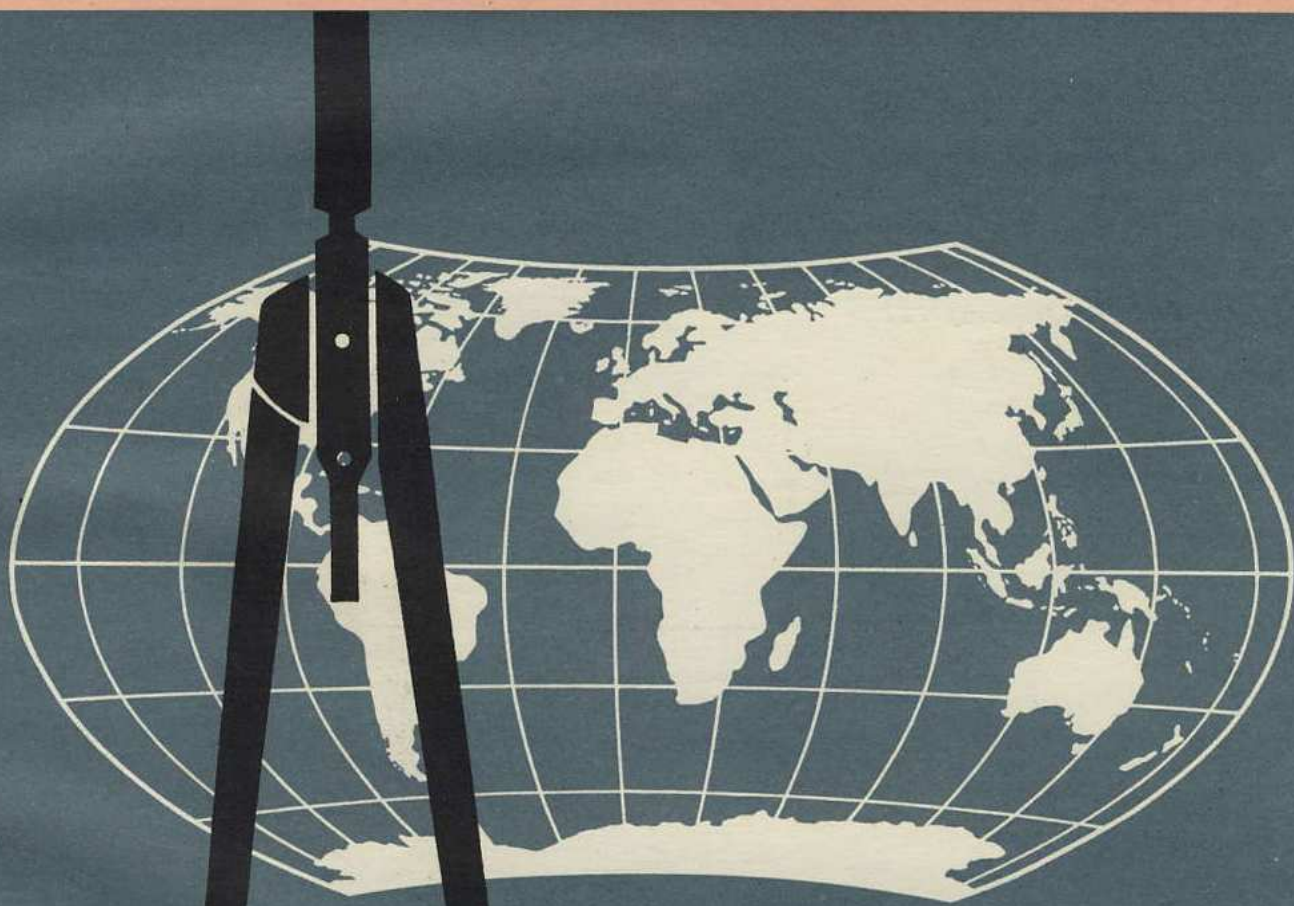


vojenský topografický obzor



vydává MNO

1

1960

OBSAH

Inž. Zdeněk Nevošád: Technické problémy rozvíjení geodetických sítí při útočných operacích armády	1
Inž. plukovník prof. dr. Josef Vykutíl: K výpočtu trigonometricky měřených výškových rozdílů	17
Inž. major Václav Horník: Zkušenosti z měření geodimetrem NASM-3	28
Inž. podplukovník Boleslav Červinka: Obkreslovač leteckých snímků se stereoskopickým pozorováním	40
Inž. major Erhart Srnka: Přesnost délek a úhlů měřených na topografických mapách 1:25 000	45
Inž. kapitán Ludvík Pozníček: Uplatňujeme ^{u nás} ÚV KSC o těsném spojení školy se životem v podmínkách VKU	60
Stručný obsah výzkumných zpráv vojenské topografické služby	71
Zprávy technické knihovny VZÚ	

Inž. Zdeněk Nevosád, VA AZ Brno

Technické problémy rozvíjení geodetických sítí při útočných operacích armády

Článek je rozdělen na dvě části. V první se stručně pojednává o zhušťování částečně zničené trigonometrické sítě bodů, o budování nové geodetické sítě v období příprav útoku a o některých způsobech rozvíjení geodetické sítě během útoku armády. Druhá část se zabývá způsoby zaměřování geodetické základny a přesností jejího zaměření.

Topografické zabezpečení útočných operací armády vyžaduje dostatečně rozlehlou geodetickou síť bodů. Síť slouží především potřebám speciálních druhů vojsk, zejména dělostřelectva. Nejvýhodnější a zároveň nejrychlejší je samozřejmě převzetí existující sítě trigonometrických bodů, za předpokladu, že stabilizace bodů je neporušena. Za bojových operací musíme však počítat s okolností, že stabilizace bodů mohou být úmyslně nebo destrukcemi zčásti nebo úplně zničeny, takže pro topografické zabezpečení bojové činnosti vojsk je třeba dostatečně zhustit trigonometrické body, které zůstaly za bojů nedotčeny, nebo zaměřit novou geodetickou síť. Jestliže zaměřujeme novou síť bodů, musíme správně určit její rozměr, tj. musíme měřit geodetickou základnu. Nová síť se může někdy budovat jako samostatná síť, která nemusí navazovat na dosavadní trigonometrickou síť.

K zaměření geodetické sítě použijeme vteřinových theodolitů i rádiových a světelných dálkoměrů. Každý z těchto přístrojů má při vojenském využití určité výhody a nevýhody.

Theodolity jsou vhodné především k dennímu měření. Jsou přizpůsobeny také k nočnímu měření, ale světelná signalizace bodů je časově náročnější a může být spatřena nepřítelem. Použití theodolitů je tedy v noci omezeno převážně na měření astronomických azimutů, popřípadě na měření délek na vodorovnou dvoumetrovou lať. Měření ve dne může být někdy znesnadněno špatnou viditelností, mlhou, deštěm apod.

Rádiové dálkoměry pro geodetické měření vzdáleností se rozvíjejí teprve v posledních letech. Zatím se jeví vhodnými pro vojenské využití. Jejich předností je nejen poměrně značná přesnost a rychlost měření, ale především jejich použitelnost téměř za všech meteorologických podmínek. Je možno s nimi měřit ve dne, v noci, za mlhy, slabšího deště, kouře atd. Měří vzdálenosti dlouhé i několik desítek kilometrů. Vedle těchto předností mají rádiové dálkoměry některé nevýhody. Při záměrech jdoucích blízko zemského povrchu může chyba v měřené délce za nepříznivých okolností značně překročit dovolenou mez. Tento jev je způsoben pravděpodobně odrazy vln od terénu nebo poruchami souvisejícími s elektrickými povrchovými proudy. Vhodnou volbou měřené délky a kontrolami lze tyto hrubé chyby vyloučit. U záměr, které procházejí těsně nad terénem, se doporučuje zvýšení stanovišť obou rádiových stanic. Měření délek rádiovými dálkoměry může být někdy rušeno nepřítelem, vysíláním vhodných ultrakrátkých vln nebo radiolokátory pracujícími v pásmu stejné nosné

frekvence. Ultrakrátké vlny se šíří téměř přímočaře, takže rušení je možné odstranit vhodnou volbou měřených délek, aby jejich koncové body byly ve skrytu vzhledem k nepříteli. Musíme však počítat s tím, že nebudeme moci rádiových dálkoměrů vždy použít.

Světelnými dálkoměry se měří vzdálenosti od několika set metrů do několika kilometrů. Prakticky lze pro vojenské potřeby počítat se vzdálenostmi do 4 až 7 km. Měření delších vzdáleností je již hodně závislé na velmi dobrých meteorologických podmínkách, tj. prakticky na velmi dobré viditelnosti. Světelnými dálkoměry nelze měřit ve dne, ale jen v noci. Nesmí pršet a nemá být mlha ani kouř. Nedoporučuje se měřit za větších mrazů. Tyto okolnosti značně omezují použitelnost světelných dálkoměrů. Nesmíme zapomenout, že světelné dálkoměry vysílají viditelné světlo, které za určitých podmínek může být spatřeno nepřítelem.

A) Budování geodetické sítě

Vybudování geodetické sítě lze rozdělit z hlediska časové posloupnosti na dvě etapy. První část sítě slouží k přípravě útoku a leží především v prostorech rozvinování dělostřelectva, tj. za prvním obranným postavením a mezi obrannými pásmy. Dopředu lze určovat jen ojedinelé body sloužící jako cíle nebo orientační body pro další rozvinování sítě do hloubky k nepříteli. Hloubka území, na němž musí být geodetická síť vybudována, se řídí bojovou sestavou vojsk, požadavky dělostřelectva, popřípadě ostatních druhů vojsk. Druhá část geodetické sítě se rozvíjí až během útoku armády, při postupu našich vojsk v místě průlomu nepřátelských postavení.

1. Zhuštění bodů trigonometrické sítě

Postup měřických prací při zhušťování trigonometrické sítě je závislý především na množství zachovaných trigonometrických bodů, na členitosti terénu a jeho porostu, na počtu měřických skupin, na přístrojích, kterými jsou skupiny vybaveny atd. Nejdříve je třeba pečlivě vyhledat stabilizační kameny trigonometrických bodů a pokud možno je jednoduchými způsoby signalizovat. Měřické a početní práce organizujeme tak, aby celý prostor byl zhuštěn a souřadnice nových bodů vypočteny v co nejkratší době. K zaměření vlíčovacích bodů používáme nejvíce těch metod, které opět vyžadují málo času. Jsou to především protínání zpět a vpřed. Nevyhýbáme se ani Hansenově úloze, ovšem s měřickou kontrolou. Podle možnosti používáme k zaměřování zhušťovacích bodů také rádiové a světelné dálkoměry. Nejvíce jich využijeme právě v prostorech, kde je velmi málo trigonometrických bodů, a na území nepřehledném a zalesněném. Pomocí dálkoměrů zaměřujeme zhušťovací body polygonovými pořady nebo rajóny, méně již protínáním z měřených délek. Výhodné je také spojení měření délek rajónů nebo některých polygonových pořadů s jejich astronomickou orientací, samozřejmě jen za předpokladu dobrého počasí během noci.

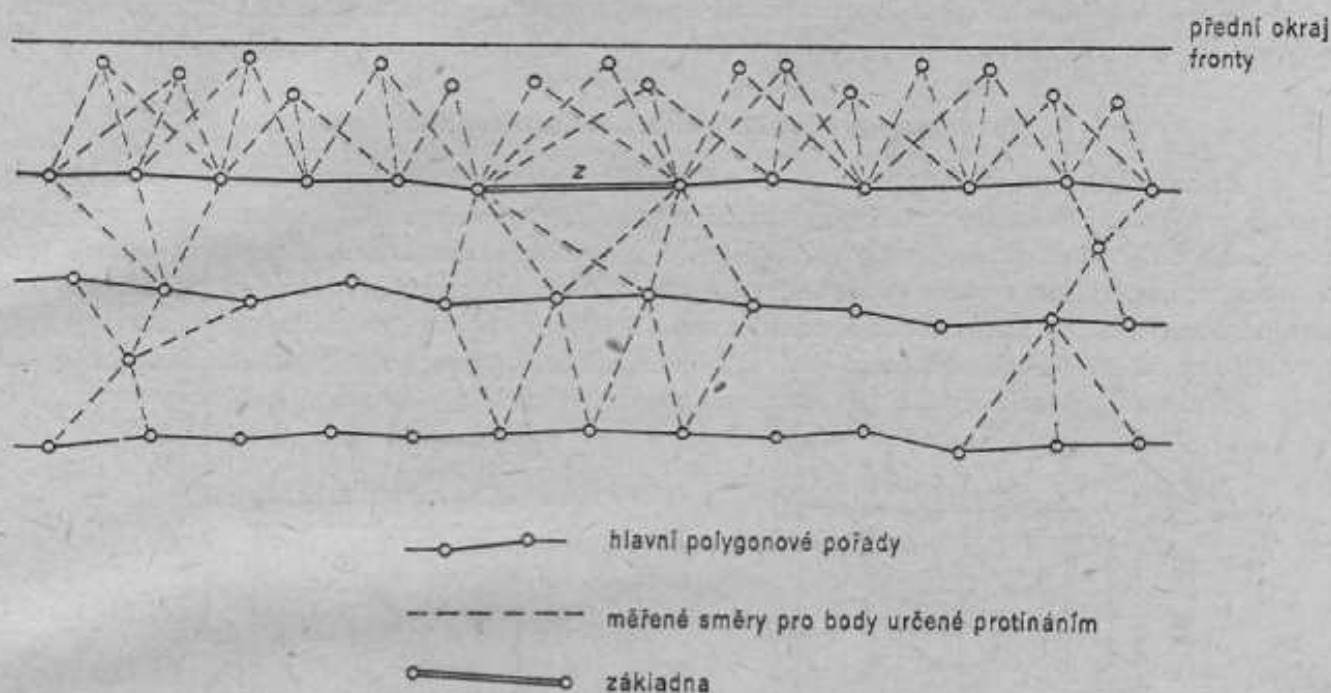
Zhuštění trigonometrické sítě bude probíhat celkem snadno na území, kde jsou trigonometrické body poškozeny v menší míře. Tam, kde jsou větší oblasti bez trigonometrických bodů, je výhodné nejdříve zhustit území systémem hlavních polygonových pořadů zaměřených rádiovými a světelnými dálkoměry a pak teprve přistoupit k plošnému zhuštění geodetické sítě.

Přesný postup zhušťování bodů trigonometrické sítě není možný stanovit předem. Organizace a metody zaměřování je nutno přizpůsobit danému území, hustotě nalezených trigonometrických bodů a především času, který je úkolu vymezen.

2. Zaměření samostatné geodetické sítě

Zaměření nové samostatné geodetické sítě klade mnohem vyšší požadavky na množství měřických a početních prací než zhuštění částečně zachované trigonometrické sítě bodů. K obvyklým pracím přistupuje ještě zaměření základny. Organizace a postup prací závisí opět na povaze terénu a množství měřických skupin a na jejich vybavení přístroji. K rychlému vybudování sítě je nutné použít alespoň menší počet rádiových dálkoměrů nebo dálkoměrů světelných.

Schematický náčrt rozvíjení sítě je na obr. 1. Základna je volena nedaleko předního okraje fronty a rovnoběžně s tímto okrajem, asi uprostřed geodetické sítě. Z geodetické základny se rozvíjí celá síť. K rychlejšímu vybudování sítě se předpokládá zaměření hlavních polygonových pořadů táhnoucích se ve směru předního okraje fronty. Tento systém rovnoběžnosti základny a polygonových pořadů je zaveden proto, aby nepřítel nemohl snadno zjistit činnost rádiových a světelných dálkoměrů. Světlo vysílané světelným dálkoměrem ve velmi



Obr. 1

úzkém světelném kuželi nemůže být od nepřátelských postavení vidět. Také činnost rádiových stanic nemůže být ve větší míře objevena, protože rádiové vlny jsou usměrněny do kužele o šířce 10^0-20^0 . Jestliže by byl směr polygonových stran kolmý k přednímu okraji fronty, musíme počítat s tím, že naše činnost bude brzy nepřítelům zjištěna, zvláště použijeme-li rádiových dálkoměrů. Příprava útočných operací může tak být prozrazena.

Hustota hlavních polygonových pořadů závisí na velikosti geodetické sítě, na tvaru terénu a na počtu rádiových a světelných dálkoměrů. Prakticky by se měla průměrná vzdálenost polygonových pořadů pohybovat asi v rozmezí 4–8 km. Polygonové pořady se vyhýbají, pokud je to možné, zalesněným oblastem. Tato místa se stejně jako oblasti u předního okraje fronty a mezi polygonovými pořady budou dále zhušťovat většinou protínáním vpřed, z bodů určených polygonometricky. Body ve vzrostlých lesích a na těžko přístupných místech budeme určovat protínáním vpřed, samozřejmě podle požadavků jednotlivých druhů vojsk. Jednotlivé sousední polygonové pořady je nutno po několika polygonových stranách vzájemně spojovat a kontrolovat, není-li v některém pořadu přítomna systematická chyba, která se někdy objevuje při rádiovém měření délek. Vzájemné kontrolní spojení pořadů je vhodné zaměřit asi po 10–15 km.

Jako základnu volíme jednu ze stran prvního nebo druhého polygonového pořadu, a to asi v jeho středu. Základně je nutno věnovat větší pečlivost. Podrobněji je o měření základny pojednáno v dalším textu.

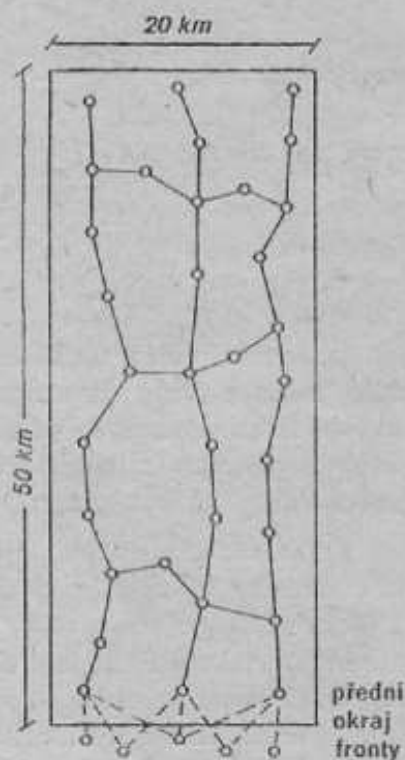
Na organizaci měřických prací závisí rychlost budování geodetické sítě. Současné nasazení velkého počtu měřických skupin předpokládá dobrou spolupráci sousedních skupin a to zejména skupin měřících hlavní polygonové pořady a skupin měřících další zhušťovací body protínáním z úhlů. Odlišně od organizace měření bude probíhat postup výpočtu. Vyjdeme-li ze schematického obr. 1, budeme z měřené základny nejprve počítat střední část geode-

tické sítě k přednímu okraji fronty a v opačném směru. Teprve z této střední části sítě propočítáváme postupně síť na obě strany podél fronty

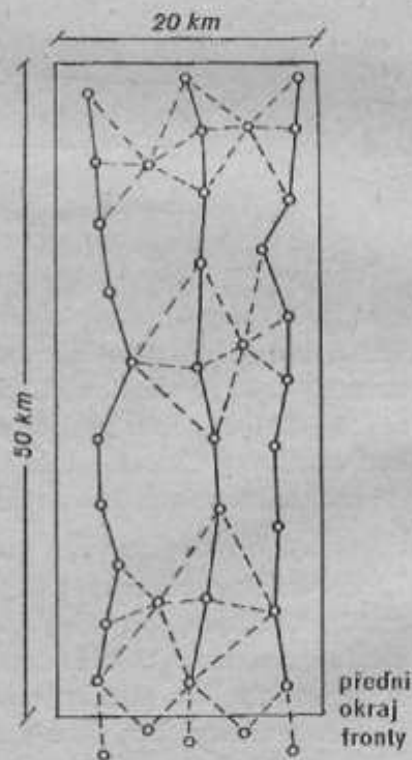
Nejsou-li k dispozici rádiové a světelné dálkoměry, nebo není-li je možno z některých důvodů použít, musí být síť rozvinuta převážně pomocí úhlového měření theodolity. V takových případech je třeba měřit také základnu klasickým způsobem a z této základny rozvinout síť nejprve ve střední části zaměřovaného území a pak postupně celou síť. Nejčastěji se zde uplatní způsoby protínání vpřed a zpět. Budování celé sítě bez použití dálkoměrů je časově náročnější.

3. Rozvinutí geodetické sítě během útočných operací

Zhušťováním trigonometrické sítě bodů nebo vybudováním samostatné geodetické sítě, včetně zaměření základny, končí geodetické práce k přípravě útoku. Během přípravy jsou zaměřeny body až k okraji fronty a také body v nepřátelském území, které jsou určeny protínáním vpřed. Hustota bodů geodetické sítě má být v blízkosti předního okraje fronty asi dvojnásobná, než je hustota bodů požadovaná. Zvýšení počtu zaměřených bodů vyplývá z předpokladu, že řada bodů bude během bojů zničena, a tyto body jsou velmi důležité pro další rozvíjení geodetické sítě při průlomu nepřátelských postavení.



Obr. 2

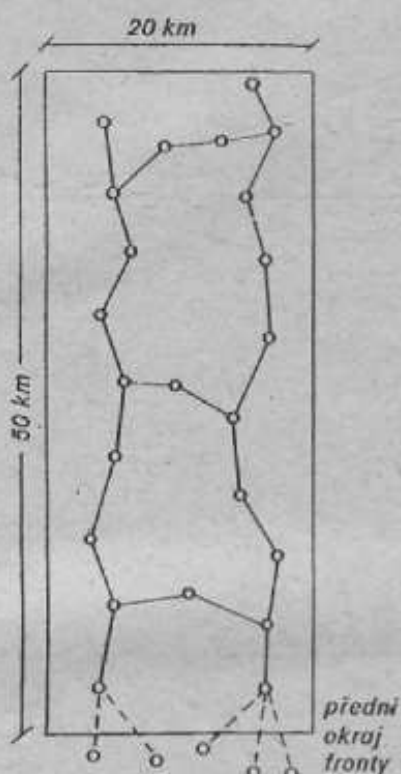


Obr. 3

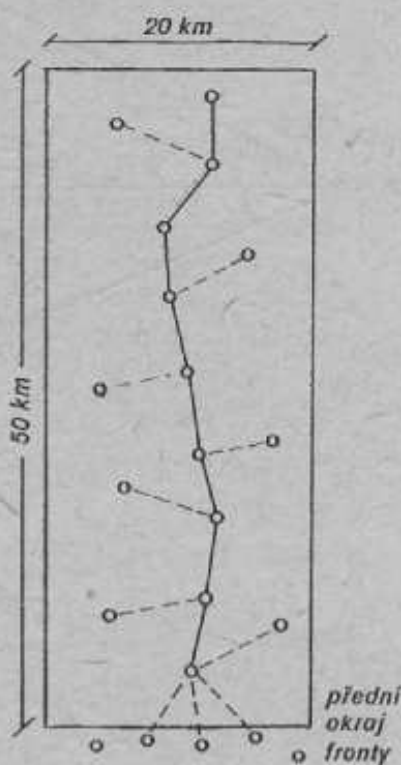
Druhá etapa rozvíjení geodetické sítě začíná až po zahájení útočných operací. Způsoby rozvíjení sítě mohou být různé a závisí také na rychlosti postupu našich vojsk. Geodetická síť bodů se zaměřuje v místě průlomu. Šířka a hloubka území, které je nutno zaměřit, závisí na bojové situaci; musíme počítat s tím že oba rozměry se mohou prakticky měnit. V dalším textu je předpokládáno území o šířce 20 km a hloubce 50 km.

Hlavním požadavkem pro budování geodetické sítě během útoku je rychlost měření, rychlost rozvíjení sítě ve směru postupujících našich jednotek. Největší rychlost měření i výpočtů jednotlivých bodů sítě nám zajistí rádiový dálkoměr (v noci také světelný dálkoměr). Volba způsobu rozvinutí sítě je závislá na počtu souprav rádiových dálkoměrů zařazených k odřadu u armády. Na obr. 2, 4 a 5 jsou nakresleny tři různé návrhy na zaměření geodetické sítě.

a) První metoda (viz obr. 2) předpokládá současné nasazení 3–4 souprav rádiových dálkoměrů a větší počet vteřinových theodolitů. Z obrázku je zřejmé, jakým způsobem je celá síť budována. Po rozvinutí útoku a postupu našich jednotek na území obsazené nepřítelem se začnou současně měřit tři samostatné polygonové pořady, jejichž směr je rovnoběžný se směrem útoku. Polygonové pořady vycházejí z vhodných bodů určených protínáním vpřed v geodetické síti zaměřené ještě v době příprav útoku. V průběhu útočných operací již nevádí,



Obr. 4



Obr. 5

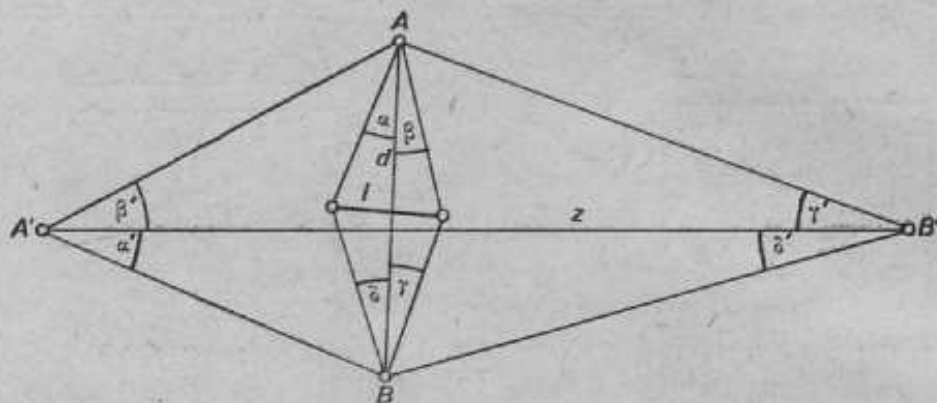
že směr polygonových stran je kolmý na přední okraj fronty a nepřítel může zjistit přítomnost dálkoměrů, popřípadě jejich polohu. Zásadně budeme měřit nejdříve vrcholové úhly na každém polygonovém bodě a teprve pak délky polygonových stran. Jedině tak splníme požadavek dělostřelectva, aby geodeti byli schopni v případě rychlého postupu našich jednotek dodat dělostřelectvu co nejrychleji alespoň orientační směr pro střelbu. Průměrná délka stran je počítána asi 3–6 km, podle tvaru terénu a jeho porostu. Aby nedošlo během měření k omylům, hrubým chybám nebo hromadění systematických chyb, musí se všechny tři polygonové pořady po zaměření 3–4 polygonových stran (tj. asi po 15–20 km) vzájemně svázat a zkontrolovat jejich polohu. Vzájemná poloha polygonových pořadů se výhodně zkontroluje zaměřením příčných polygonových pořadů o délce asi 15–20 km a 3–5 polygonových stranách (viz obr. 2). Zjistíme-li hrubou chybu u některého z tří hlavních polygonových pořadů, musíme příslušné souřadnice polygonových bodů opravit a pokračovat v dalším zaměřování sítě s opravenými souřadnicemi.

Jiný způsob kontroly polygonových pořadů je nakreslen na obr. 3. Poloha polygonových pořadů je kontrolována zaměřením společných bodů protínáním vpřed z polygonových bodů dvou sousedních pořadů.

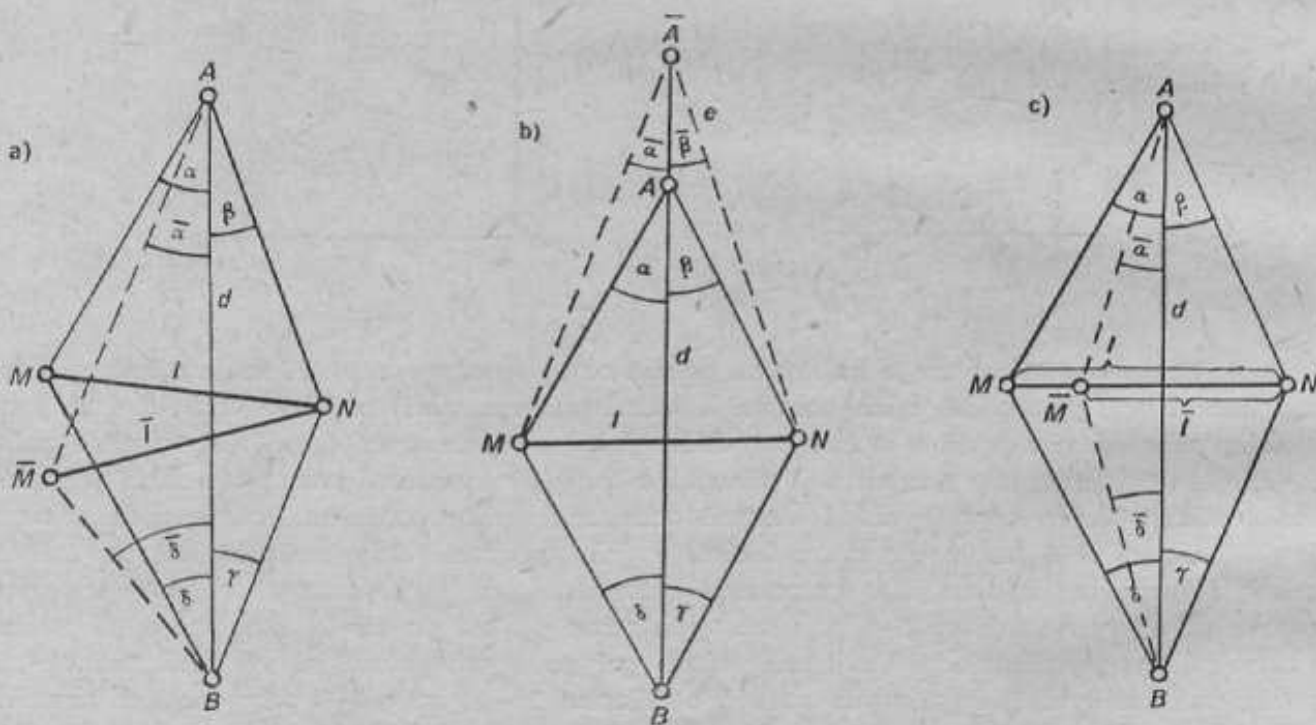
Postupným zaměřováním a propočítáváním hlavních polygonových pořadů vybudujeme v daném prostoru základní síť bodů vzdálených od sebe průměrně 4–6 km. Pro potřeby dělostřelectva musíme tuto síť zhuštit. Nejvhodnější metodou zhušťování bude hromadné protínání vpřed kombinované s rajóny měřeními rádiovými dálkoměry (nebo světelnými dálkoměry). Prostory, které se zhušťují, jakož i časovou posloupnost jejich zaměření určuje dělostřelectvo.

b) Druhá alternativa rozvinutí geodetické sítě předpokládá současné použití 2–3 souprav rádiových dálkoměrů. Ze schematu na obr. 4 vidíme, že podstata zaměření je stejná jako

u prvního způsobu. Liší se jen počtem hlavních polygonových pořadů, který se snížil na dva. Oba polygonové pořady se spojují asi po 15 km příčnými pořady, které základní síť zpevňují. Ostatní body geodetické sítě se zhušťují z těchto polygonových bodů, převážně postupným protínáním vpřed na obě strany polygonů a delšími rajóny.



Obr. 6

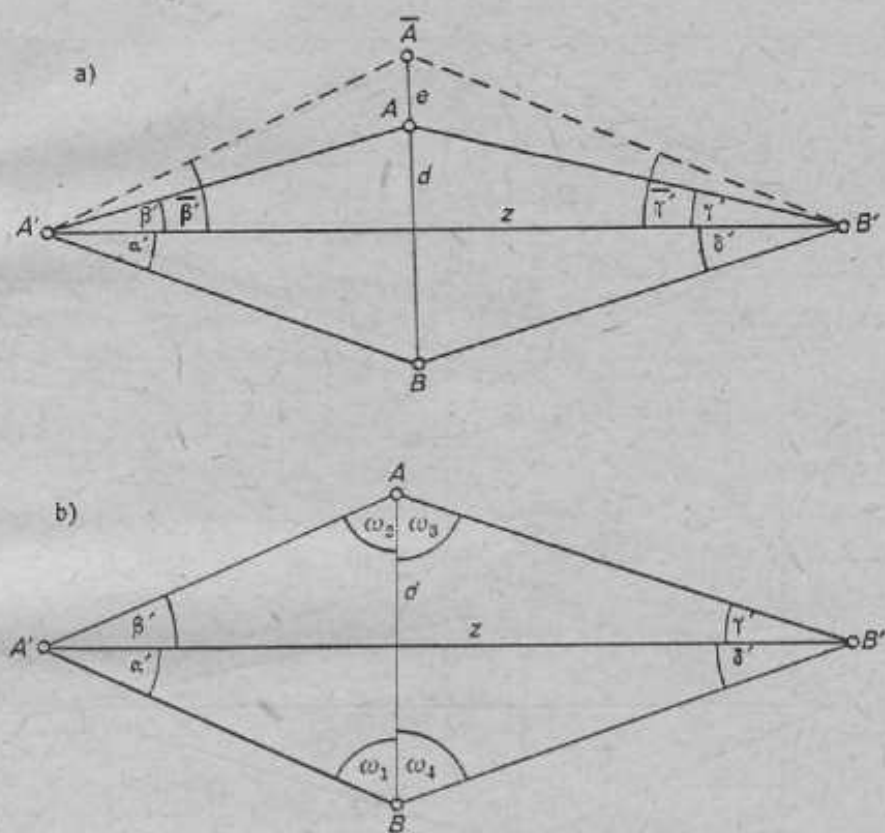


Obr. 7

c) Třetí způsob předpokládá použití alespoň jednoho nebo dvou rádiových dálkoměrů. S dálkoměrem zaměřujeme polygonový pořad táhnoucí se středem území, na kterém probíhají útočné operace armády. Hrubé schéma budování sítě je uvedeno na obr. 5. Ostatní body sítě jsou zaměřeny postupným protínáním vpřed z měřených úhlů nebo orientovaných směrů na obě strany polygonu. Máme-li k dispozici více ozvěnových přístrojů k rádiovému dálkoměru nebo dva dálkoměry, zaměřujeme současně pomocí rajónů na stranách polygonu nejdůležitější body geodetické sítě, abychom urychlili vybudování celé sítě.

Z uvedených tří alternativ zaměření geodetické sítě s použitím rádiových dálkoměrů je patrné, že rádiové dálkoměry nám umožní proti klasickým způsobům mnohem rychlejší postup měření. Čím více dálkoměrů můžeme nasadit, tím snadněji a rychleji celou síť rozvineme.

d) Rozvíjení sítě jen měřením úhlů, tj. prakticky postupným protínáním vpřed, je proti uvedeným způsobům pracnější a pomalejší. Musíme však počítat i s touto metodou budování geodetické sítě, protože rádiové dálkoměry mohou být nepřátelskými vysíláči umyslně rušeny. Tato metoda vyžaduje nasazení velkého počtu vteřinových theodolitů. Rychlost rozvíjení sítě je menší než při použití rádiových dálkoměrů a závisí především na dobré organizaci měření



Obr. 8

a rychlém hlášení výsledků měření do počítařských středisek. Při budování základní sítě je možno počítat s průměrnou délkou stran asi 3–8 km. Tato poměrně řídká síť se musí ještě zhušťovat podle požadavků a potřeb dělostřelectva.

B) Geodetická základna

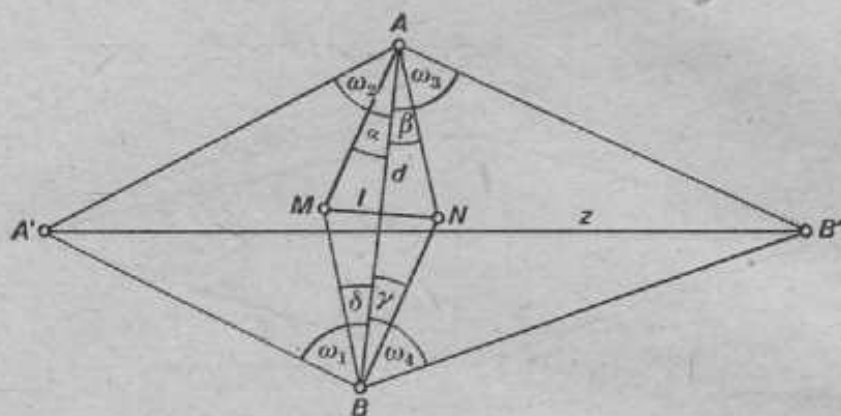
Základnu zaměřujeme při budování samostatné geodetické sítě. Slouží k správnému určení rozměru sítě. Jak již bylo řečeno, základnu měříme při přípravě útoku několik kilometrů za předním okrajem fronty, obvykle rovnoběžně s tímto okrajem. Její délku volíme v rozmezí asi 5–15 km. Je výhodné, aby umístění základny v síti bylo nedaleko předpokládaného průlomu nepřátelských postavení.

V současné době je možno použít několika různých způsobů zaměření geodetické základny. Nejrychlejším a nejvhodnějším způsobem je zaměření základny rádiovým dálkoměrem nebo světelným dálkoměrem. Vedle těchto moderních přístrojů musíme být připraveni zaměřit základnu klasickým způsobem, ovšem s přizpůsobením na její nižší přesnost. Základnu zaměřujeme také tehdy, používáme-li k dalšímu vybudování geodetické sítě rádiové a světelné dálkoměry.

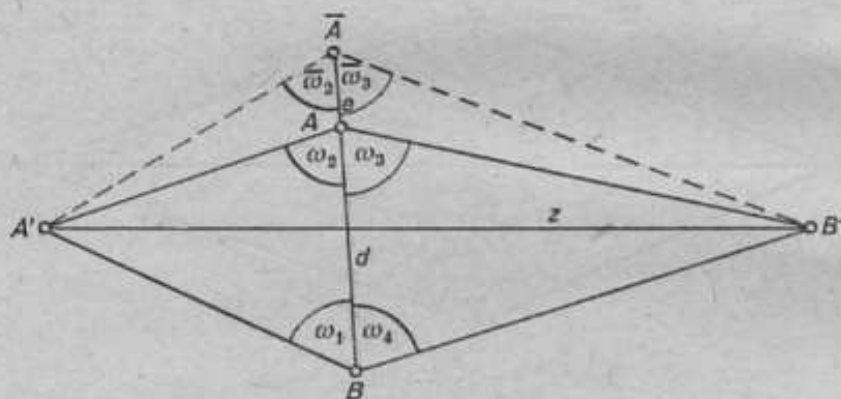
1. Zaměření geodetické základny

Zatím nejlepším přístrojem pro měření základny se jeví rádiový dálkoměr. Jeho předností je nejen použitelnost téměř za všech meteorologických podmínek, ale i značný dosah několika desítek kilometrů. Přesnost pro vojenské účely je dostatečná. Základnu vyhledá-

váme na takovém místě, aby záměra neprocházela těsně nad terénem a to i v blízkosti základní a ozvěnové stanice. Obě stanice mají být při měření základny na zvýšených stanovištích. Dodržením těchto zásad prakticky vyloučíme možnost hrubé nebo systematické chyby v měřené základně. Základnu měříme oboustranně, nejlépe v různých výškách rádiových stanic nad terénem. Délka měřená dálkoměrem je šikmá. K výpočtu redukované vzdálenosti potřebujeme znát buď zhruba převýšení obou konců základny nebo měříme výškový úhel.



Obr. 9



Obr. 10

Světelné dálkoměry bývají přesnější než rádiové, ale i jejich použití je časově omezeno jen na noční dobu a dobré podmínky viditelnosti. S některými dálkoměry se nemůže měřit v zimě. Prakticky je lépe rozdělit základnu na 2 – 3 úseky, které se snadněji měří. Měřená vzdálenost je opět šikmá a redukuje se na vodorovnou délku.

Nejpracnější a také nejdelší je zaměření základny klasickým způsobem, tj. rozvinutím z pomocné základny měřením vodorovných úhlů. Tímto způsobem zaměřujeme základnu jen tehdy, nemůžeme-li použít dálkoměrů, anebo nemáme-li tyto dálkoměry k dispozici. Přesnost základny bude prakticky nižší než přesnost základny měřené dálkoměry.

Různé způsoby rozvinutí základny z jsou znázorněny na obr. 6, 9 a 11.

Při rozboru přesnosti odvození základny z se ukázalo, že vhodná délka pomocné základny l bude asi 50 m (použije-li invarových drátů, 48 m). Z pomocné základny l se nejdříve zaměří a vypočte délka d (asi 8krát až 12krát větší než l) a z ní se zaměří a vypočte geodetická základna z .

a) Na obr. 6 je nakreslen prvý způsob rozvinutí geodetické základny. Délka d je určena z pomocné základny l měřením paralaktických úhlů α , β , γ , δ . Stejným způsobem je určena geodetická základna z z délky d měřením úhlů α' , β' , γ' , δ' .

Pro výpočet délky d platí vztah:

$$d = l \frac{(c\alpha + c\delta)(c\beta + c\gamma)}{\sqrt{(c\alpha + c\beta + c\gamma + c\delta)^2 + (c\beta c\delta - c\alpha c\gamma)^2}} \quad (1)$$

Podobně bude základna z dána vzorcem

$$z = d \frac{(ca' + c\delta')(c\beta' + c\gamma')}{\sqrt{(ca' + c\beta' + c\gamma' + c\delta')^2 + (c\beta'c\delta' - ca'c\gamma')^2}} \quad (2)$$

Symbole $c\omega$ značí $\cotg \omega$.

Příklad:

1	α	5,0052 ^g	6	ca	12,69295	17	a'	4,5863 ^g	21	ca'	13,85688
2	β	5,4725 ^g	7	$c\beta$	11,60440	18	β'	4,7956 ^g	22	$c\beta'$	13,24996
3	γ	4,8214 ^g	8	$c\gamma$	13,17879	19	γ'	4,4171 ^g	23	$c\gamma'$	14,38948
4	δ	5,3170 ^g	9	$c\delta$	11,94544	20	δ'	4,5310 ^g	24	$c\delta'$	14,02658
5	l	49,893 m	10	$ca + c\delta$	24,63839				25	$ca' + c\delta'$	27,88346
			11	$c\beta + c\gamma$	24,78319				26	$c\beta' + c\gamma'$	27,63944
			12	$10 + 11$	49,42158				27	$25 + 26$	55,52290
			13	10×11	610,6179				28	25×26	770,6892
			14	$\frac{c\beta \cdot c\delta}{ca \cdot c\gamma}$	-28,65806				29	$\frac{c\beta' \cdot c\delta'}{ca' \cdot c\gamma'}$	-13,54167
			15	$\sqrt{12^2 + 14^2}$	57,12948				30	$\sqrt{27^2 + 29^2}$	57,15041
			16	$d = l \frac{13}{15}$	533,272 m				31	$z = d \frac{28}{30}$	7 191,3 m

Rozvinutí základny je možno kontrolovat několika způsoby. Pro kontrolu správného určení délky d použijeme některého způsobu znázorněného na obr. 7.

Prvý způsob kontroly předpokládá vytyčení dvou pomocných základen a měření dalších dvou paralaktických úhlů $\bar{\alpha}$, $\bar{\delta}$ (popřípadě $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$). Délku d vypočteme dvakrát a pro výpočet geodetické základny z bereme aritmetický průměr.

Druhá měřická kontrola (viz 7b) spočívá v měření úhlů $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$ (popřípadě $\bar{\gamma}$, $\bar{\delta}$) a měření vzdálenosti $\overline{AA} = e$. Bod \overline{A} volíme v prodloužení délky d asi ve vzdálenosti 50–100 m od bodu A . Po vypočtení délky d vypočteme z pomocné základny l a úhlů $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$, $\bar{\delta}$ délku \overline{d} . Při správném měření a výpočtu musí být $\overline{d} - d = e$.

Při třetím způsobu kontroly správného určení délky d vytyčujeme bod \overline{M} na základně l a měříme druhou pomocnou základnu \overline{l} a úhly $\bar{\alpha}$, $\bar{\delta}$ (popřípadě $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$). Délku d můžeme opět vypočítat dvakrát.

Určení geodetické základny z kontrolujeme např. jedním ze způsobů uvedených na obrázku 8.

První způsob kontroly základny z měřením úhlů $\bar{\beta}'$, $\bar{\gamma}'$ ($\bar{\alpha}'$, $\bar{\delta}'$) navazuje na kontrolu určení délky pomocí měřeného rozdílu vzdáleností e (viz obr. 7b a 8a).

Druhá kontrola spočívá v měření úhlů ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4 a výpočtu základny z z délky d protínáním vpřed. (Vzorce pro výpočet z protínáním vpřed jsou uvedeny v další stati).

b) Druhá metoda rozvinutí geodetické základny z je na obr. 9. Délku d zaměříme stejným způsobem jako v předcházejícím případě.

Základnu z určíme však z délky d protínáním vpřed z měřených úhlů $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$.

Toto určení základny z je velmi rychlé, protože současně měříme na bodech A, B úhly k určení délky d a geodetické základny z .

Pro výpočet vzdálenosti d platí opět vzorec (1); základnu z vypočteme ze vztahu:

$$z = d \frac{\sqrt{(c\omega_2 c\omega_4 - c\omega_1 c\omega_3)^2 + (c\omega_1 + c\omega_2 + c\omega_3 + c\omega_4)^2}}{(c\omega_1 + c\omega_2)(c\omega_3 + c\omega_4)} \quad (3)$$

Příklad: -

1	α	4,2934 ^g	6	$c\alpha$	14,80539	17	ω_1	97,2389 ^g	21	$c\omega_1$	0,0433985
2	β	4,7895 ^g	7	$c\beta$	13,28360	18	ω_2	93,9835 ^g	22	$c\omega_2$	0,0947894
3	γ	4,4890 ^g	8	$c\gamma$	14,15826	19	ω_3	95,4930 ^g	23	$c\omega_3$	0,0709143
4	δ	4,5211 ^g	9	$c\delta$	14,05740	20	ω_4	95,6842 ^g	24	$c\omega_4$	0,0678964
5	l	49,985 m	10	$ca + c\delta$	28,86279				25	$c\omega_1 + c\omega_2$	0,1381879
			11	$c\beta + c\gamma$	27,44186				26	$c\omega_3 + c\omega_4$	0,1388107
			12	10 + 11	56,30465				27	25 + 26	0,2769986
			13	10 × 11	792,0486				28	25 × 26	0,0191820
			14	$\frac{c\beta \cdot c\delta}{-ca \cdot c\gamma}$	-22,88568				29	$\frac{c\omega_2 \cdot c\omega_4}{-c\omega_1 \cdot c\omega_3}$	0,0033583
			15	$\sqrt{12^2 + 14^2}$	60,77802				30	$\sqrt{27^2 + 29^2}$	0,2770190
			16	$d = l \frac{13}{15}$	651,396 m				31	$z = d \frac{30}{28}$	9407,2 m

Ke kontrole určení délky d použijeme opět některého ze způsobů uvedených na obr. 7. Výhodnou kontrolou se jeví způsob b) protože na bodě A můžeme současně kontrolovat měřením úhlů ω_2, ω_3 (viz obr. 10) základnu z . Z délky $\bar{d} = d + e$ vypočteme protínáním vpřed z měřených úhlů ($\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$) podruhé základnu z .

c) Třetí způsob zaměření geodetické základny z je nakreslen na obr. 11. Délka d se vypočte z měřených úhlů α, β na pomocnou základnu l . Jeden konec pomocné základny leží přímo na délce d a obě základny jsou k sobě kolmé. Geodetická základna z se určí některým z dříve popsaných způsobů. Určení délky d podle obr. 11 je z metod dosud popsaných nejpřesnější a výpočet nejsnadnější.

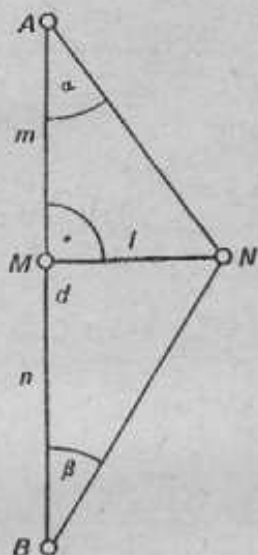
Délka d dána vztahem

$$d = l(\cotg\alpha + \cotg\beta) \quad (4)$$

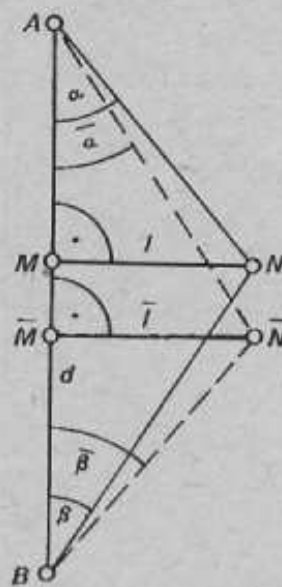
Vhodnou kontrolou správného určení délky d je zaměření úhlů $\bar{\alpha}, \bar{\beta}$ na druhou pomocnou základnu \bar{l} (viz obr. 12). Konečnou hodnotu délky d tvoří aritmetický průměr obou výsledků.

2. Rozbor přesnosti určení geodetické základny

Přesnost určení geodetické základny z je závislá na způsobu jejího zaměření. Použijeme-li rádiových nebo světelných dálkoměrů, je chyba v základně závislá hlavně na druhu použitého přístroje a jeho přesnosti za předpokladu, že vhodnou volbou základny a vhodným měřickým postupem vyloučíme chyby systematické. U většiny rádiových a světelných dálkoměrů je střední chyba měřené vzdálenosti prakticky konstantní, nebo se jen velmi pomalu mění s rostoucí vzdáleností. Přesnost měřené délky plně vyhovuje požadavkům přesnosti pro vojenské účely.



Obr. 11



Obr. 12

U geodetické základny z postupně rozvinuté z pomocné základny l je střední chyba m_z značně proměnlivá a závisí jak na velikosti měřených úhlů a jejich přesnosti, tak i na poloze základny l , d , z a velikosti jejich vzájemného poměru $\frac{z}{d}$, $\frac{d}{l}$.

Rozbor přesnosti určení geodetické základny rozdělíme na několik etap. V první části odvodíme přesnost základny odvozené z jiné délky měřením úhlů α , β , γ , δ (viz obr. 6). V druhé části budeme zkoumat přesnost základny odvozené z jiné délky protínáním vpřed z měřených úhlů ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4 (viz obr. 9). V poslední, třetí etapě, rozebereme přesnost základny určené z jiné známé délky, která je kolmá k základně, měřením úhlů α , β (viz obrázek 11).

a) Základna určená měřením paralaktických úhlů α , β , γ , δ (viz obr. 6)

Střední chyba délky d určené z pomocné základny l (přibližně kolmé k d) je dána vztahem

$$m_d^2 = l^2 \frac{(1 + e^2 \alpha^2)(c\beta + c\gamma)^4 + (1 + e^2 \beta^2)(ca + c\delta)^4 + (1 + e^2 \gamma^2)(ca + c\delta)^4 + (1 + c\delta)^2(c\beta + c\gamma)^4}{(ca + c\beta + c\gamma + c\delta)^4} m_\omega^2 + \frac{d^2}{l^2} m_l^2 \quad (5a)$$

Rovnici (5a) napíšeme ve tvaru:

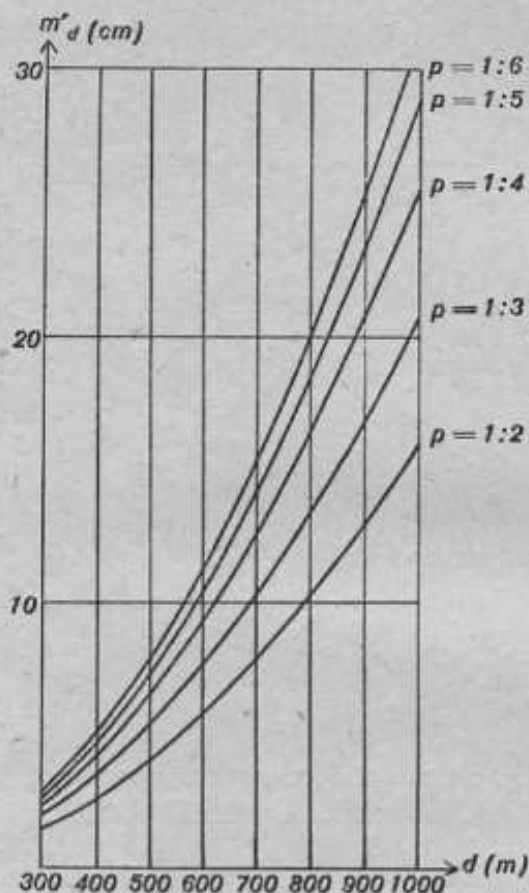
$$m_d^2 = m_d'^2 + m_d''^2, \quad (5b)$$

kde chyba m_d' je způsobena chybami měřených úhlů a chyba m_d'' je způsobena střední chybou měřené pomocné základny.

Jaké velikosti dosahuje střední chyba m'_d a jak se mění s různou polohou pomocné základny l vůči délce d , ukazuje graf středních chyb (viz obr. 13). Střední chyby m'_d jsou počítány pro základnu dlouhou 50 m a střední chybu měřených úhlů $m_w = \pm 10''$. Na vodorovné ose jsou vyneseny délky d od 300 m do 1000 m po sto metrech. Na druhé ose jsou vyneseny střední chyby m'_d od 0 do 30 cm. Graf obsahuje pět křivek, které udávají velikost střední chyby různých délek d . Čísla napsaná u jednotlivých křivek označují v které části délky d , jejíž

Graf středních chyb m'_d

(Délka d určena ze základny $l = 50$ m měřením úhlů $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – viz obr. 6)
 $m_w = \pm 10''$



Obr. 13

střední chybu hledáme, leží pomocná základna l . Např. $p = 1:2$ udává, že l leží v jedné polovině délky d , $p = 1:3$ udává, že l leží v jedné třetině délky d atd.

Z rovnice (5a) a (5b) plyne

$$m''_d = \frac{d}{l} m_1 \quad (6)$$

Střední chyba m''_d , která je způsobena chybou v měření pomocné základně m_1 , je tedy přímo úměrná poměru délky d k základně l . Střední chyba m''_d je tolikrát větší než střední chyba m_1 , kolikrát je větší odvozená délka d než pomocná základna l . Bude-li např. střední chyba $m_1 = \pm 4$ mm, bude pro $d = 1000$ m střední chyba $m_d = \pm 8$ cm.

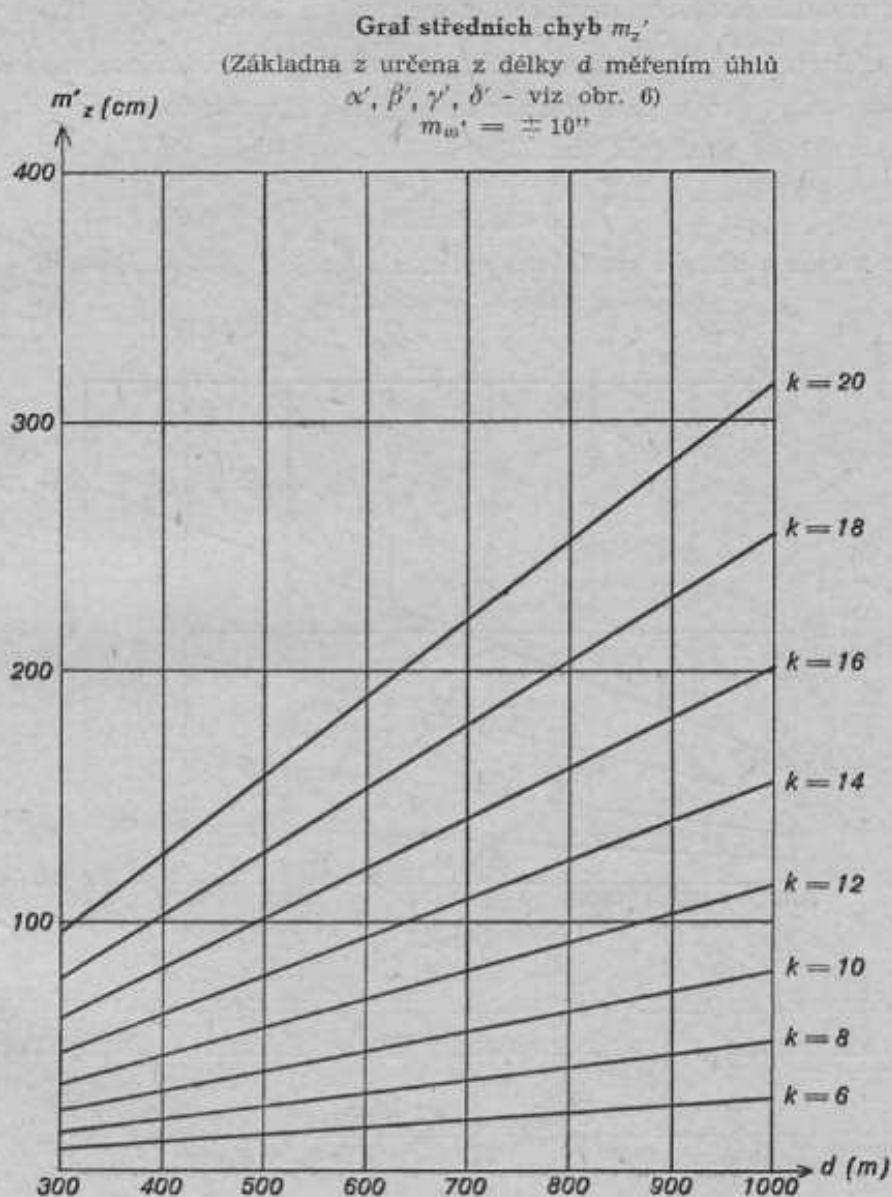
Podle prvního způsobu rozvinutí geodetické základny (viz obr. 6) určí se základna z z délky d stejným způsobem jako d z pomocné základny l , tj. dalším měřením úhlů $\alpha', \beta', \gamma', \delta'$. Je zřejmé, že pro odvození střední chyby m'_z z délky d budou platit stejné vztahy jako v dřívějším odvození středních chyb, takže bude

$$m_z^2 = m_1'^2 + m_2''^2 \quad (7)$$

$$m_z^2 = d^2 \frac{(1 + c\alpha')^2 (c\beta' + c\gamma')^4 + (1 + c\beta')^2 (c\alpha' + c\delta')^4 + (1 + c\gamma')^2 (c\alpha' + c\delta')^4 + (1 + c\delta')^2 (c\beta' + c\gamma')^4}{(c\alpha' + c\beta' + c\gamma' + c\delta')^4} m_w^2$$

$$\text{a } m_z^2 = \frac{z^2}{d^2} m_d^2$$

Pro určení velikosti střední chyby m'_z je opět sestrojen graf znázorňující velikost a růst středních chyb pro střední chybu měřených úhlů $m_{\omega'} = \pm 10''$ a pro různé polohy délky d vzhledem k základně z (viz obr. 14). Na jedné ose grafu jsou vyneseny délky d od 300 m do 1000 m a na druhé ose střední chyby m'_z od 0 do 400 cm. Graf je sestrojen pro délku d ležící v jedné polovině základny. Jsou na něm soustavy přímek označené čísly $k = 6, k = 8 \dots k = 20$. Číslo k udává, kolikrát je geodetická základna z větší než délka d .



Obr. 14

Velikost střední chyby m''_z vyplývající ze střední chyby m_d vypočteme snadno ze vztahu

$$m''_z = \frac{z}{d} m_d.$$

Z rozboru prvního způsobu rozvinutí základny je patrné, že celkovou střední chybu m_z určíme pomocí grafů a jednoduchých výpočtů tímto způsobem. Ze střední chyby m a m_{ω} stanovíme střední chybu m_d . Ze střední chyby m_{ω} a m_d zjistíme pak celkovou střední chybu m_z .

Příklad: Hledáme střední chybu m_z pro $l \doteq 50$ m, $d \doteq 650$ m, $z \doteq 5850$ m, je-li $m_{\omega} = m_{\omega'} = \pm 10''$ a $m_l = \pm 4$ mm. Pomocná základna leží v jedné polovině délky d . Nejdříve určíme střední chyby m'_d , m''_d a m_d . Z nich pak odvodíme chyby m'_z , m''_z a výslednou chybu m_z . V grafu pro střední chybu m'_d na obr. 13 najdeme pro $d \doteq 650$ m hodnotu

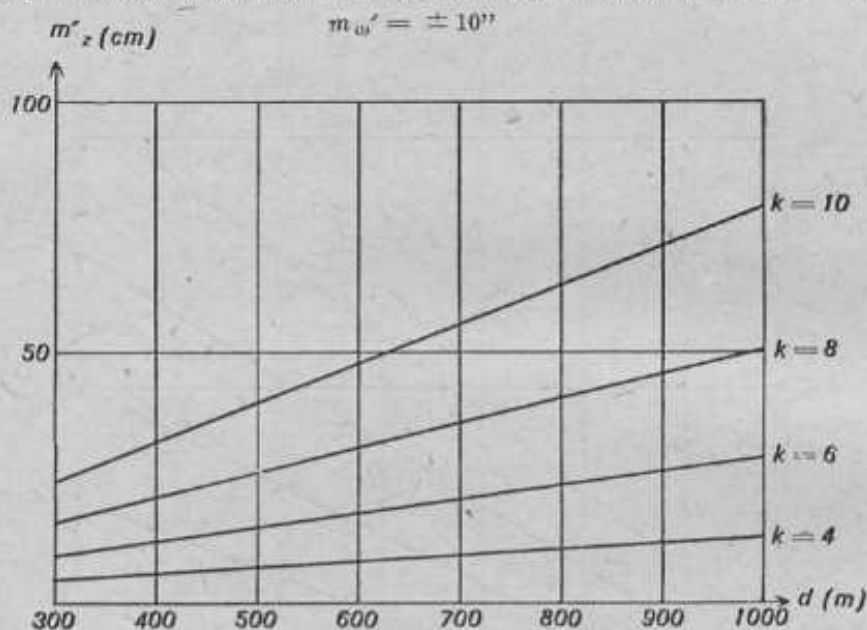
$m'_d \doteq \pm 7$ cm. Podl evztahu (6), kde $\frac{d}{l} = 13$, je $m''_d \doteq \pm 5$ cm. Ze vzorce (5b) vypočteme $m_d \doteq \pm 9$ cm. Podobně najdeme v grafu pro určení středních chyb m'_z na obr. 14 (pro $k = 9$) $m'_z \doteq \pm 42$ cm a z rovnice (7) $m''_z = \pm 9.9$ cm = ± 81 cm. Výsledná střední chyba geodetické základny z dlouhé 5850 m je $m_z = \sqrt{42^2 + 81^2} \doteq \pm 91$ cm.

b) Základna určená protínáním vpřed z měřených úhlů $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ (viz obr. 9)

U tohoto způsobu zaměření geodetické základny předpokládáme, že délka d je odvozena stejným způsobem jako v předcházejícím případě. Pro střední chybu m_d platí tedy stejné vzorce (5), (6) a stejný graf (viz obr. 13).

Graf středních chyb m'_z

(Základna z určena z délky d protínáním vpřed z měřených úhlů $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ - viz obr. 9)



Obr. 15

Předpokládáme-li, že délka d je mnohem menší než geodetická základna z a že je k ní přibližně kolmá, má vzorec pro výpočet střední chyby měřené základny tvar

$$m_z^2 = d^2 \left[\frac{(1 + c^2\omega_1)^2 + (1 + c^2\omega_2)^2}{(c\omega_1 + c\omega_2)^4} + \frac{(1 + c^2\omega_3)^2 + (1 + c^2\omega_4)^2}{(c\omega_3 + c\omega_4)^4} \right] m_{\omega'}^2 + \frac{z^2}{d^2} m_d^2 \quad (8a)$$

Rovnici zjednodušeně napíšeme

$$m_z^2 = m_z'^2 + m_z''^2, \quad (8b)$$

kde chyba m_z' je způsobena chybami měřených úhlů a m_z'' chybou v délce m_d .

Velikost a růst střední chyby m_z' je patrný z grafu (viz obr. 15). Na grafu jsou vyneseny na jedné ose délky d od 300 do 1000 m a na druhé ose střední chyby m'_z od 0 až do 100 cm. Střední chyby jsou vypočteny pro střední chybu měřených úhlů $m_{\omega'} = \pm 10''$. Graf je sestrojen pro délku d ležící v polovině geodetické základny z a jsou na něm sestrojeny

přímky pro $k = \frac{z}{d} = 4, 6, 8$ a 10 .

Chyba m_z'' je stejná jako v prvním způsobu určení geodetické základny.

c) Délka d určená z pomocné základny l měřením úhlů α, β (viz obr. 11)

Pro výpočet délky d platí jednoduchý vztah (4):

$$d = l(\cotg\alpha + \cotg\beta)$$

Střední chyba m_d je dána rovnicí

$$m_d^2 = m_d'^2 + m_d''^2, \quad (9)$$

kde

$$m_d'^2 = l^2 [(1 + \cotg^2\alpha)^2 + (1 + \cotg^2\beta)^2] m_\omega^2 \quad (9a)$$

a

$$m_d''^2 = (\cotg\alpha + \cotg\beta)^2 m_l^2 \quad (9b)$$

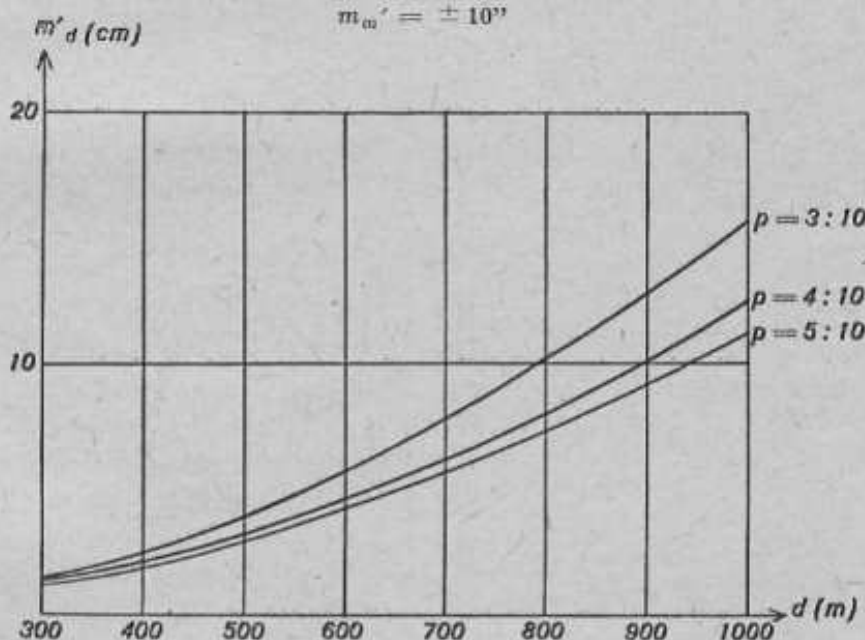
nebo

$$m_d''^2 = \frac{d^2}{2} m_l^2.$$

Graf středních chyb m_d'

(Délka d určena ze základny $l = 50$ m měřením úhlů α, β - viz obr. 11)

$$m_\omega = \pm 10''$$



Obr. 16

Velikost střední chyby m_d' ukazuje graf na obr. 16, kde jsou vyneseny na jedné ose vzdálenosti d od 300 do 1000 m a na druhé ose střední chyby m_d' od 0 do 30 cm. Křivky jsou označeny čísly p , která označují, kde leží základna l vzhledem k délce d . Na grafu jsou tři křivky: pro $p = 5:10$ (tj. l leží v pěti desetinách délky d), pro $p = 4:10$ a $p = 3:10$. Střední chyby m_d' jsou sestrojeny pro střední chyby měřených úhlů $m_\omega = \pm 10''$.

Střední chyba m_d'' je stejná jako v dřívějších rozborech.

Závěr

Článek pojednává o hlavních zásadách budování geodetické sítě pro potřebu topografického zabezpečení útočných operací armády a rozebírá technické možnosti, které vyhovují rychlému rozvíjení sítě. Nezabývá se organizací prací, materiálními podmínkami, součinností s dělostřelectvem, popřípadě s ostatními druhy vojsk apod. Tyto problémy musí být vyřešeny současně se způsoby zaměřování geodetické sítě. Kromě toho musíme počítat i s tou okol-

ností, že při rychlém postupu našich vojsk na území obsazené nepřítelem nestačí rozvíjet síť ani těmi rychlými metodami, které byly popsány. Je samozřejmé, že v takových případech zrychlíme postup zaměřování za cenu menší přesnosti určení vzájemné polohy bodů sítě. V prvé řadě musíme dodat za všech okolností dělostřelectvu včas orientační směr, od kterého může usměrnit střelbu. Teprve pak se zaměřují a počítají souřadnice jednotlivých bodů sítě. S použitím přibližných metod musíme počítat hlavně při rozvíjení geodetické sítě během útočných operací.

Konečné závěry o vhodnosti různých způsobů zaměřování geodetické sítě, časovou kalkulaci apod. poskytnou jen praktické zkoušky.

Literatura:

1. Předpisy Československé lidové armády.
2. Ryšavý: Geodesie, Praha 1955.
3. Časopisy: Vojenský topografický obzor, Geodezija i kartografija.

Inženýr plukovník prof. dr. Josef Vykutíl, VAAZ.

K výpočtu trigonometricky měřených výškových rozdílů

Odvození vzorce pro přesnější výpočet trigonometricky měřených výškových rozdílů. Pomůcky pro výpočet korekcí. Výpočet trigonometricky měřených výškových rozdílů z přímo měřených šikmých vzdáleností rádiovými nebo světelnými dálkoměry.

Úvod

Nadmořské výšky trigonometrických, zhušťovacích, vřicovacích a jiných geodetických bodů se vesměs určují trigonometricky. Výškový rozdíl H dvou bodů se v praxi počítá podle známého vzorce

$$H = s \operatorname{tg} a + \frac{1-k}{2R} s^2 + i - z \quad (1)$$

Ve vzorci (1) znamená:

- | | |
|--|-------------------------|
| s vzdálenost vypočtenou zpravidla z rovinných pravoúhlých souřadnic, | } konstanty |
| a měřený výškový úhel, | |
| $k = 0,1306$ refrakční součinitel, | |
| $R = 6\,381$ km poloměr země. | } nad stabilisací bodů. |
| i výšku stroje, | |
| z výšku záměrné značky, | |

Chyba výškového rozdílů, vypočteného podle vzorce (1), je samozřejmě závislá na chybách měřených veličin. Kromě toho zde přistupuje tzv. *chyba z teorie* neboť vzorec (1) byl odvozen za určitých předpokladů, které nejsou vždy v praxi splněny; proto je třeba považovat tento vzorec za přibližný. Výškové rozdílů v území o větších nadmořských výškách (kde jsou také jejich hodnoty větší) a tam, kde je větší délkové zkreslení ze zobrazení do roviny (při hranicích Gaussových pásů) je třeba počítat podle přesnějších vzorců. Chyby ve výškách bodů, které se v praxi vyskytují, mají často původ v nepřesných vzorcích, použitých pro výpočet výškových rozdílů.

Otázkami přesnosti trigonometrického měření výšek jsem se zabýval již v práci [1]. B. DeLong [2] vypracoval a publikoval postup výpočtu trigonometricky měřených výškových rozdílů, při kterém se k hodnotám vypočteným podle vzorce (1) připojují korekce O_1 a O_2 , závislé na nadmořské výšce, velikosti výškového rozdílů a délkovém zkreslení. Tento postup zavedla Ústřední správa geodézie a kartografie výnosem čj. 241-330.3-5325/56 ze dne 9. června 1956 při triangulačních, zhušťovacích a vřicovacích pracích v horských oblastech.

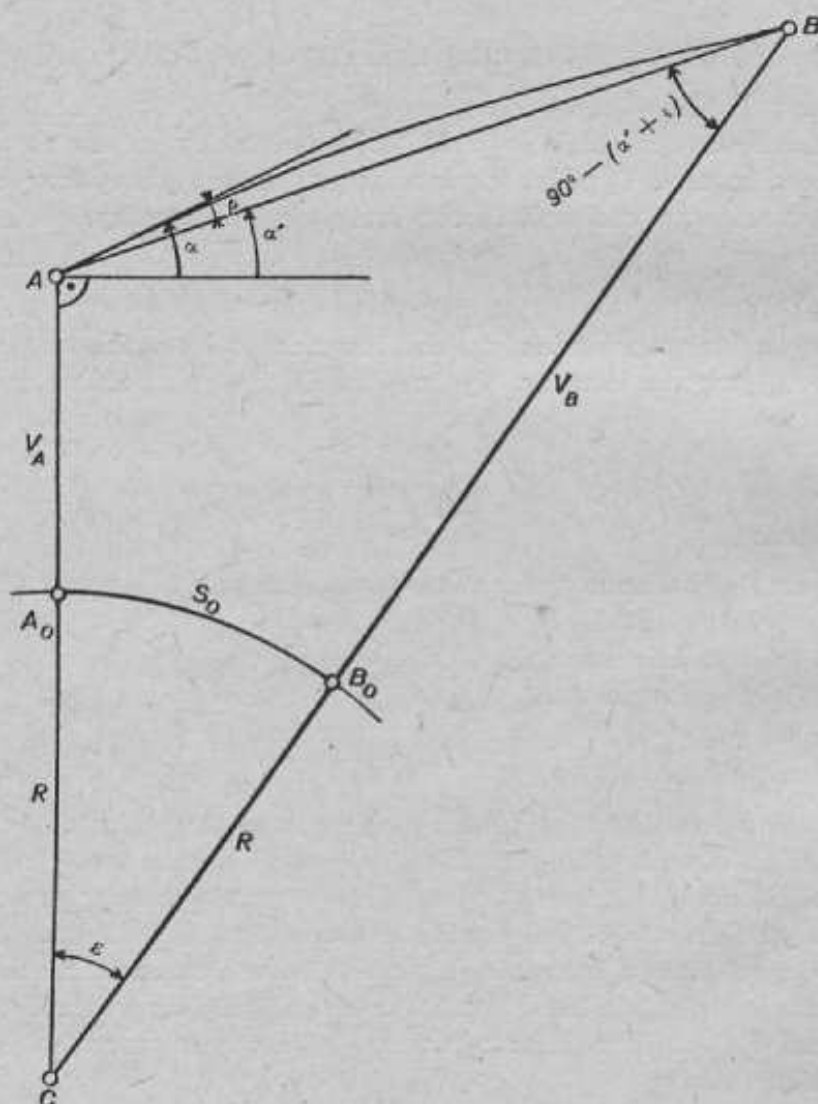
Pro usnadnění výpočtů sestrojil inž. DeLong dva diagramy a jeden nomogram; omezil se při tom v práci [2] na Křovákovo zobrazení. Citovaný výnos ÚSGK obsahuje také tabulku zkreslení v zobrazení-Gaussově.

V I. části tohoto pojednání uvedeme úpravu vzorců, které výpočet korekcí trigonometricky měřených výškových rozdílů dále zjednodušují. Kromě toho lze jedné z pomůcek použít i při jiných geodetických pracích (diagram zkreslení délek vlivem nadmořské výšky a vlivem zobrazení). Je samozřejmé, že budeme uvažovat jen Gaussovo zobrazení.

V II. části článku se budeme zabývat výpočtem výškových rozdílů, jsou-li měřeny šikmé délky rádiovými nebo světelnými dálkoměry a výškové úhly (zenitové vzdálenosti) theodolitem.

I. Výpočet výškových rozdílů, je-li vzdálenost vypočtena ze souřadnic koncových bodů

Vyjděme, stejně jako B. Delong, z obrázku 1, ve kterém A, B jsou body, mezi nimiž trigonometricky určujeme výškový rozdíl; V_A a V_B jsou nadmořské výšky uvedených bodů, α je měřený výškový úhel, ϵ úhel refrakční, R je poloměr výpočetní koule (pro naše úvahy



Obr. 1

konstantní a rovný 6381 km); s_0 je vzdálenost průmětů bodů A, B na výpočetní kouli, tedy délka kruhového oblouku v nulové výšce, které přísluší středový úhel ϵ ; C je označen střed koule.

Z trojúhelníka $A B C$ můžeme psát podle sinové věty:

$$\frac{R + V_A}{R + V_B} = \frac{\sin [90^\circ - (\alpha' + \epsilon)]}{\sin (90^\circ + \alpha')} = \frac{\cos (\alpha' + \epsilon)}{\cos \alpha'} \quad (2)$$

a po úpravě

$$R + V_A = (R + V_B) \frac{\cos \alpha' \cos \varepsilon - \sin \alpha' \sin \varepsilon}{\cos \alpha'} = (R + V_B) (\cos \varepsilon - \sin \varepsilon \operatorname{tg} \alpha') \quad (3)$$

Refrakční úhel ϱ závisí na lomu světelných paprsků v ovzduší, tj. na atmosférických poměrech. Protože hodnotu ϱ nemůžeme přesně určit, omezujeme trigonometrické měření výšek na vzdálenost několika málo kilometrů. Potom ovšem úhel ε bude velmi malý (pro $s < 5$ km je $\varepsilon < 162''$) a vzdálenost s_0 na výpočetní kouli bude prakticky stejná jako vzdálenost na referenčním elipsoidu. Můžeme tedy položit

$$\varepsilon = \frac{s_0}{R}$$

$$\cos \varepsilon \doteq 1 - \frac{\varepsilon^2}{2} = 1 - \frac{s_0^2}{2R^2}$$

$$\sin \varepsilon \doteq \varepsilon = \frac{s_0}{R}$$

Dosadíme-li uvedené hodnoty do rovnice (3), dostaneme

$$R + V_A = (R + V_B) \left(1 - \frac{s_0^2}{2R^2} - \frac{s_0}{R} \operatorname{tg} \alpha' \right) \quad (4)$$

Po vynásobení na pravé straně rovnice (4) a úpravě bude

$$V_B - V_A = s_0 \operatorname{tg} \alpha' + \frac{s_0^2}{2R} + \frac{s_0}{R} V_B \left(\operatorname{tg} \alpha' + \frac{s_0}{2R} \right) \quad (5)$$

Označme výškový rozdíl $V_B - V_A = \Delta V$ a upravme rovnici (5) takto

$$\Delta V = \left(1 + \frac{V_B}{R} \right) \left(s_0 \operatorname{tg} \alpha' + \frac{s_0^2}{2R} \right) \quad (6)$$

Protože refrakční úhel ϱ je rovněž velmi malý (pro $s < 5$ km je $\varrho < 10''$) můžeme podle Taylorovy věty psát

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} (\alpha - \varrho) = \operatorname{tg} \alpha - \frac{1}{\cos^2 \alpha} \varrho + \dots \quad (7)$$

V rovnici (7) můžeme dále položit $\cos^2 \alpha = 1$; potom bude

$$\operatorname{tg} \alpha' \doteq \operatorname{tg} \alpha - \varrho,$$

kde ϱ je refrakční úhel v obloukové míře, pro který platí vzorec - viz [3], str. 18:

$$\varrho = \frac{k}{2R} \cdot s_0$$

Dosadíme-li hodnotu

$$\operatorname{tg} \alpha' \doteq \operatorname{tg} \alpha - \frac{k}{2R} s_0$$

do rovnice (6), dostaneme

$$\begin{aligned} \Delta V &= \left(1 + \frac{V_B}{R} \right) \left(s_0 \operatorname{tg} \alpha - \frac{k}{2R} s_0^2 + \frac{s_0^2}{2R} \right) = \\ &= s_0 \operatorname{tg} \alpha + \frac{1-k}{2R} s_0^2 + \frac{V_B}{R} s_0 \operatorname{tg} \alpha + \frac{V_B}{2R^2} (1-k) s_0^2 \end{aligned} \quad (8)$$

Poslední člen na pravé straně rovnice (8) je prakticky vždy roven nule. Uvážíme-li ještě výšku stroje i a výšku záměrné značky z dostaneme pro výpočet výškového rozdílu vzorec ve tvaru:

$$\Delta V = s_0 \operatorname{tg} \alpha + \frac{1-k}{2R} s_0^2 + \frac{V_B}{R} s_0 \operatorname{tg} \alpha + i - z \quad (9)$$

Délka s vypočtená ze souřadnic koncových bodů A , B se liší od délky na kouli (elipsoidu) s_0 o zkreslení ze zobrazení do roviny Δs :

$$s = s_0 + \Delta s$$

Při výpočtu druhého a třetího členu na pravé straně rovnice (9) můžeme (bez újmy na přesnosti) rozdíl obou délek zanedbat a položit $s_0 = s$; v prvním členu však musíme brát $s_0 = s - \Delta s$. Rovnici (9) potom můžeme psát takto:

$$\Delta V = s \operatorname{tg} \alpha + \frac{1-k}{2R} s^2 + i - z + \frac{V_B}{R} s \operatorname{tg} \alpha - \Delta s \operatorname{tg} \alpha \quad (10)$$

Z porovnání rovnice (10) s rovnicí (1) vyplývá

$$\Delta V = H + \frac{V_B}{R} s \operatorname{tg} \alpha - \Delta s \operatorname{tg} \alpha \quad (11)$$

Z rovnice (11) je zřejmé, že při přesnějších výpočtech výškových rozdílů musíme k hodnotě vypočtené podle běžně užívaného vzorce (1) připojit korekce závislé na nadmořské výšce, velikosti výškového rozdílu a délkovém zkreslení.

Pro výpočet korekci označme „hrubý“ výškový rozdíl

$$s \operatorname{tg} \alpha = h \quad (12)$$

a uvažme, že výška bodu B je přibližně

$$V_B = V_A + h$$

Označíme-li dále délkové zkreslení ze zobrazení pro 1 km délky symbolem ds , je zřejmé

$$\Delta s = s \cdot ds$$

poslední člen na pravé straně rovnice (11) bude

$$\Delta s \operatorname{tg} \alpha = ds \cdot s \operatorname{tg} \alpha = ds \cdot h \quad (13)$$

Dosadíme-li do rovnice (11), dostaneme

$$\Delta V = H + \frac{V_A + h}{R} h - ds \cdot h = H + \left(\frac{V_A}{R} - ds \right) h + \frac{h^2}{R}$$

Vzorec pro výpočet výškového rozdílu můžeme psát

$$\Delta V = H + k_1 + k_2 \quad (14)$$

kde H je výškový rozdíl vypočtený obvyklým způsobem podle vzorce (1),

$$k_1 = \left(\frac{V_A}{R} - ds \right) \cdot h, \quad (15)$$

$$k_2 = \frac{h^2}{R} \quad (16)$$

Korekce k_1 je závislá na nadmořské výšce bodu A , na délkovém zkreslení a na velikosti výškového rozdílu; korekce k_2 je funkcí jen výškového rozdílu.

Výpočet korekci

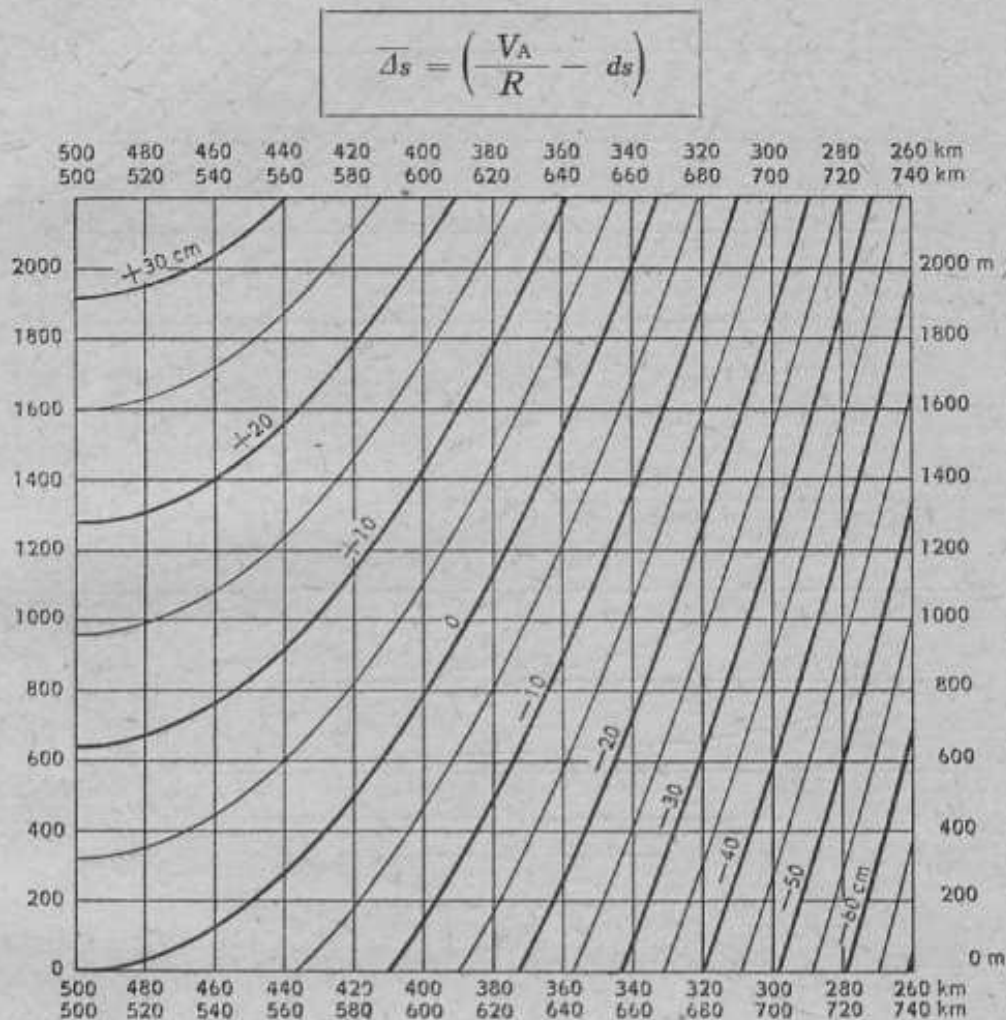
V rovnici (15) označme

$$\left(\frac{V_A}{R} - ds \right) = \overline{\Delta s}$$

Veličina $\overline{\Delta s}$ je rozdíl zkreslení vlivem nadmořské výšky a zkreslení ze zobrazení do roviny pro délku rovnou 1 km. Tabulka hodnot $\overline{\Delta s}$ v centimetrech pro $s = 1$ km, nadmořské

výšky od 200 m do 2 000 m a pro celé Gaussovy 6⁰ pásy je v článku [4] na str. 223. V této tabulce jsou uvedena znaménka oprav pro převod délky měřené v terénu na délku v zobrazovací rovině; při výpočtu trigonometricky měřených převýšení musíme převést délku ze zobrazovací roviny (vypočtenou ze souřadnic koncových bodů) na délku v terénu; budou tedy znaménka oprav opačná, než je uvedeno v citované tabulce.

Hodnoty $\overline{\Delta s}$ pro dané střední souřadnice y a danou nadmořskou výšku můžeme najít také v diagramu na obrázku 2, kde jsou znaménka pro převod délky ze zobrazovací roviny do terénu.



Obr. 2

Známe-li $\overline{\Delta s}$, je korekce $k_1 = \overline{\Delta s} \cdot h$ (17)

Pro $\overline{\Delta s}$ v centimetrech na 1 km a h v km vyjde k_1 v centimetrech. Rovnice (17) je řešena nomogramem na obr. 3; k číselným hodnotám $\overline{\Delta s}$ a h najdete přímo číselnou hodnotu korekce k_1 . Znaménko korekce k_1 určují znaménka veličin $\overline{\Delta s}$ a h .

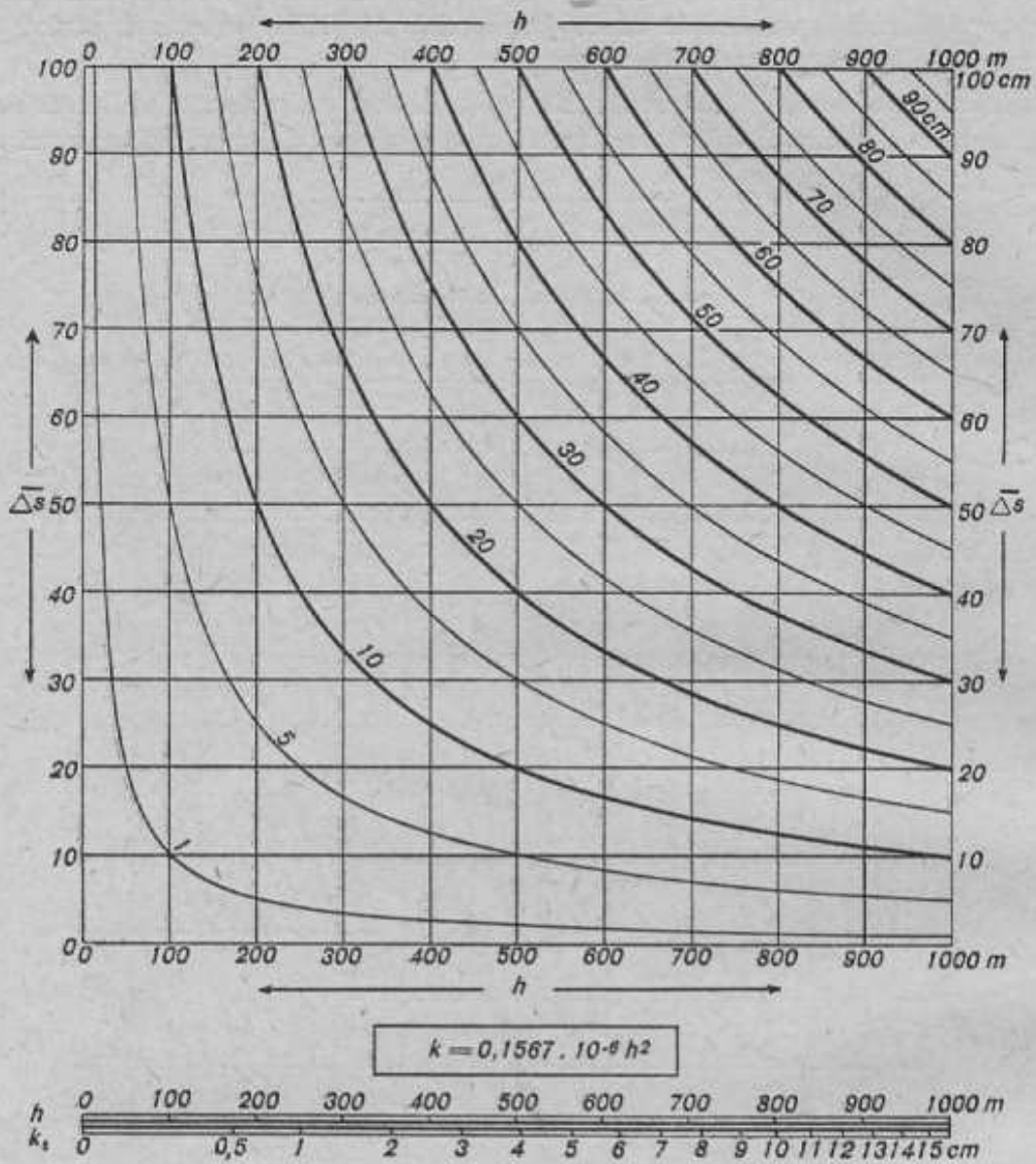
Z nomogramu je také zřejmé, kdy korekce k_1 je menší než 1 cm a kdy ji tedy lze zanedbat. Je-li například $h = 100$ m, zkraslení z nadmořské výšky a ze zobrazení větší než 10 cm/km, je korekce vždy větší než 1 cm.

Korekci k_2 najdeme k hodnotě h buď v následující tabulce 1 nebo na dvojstupnici pod nomogramem na obrázku 3.

Tabulka má ekvidistantní funkci s krokem 1 cm, takže se hodnota korekce najde velmi snadno; je také zřejmo, že pro $h < 175$ m je korekce menší než $1/2$ cm a tedy zanedbatelná. Znaménko korekce je vždy kladné.

Při odvozování vzorců jsme předpokládali, že rovinná délka s vypočtená ze souřadnic koncových bodů je prakticky bez chyby. To bude v praxi tenkrát, budeme-li ji počítat ze sou-

$$k_1 = \bar{\Delta} S h$$



Obr. 3

Tabulka 1

h m	k_2 cm	h m	k_2 cm
175	0,5	714	8
253	1	758	9
357	2	799	10
438	3	838	11
505	4	875	12
565	5	911	13
619	6	945	14
668	7	978	15

řadnic trigonometrických bodů. U bodů zhušťovacích a vřícovacích se ve vypočtené délce projeví nepřesnosti v určení souřadnic těchto bodů. Chyba ve vypočtené délce se neprojeví v hodnotách korekcí k_1 a k_2 , ale v prvním členu na pravé straně rovnice (1), podle které se počítá veličina H , tj. ve členu $s \operatorname{tg} \alpha$. Čím jsou větší výškové úhly, tím přesněji mají být určovány souřadnice koncových bodů délky. Je-li například přípustná střední chyba v souřadnicích vřícovacích bodů $m = \pm 50$ cm, je střední chyba ve vypočtené délce mezi dvěma takovými body $m_s = m \sqrt{2} = \pm 71$ cm; je-li v tomto případě výškový úhel $\alpha = 20^\circ$, je chyba výškového rozdílu vlivem nepřesných souřadnic rovna ± 26 cm. Chceme-li tedy v území s většími výškovými rozdíly zpřesnit výškové určení bodů, musíme nejprve zpřesnit jejich určení situační.

Příklady: Pro jednoduchost zvolíme v příkladech zaokrouhlené hodnoty daných a měřených veličin a budeme předpokládat, že výška stroje a záměrné značky jsou stejné.

$$\text{a) } s = 3000 \text{ m; } \alpha = +15^\circ; \quad V_A = 1000 \text{ m; } y = 720 \text{ km}$$

$$h = s \operatorname{tg} \alpha = +803,85 \text{ m} \qquad \overline{\Delta s} = -43 \text{ cm/km}$$

$$\frac{1-k}{2R} s^2 = +0,61 \text{ m} \qquad k_1 = -34 \text{ cm}$$

$$H = +804,46 \text{ m} \qquad k_2 = +10 \text{ cm}$$

$$\Delta V = +804,22 \text{ m}$$

$$\text{b) } s = 3000 \text{ m; } \alpha = -15^\circ; \quad V_A = 1000 \text{ m; } y = 720 \text{ km}$$

$$h = -803,85 \text{ m} \qquad \overline{\Delta s} = -43 \text{ cm/km}$$

$$\frac{1-k}{2R} s^2 = +0,61 \text{ m} \qquad k_1 = +34 \text{ cm}$$

$$H = -803,24 \text{ m} \qquad k_2 = +10 \text{ cm}$$

$$\Delta V = -802,80 \text{ m}$$

II. Výpočet výškových rozdílů, je-li přímo měřena šikmá vzdálenost a výškový úhel

Rádiové a světelné dálkoměry umožňují přímé měření šikmých vzdáleností mezi dvěma body v terénu a bude jich zajisté využito pro určování bodů protínáním z délek a při měření polygonových pořadů, popřípadě delších rajónů. Současně bude třeba měřit výškové úhly pro výškové určení bodů.

Pro výpočet souřadnic bodů musíme převést šikmo měřené délky na elipsoid a do zobrazovací roviny; k těmto výpočtům rovněž potřebujeme výškové úhly nebo výškové rozdíly mezi uvažovanými body.

Dále odvodíme vzorce pro výpočet výškových rozdílů z přímo měřených šikmých vzdáleností a výškových úhlů (zenitových vzdáleností).

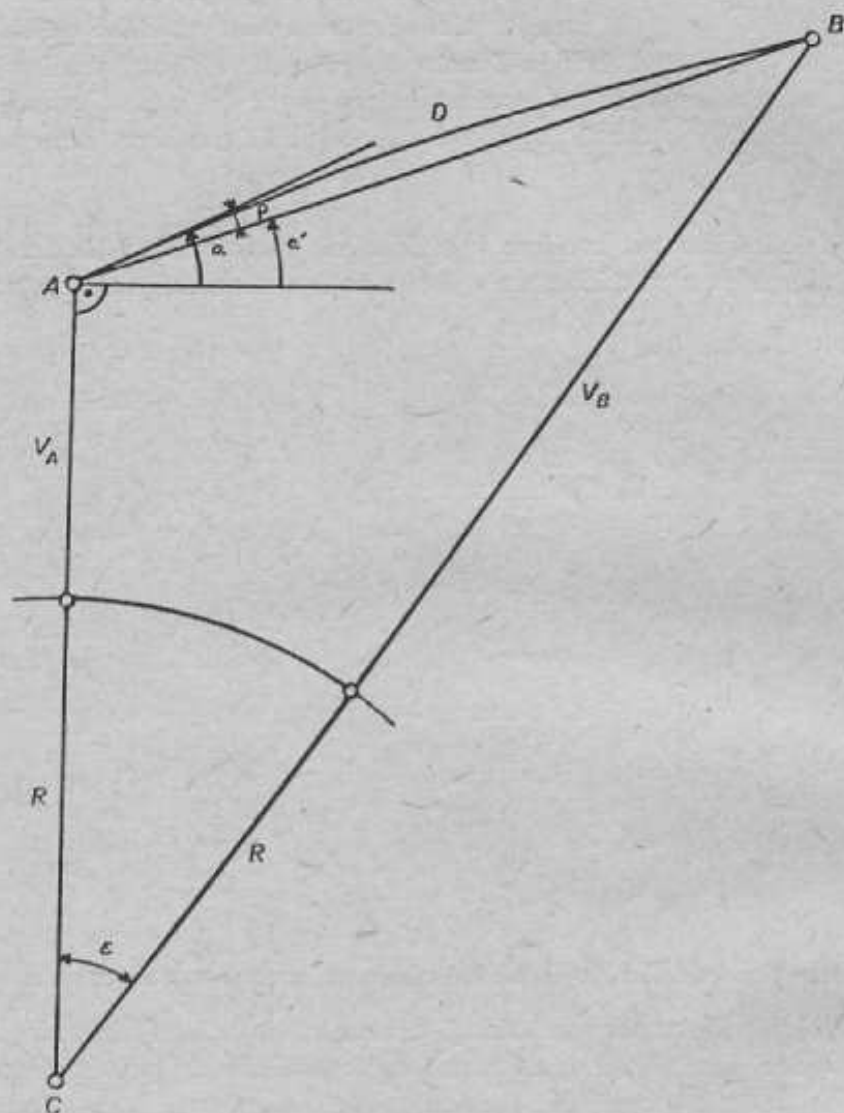
Poznámka: Výškové rozdíly lze také vypočítat z přímo měřené šikmé délky a délky tětiny vedené v nadmořské výšce počátečního bodu; řešení ovšem předpokládá, že jsou předem dány souřadnice koncových bodů měřené délky a je vhodné jen pro velké výškové rozdíly, neboť jinak je v určujícím trojúhelníku jeden úhel příliš malý. Způsob výpočtu bez znalosti souřadnic bodů je značně složitý. Potřebné vzorce odvodil L. H r a d i l e k v práci [5].

Vzhledem k nejistotě refrakce, která ovlivňuje přesnost trigonometricky měřeného výškového rozdílu, budeme omezovat výškové určení bodů na vzdálenosti do 3 km, výjimečně do 5 km.

V obrázku 4 mají veličiny V_A , V_B , α , ϱ , α' , R stejný význam jako v obrázku 1. Přímou měřenou délkou mezi body A , B je označena D ; je to oblouk kružnice, jejíž poloměr R' je závislý na refrakci světelných nebo rádiových vln v atmosféře. Například pro světelné vlny je

$R' \doteq 8 R$. Rozdíl v délce oblouku D a přímé spojnice \overline{AB} je pro kratší vzdálenosti nepatrný a může být zanedbán (například pro $D < 5$ km je tento rozdíl menší než 1 mm!). Je tedy pro naše úvahy

$$\widehat{AB} \doteq \overline{AB} = D$$



Obr. 4

Z obrázku 4 můžeme psát podle kosinové věty

$$(R + V_B)^2 = (R + V_A)^2 + D^2 - 2(R + V_A) \cdot D \cdot \cos(90^\circ + \alpha') \quad (18)$$

Umocníme-li dvojčleny v rovnici (18) a dosadíme-li

$$\cos(90^\circ + \alpha') = -\sin \alpha',$$

dostaneme:

$$R^2 + 2RV_B + V_B^2 = R^2 + 2RV_A + V_A^2 + D^2 + (2R + 2V_A) \cdot D \sin \alpha' \quad (19)$$

Dělme celou rovnici hodnotou $2R$ a upravme takto:

$$V_B - V_A = \frac{V_A^2 - V_B^2}{2R} + \frac{D^2}{2R} + D \sin \alpha' + \frac{V_A}{R} \cdot D \sin \alpha' \quad (20)$$

V prvním členu na pravé straně rovnice (20) můžeme položit $V_B \doteq V_A + h$, kde $h = D \sin \alpha$ je přibližný výškový rozdíl bodů A, B ; potom je

$$\frac{V_A^2 - V_B^2}{2R} \doteq \frac{V_A^2 - (V_A + h)^2}{2R} = -\frac{V_A}{R} h - \frac{h^2}{2R} \quad (a)$$

Protože refrakční úhel je malý (pro $D < 5$ km je $\varrho < 10''$), můžeme psát

$$\sin \alpha' = \sin(\alpha - \varrho) \doteq \sin \alpha - \varrho = \sin \alpha - \frac{k}{2R} D$$

(v I. části našeho článku jsme použili stejného postupu pro tangentu); je tedy

$$D \sin \alpha' = D \sin \alpha - \frac{k}{2R} D^2 \quad (b)$$

V posledním členu na pravé straně rovnice (20) je lhostejné, zda dosadíme α' nebo α a můžeme jej proto psát

$$+ \frac{V_A}{R} D \sin \alpha' \doteq + \frac{V_A}{R} h \quad (c)$$

Po dosazení vztahů (a), (b), (c) do rovnice (20) a připojení výšky stroje i a výšky cíle z dostaneme *výsledný vzorec* pro výškový rozdíl bodů A, B :

$$V_B - V_A = D \sin \alpha + \frac{1-k}{2R} D^2 - \frac{h^2}{2R} + i - z \quad (21)$$

Označme výškový rozdíl $V_B - V_A = \Delta V$ a pišme

$$\Delta V = H' - \frac{h^2}{2R}, \quad (22)$$

kde

$$H' = D \sin \alpha + \frac{1-k}{2R} D^2 + i - z \quad (23)$$

Vzorec (23) a (21) se od sebe liší o člen (korekci)

$$k_3 = - \frac{h^2}{2R}$$

Tato korekce dosáhne hodnoty 1 cm teprve pro výškový rozdíl 357 m. V běžných pracích ji tedy můžeme zanedbat a počítat *výškové rozdíly podle vzorce (23)*.

Vzorec (23) se liší od vzorce (1) viz úvod - jen v tom, že opravu ze zakřivení Země a refrakce hledáme ve vzorci (23) pro šikmou délku D (ve vzorci (1) pro délku s vypočtenou ze souřadnic, tedy délku v rovině). První člen na pravé straně obou rovnic je totožný, neboť

$$s \doteq D \cos \alpha \quad \text{a tedy} \quad s \operatorname{tg} \alpha = D \sin \alpha.$$

Jsou-li měřeny zenitové vzdálenosti ζ , bude

$$H' = D \cos \zeta + \frac{1-k}{2R} D^2 + i - z \quad (24)$$

Jsou-li výškové rozdíly velké, odečteme od výsledku vypočteného podle vzorce (23) nebo (24) hodnotu korekce k_3 ; tato korekce je rovna polovině korekce k_2 ze stati I:

$$k_3 = - \frac{1}{2} k_2$$

a je uvedena v tabulce 2.

Jestli-že jsme tedy přímo měřili šikmé vzdálenosti (např. světelnými nebo rádiovými dálkoměry), je *mnohem výhodnější a hopodárnější počítat výškové rozdíly z těchto šikmých vzdáleností*, než nejprve vzdálenosti redukovat a potom počítat podle vzorců odvozených v I. části nebo v práci [2]; vyplývá to z porovnání vzorců a také z následujících příkladů v tab. 3.

Tabulka 2

h m	k_2 cm
253	0,5
357	1
505	2
619	3
714	4
799	5
875	6
945	7
1010	8

Tabulka 3. Výpočet výškových rozdílů z přímo měřené šikmé vzdálenosti a výškového úhlu

D	2482,16 m	3214,56 m
α	+ 11°36'12"	- 4°12'47"
$\sin\alpha$	0,201 135	0,073 465
$h = D \sin\alpha$	+ 499,25 m	- 236,16 m
$\frac{1-k}{2R} D^2$	+ 0,42 m	+ 0,70 m
$-\frac{h^2}{2R}$	- 0,02 m	0,00 m
i	+ 1,42 m	+ 1,42 m
z	- 6,84 m	- 12,09 m
ΔV	+ 494,23 m	- 246,13 m
Vzorec: $\Delta V = D \sin\alpha + \frac{1-k}{2R} D^2 - \frac{h^2}{2R} + i - z$		

Závěr

V praxi se zpravidla počítají trigonometricky měřené výškové rozdíly podle vzorce (1). Ve větších nadmořských výškách (kde obvykle jsou také velké výškové rozdíly) a ve větších vzdálenostech od osových poledníků Gaussových pásů (kde je větší délkové zkreslení ze zobrazení) však přesnost vzorce (1) nedostačuje. V článku je odvozen vzorec (10) pro přesnější výpočet výškových rozdílů; pro použití v praxi je vzorec upraven na tvar (14), pro který se korekce k_1 najde v nomogramu a korekce k_2 v tabulce nebo na dvojstupnici.

V článku uvedený postup výpočtu výškových rozdílů je ještě jednodušší než v práci [2]. Inž. Delong potřebuje 2 nomogramy pro korekci O_1 (jeden pro cíle převýšené, druhý pro cíle snižené), další nomogram nebo tabulku pro délkové zkreslení a konečně nomogram pro určení korekce O_2 , celkem tedy 4 nomogramy. Při našem řešení vystačíme s dvěma nomogramy a dvojstupnicí. Kromě toho lze nomogramu na obr. 2 použít vždy, kdy potřebujeme převést délku v terénu na délku v zobrazovací rovině a naopak (pokud ovšem postačí přesnost nomogramu).

V druhé části pojednání jsou odvozeny vzorce pro výpočet výškových rozdílů z přímo měřených šikmých vzdáleností a výškových úhlů (zenitových vzdáleností); protože počítáme s délkou měřenou v terénu, není třeba uvažovat zkreslení ze zobrazení ani nadmořskou výšku bodů, a proto jsou vzorce jednoduché.

Nakonec je třeba připomenout, že zanedbání opravných členů při výpočtu výškových rozdílů, tj. výpočet podle málo přesných vzorců, se projeví jako systematická chyba, která snižuje přesnost výšek bodů — viz [1] str. 15 nebo [2] str. 212. Je proto třeba v horských oblastech a v místech s větším zkreslením ze zobrazení počítat podle přesnějších vzorců.

Literatura:

1. Vykutíl J.: Studie o trigonometrickém měření výšek. Publikace VZÚ, řada A, číslo 4. Praha 1949.
2. DeLong B.: K otázce výpočtu trigonometricky měřených výšek ve vysokých horách. Geodetický a kartografický obzor, č. 11/1957.
3. Ryšavý J.: Geodesie, II. díl, Praha 1955.
4. Vykutíl J.: K výpočtům v Gausově-Krügerově zobrazení. Vojenský topografický obzor č. 4/1954.
5. Hradílek L.: Höhenbestimmung aus elektrooptisch gemessenen Längen. Studia geophysica et geodactica č. 3/1958.

Inž. mjr. Václav Horník, VTOPÚ

Zkušenosti z měření geodimetrem NASM-3

1. Úvod

V současné době je již uskutečněna myšlenka využít světelných a rádiových vln s přesností, která vyhovuje geodetickým měřením.

Přesnější výsledky (do vzdálenosti asi 20 km) dávají světelné dálkoměry. Přesnost měření např. u geodimetru typu NASM-2A je řádově asi 10^{-6} měřené délky, popřípadě vyšší. Geodimetr NASM-2A plně nahradí dosavadní způsob měření geodetických základěn nebo přímo trigonometrických stran I. řádu. I když pro měření geodimetrem jsou nutné příznivé povětrnostní podmínky a uvedený typ je svým rozměrem málo vhodný pro mobilní práce v terénu, jsou tato měření hospodárnější než dosavadní způsoby měření invarovými dráty.

Koncem r. 1958 byly do ČSR dovezeny ze zahraničí dva typy geodimetrů. První typ NASM-2A zakoupila ÚSGK, druhý menší typ NASM-3 vojenská topografická služba. Než budou tyto nové stroje uvedeny do provozu, bylo nutné s nimi provést zkušební měření na známých délkách.

Rozsáhlé provozní zkoušky s geodimetrem NASM-2A organizoval v rámci ÚSGK kand. tech. věd inž. Delong z VÚGTK. Během r. 1959 vykonal řadu měření, z nich nejdůležitější v létě a na podzim na rozvinovací síti geodetické základny u Jesenského, kde byla pro tyto účely obnovena signalizace potřebných bodů. Výsledky těchto měření byly zveřejněny v rámci Dnů nové techniky ÚSGK v prosinci r. 1959.

Rovněž VTOPÚ uskutečnil se svým geodimetrem NASM-3 několik zkušebních měření nejdříve v okolí Dobrušky a pak na některých délkách v prostoru geodetické základny u Jesenského. Tento článek se zabývá především výsledky těchto zkušebních měření, které plně potvrdily možnost dosáhnout přesnosti z jednoho měření ± 8 cm, charakterizující tento typ geodimetru. Již během zkušebních měření se řada příslušníků voj. topografické služby seznámila s tímto typem geodimetru a získala správnou představu o možnostech jeho využití pro potřeby voj. topografické služby.

Podstatná část našeho článku je věnována především praktickým zkušenostem a výsledkům měření s geodimetrem NASM-3, jak vyplynuly z měření v terénu.

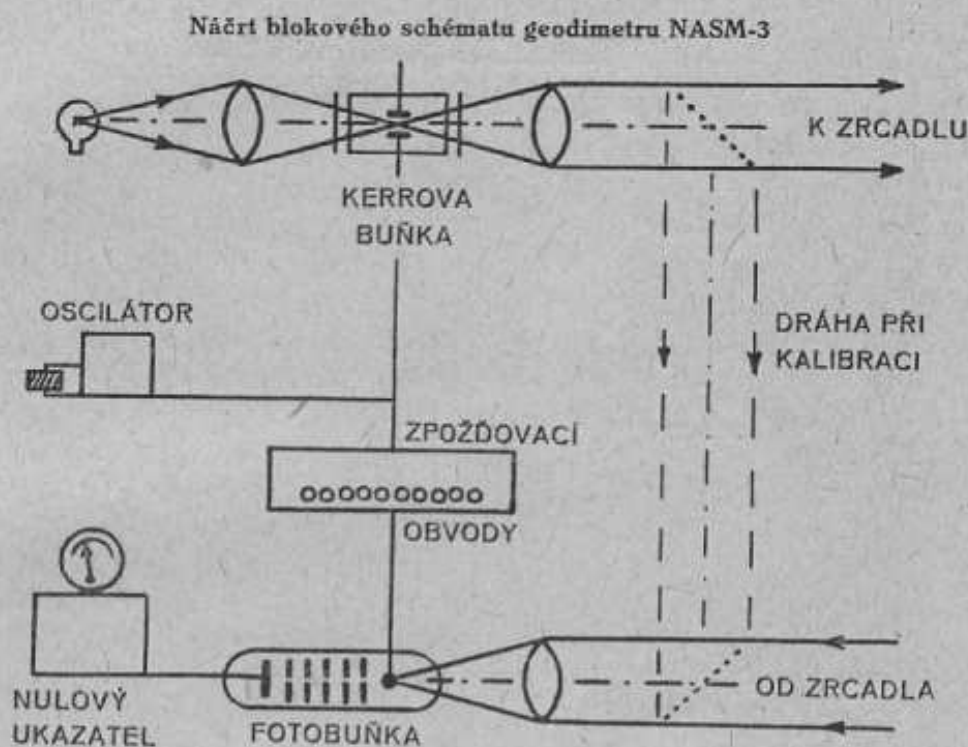
2. Základní údaje o geodimetru NASM-3 a princip jeho činnosti

Princip činnosti geodimetru je již všeobecně znám, přesto je třeba uvést několik poznámek, nutných pro správné pochopení dalších sdělení. Náčrt blokového schématu přístroje je uveden na obr. 1.

Zdrojem světla je Ilwatová žárovka, která vyzařuje světelné paprsky poměrně vysoké intenzity. Paprsky pak procházejí optickým systémem, který je usměrňuje a koncentruje, načež vstupují do modulačního systému, kterému říkáme Kerrova buňka. Protože pro modulaci se lépe hodí polarizované světlo, obsahuje tento systém také dva polarizátory. Vlastní Kerrův

článek je v podstatě kondenzátor, jehož elektrody jsou ponořeny v lázni nitrobenzenu. Je-li kondenzátor nabit, vyvolává u procházejícího světla polarizaci dvojlomem.

Protože elektrody jsou spojeny s křemenným oscilátorem o frekvenci 10 Mc/sec, vyvíjí se mezi nimi střídavé napětí a intenzita světla se periodicky mění, takže v Kerrově buňce kromě polarizace světla dochází i k jeho amplitudové modulaci. Po opuštění Kerrové buňky procházejí světelné paprsky optickým systémem, který je rovnoběžně vysílá k druhému, koncovému bodu měřené vzdálenosti, kde se odrážejí od zrcadlového systému, vracejí se zpět téměř rovnoběžně a přes optický systém dopadají na fotobuňku.



Obr. 1

Intenzita proudu vzbuzená ve fotobuňce je přímo úměrná intenzitě dopadajícího světla. Citlivost se mění použitím napětí o modulované frekvenci. Zpoždování v napětí se může měnit postupným zapojováním zpožďovacích obvodů, které jsou kalibrovány, takže známe již předem hodnoty jednotlivých zpožďovacích obvodů, vyjádřené v metrech.

Některé praktické údaje: vlastní geodimetr váží 26 kg, rozměr 550×315×330 mm; tripod váží 10 kg, rozměr 420×1250 mm. Spotřeba proudu činí 75 W při 220 V střídavého napětí o 50–60 c/s. Při těchto požadavcích se ukázal jako nejvhodnější (z agregátů v ČSSR) čs. agregát EC 1 kVA, částečně zatížený nějakým spotřebičem, jako např. vařičem nebo rádiem. Nejvyšší modulační schopnosti se dosahuje konkrétně u našeho geodimetru při 2900 V pro vlnovou délku 5390 Å.

3. Měření délek v terénu a zpracování výsledků měření

Základní rovnice pro určení vzdálenosti geodimetrem NASM-3 jsou

$$D = L_1 + n_1 \cdot U_1 + d_c \quad - \text{ z měření v 1. frekvenci,}$$

$$D = L_2 + n_2 \cdot U_2 + d_c \quad - \text{ z měření v 2. frekvenci.}$$

V těchto rovnicích

L_1, L_2 – určíme během měření,

U_1, U_2 – jsou konstanty přístroje (délkové jednotky = $\frac{1}{4}\lambda$),

d_c – je oprava z atmosférických podmínek

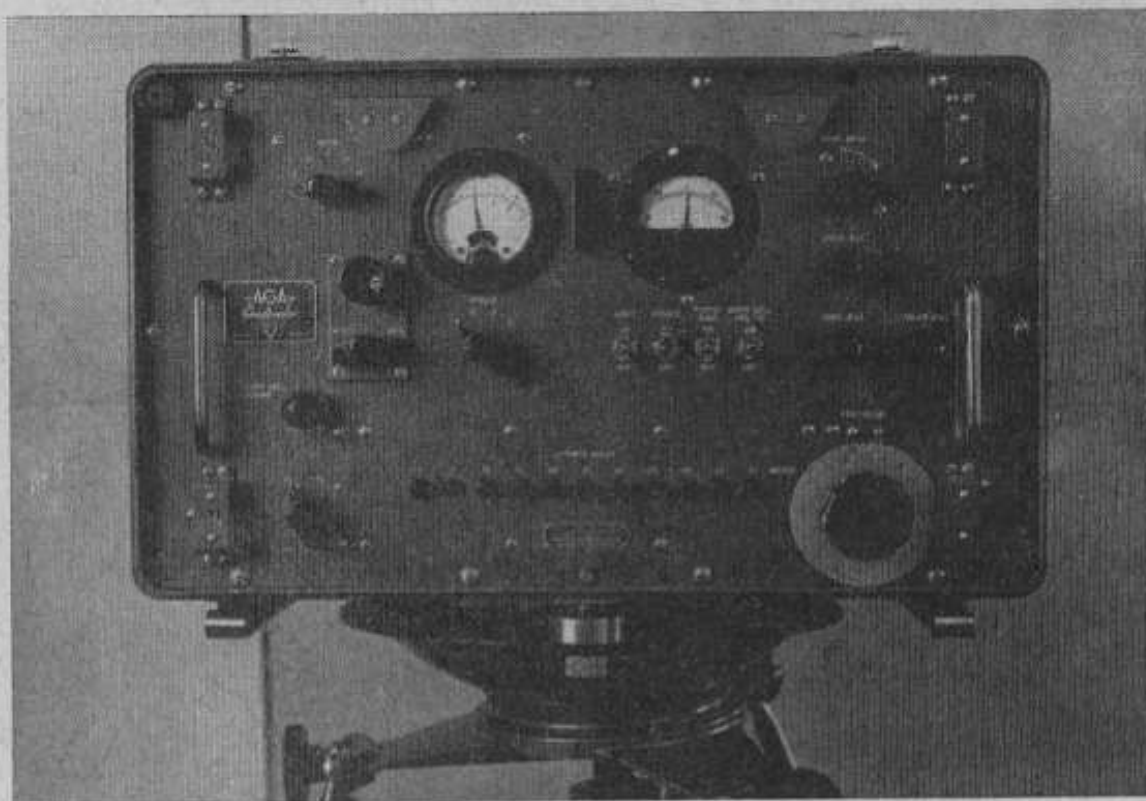
(tato oprava je malá a je jí snadno určit).

Měřená vzdálenost se obecně rovná celistvému počtu délkových jednotek $n \cdot U$ a doměrku L , který určíme z nastavení zpoždovacího obvodu. Toto nastavení se děje hrubě po pěti metrech a dále jemně na zlomky metru. Pro určení vzdálenosti tak dostáváme dvě rovnice o třech neznámých, a proto musíme vyhledat další podmínku pro rozvoj vyřešení.

Konstanta U_1 je větší než U_2 , a tudíž pro $n_1 = n_2$ musí L_2 být větší než L_1 . U našeho geodimetru $U_1 = 50,000\ 00$ m a U_2 je asi o $1/30$ menší. Abychom mohli stanovit počet délkových jednotek n , položíme podmínku $L_1 = L_2$; potom bude platit $D_0 = n_1 \cdot U_1 = n_2 \cdot U_2$. Této podmínce vyhovují hodnoty celých čísel: $n_1 = 40, 80, 120, 160$ atd.,

$$n_2 = 41, 82, 123, 164 \text{ atd.}$$

Pohled na palubní desku geodimetru NASM-3



Obr. 2

tj. vzdálenost 2000m a její násobky. Prakticky to znamená, že měřenou vzdálenost musíme předběžně znát s přesností ± 1 km. Protože pro rostoucí vzdálenost v mezích od $k \cdot 2000$ m až po $(k + 1) \cdot 2000$ m roste rychleji L_2 než L_1 , můžeme z rozdílu $(L_2 - L_1)$ stanovit přibližnou délku graficky s přesností na ± 20 m, což nám umožní určit počet délkových jednotek n_1 a n_2 , které musí splňovat shora uvedené základní rovnice (v mezích přesnosti geodimetru NASM-3).

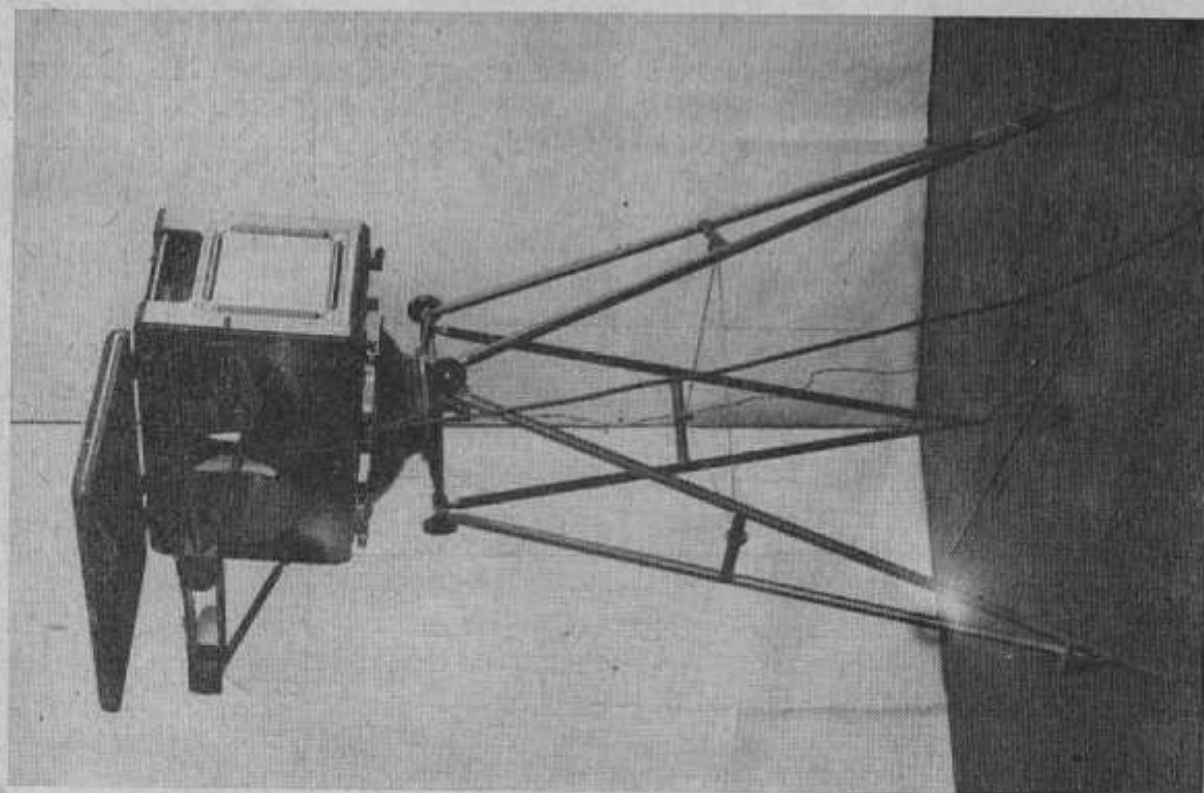
Jak jsme si ukázali na základní rovnici, měříme v terénu jen hodnoty doměrků L_1, L_2 , které se pohybují v mezích 0 až 50 m. Z toho vyplývá, že celková chyba v měřené vzdálenosti bude prakticky téměř konstantní pro různé dlouhé délky (za určitých příznivých meteorologických podmínek).

Před měřením je vždy prováděna tzv. kalibrace, kdy stanovíme hodnotu jednoho dílku pro jemné čtení zpoždovacího obvodu. Na příkladě uvedeném v příloze odpovídá jeden dílek jemného čtení 0,117 m. Vlastní měření hodnot L_1, L_2 záleží v odečtení hrubých a jemných čtení a stanovení rozdílu pro nulovou a měřenou vzdálenost ve čtyřech fázích v každé z obou frekvencí. V uvedeném příkladě:

$$L_1 = \text{„45“} + 0,117 \cdot 28,9 \text{ m,}$$

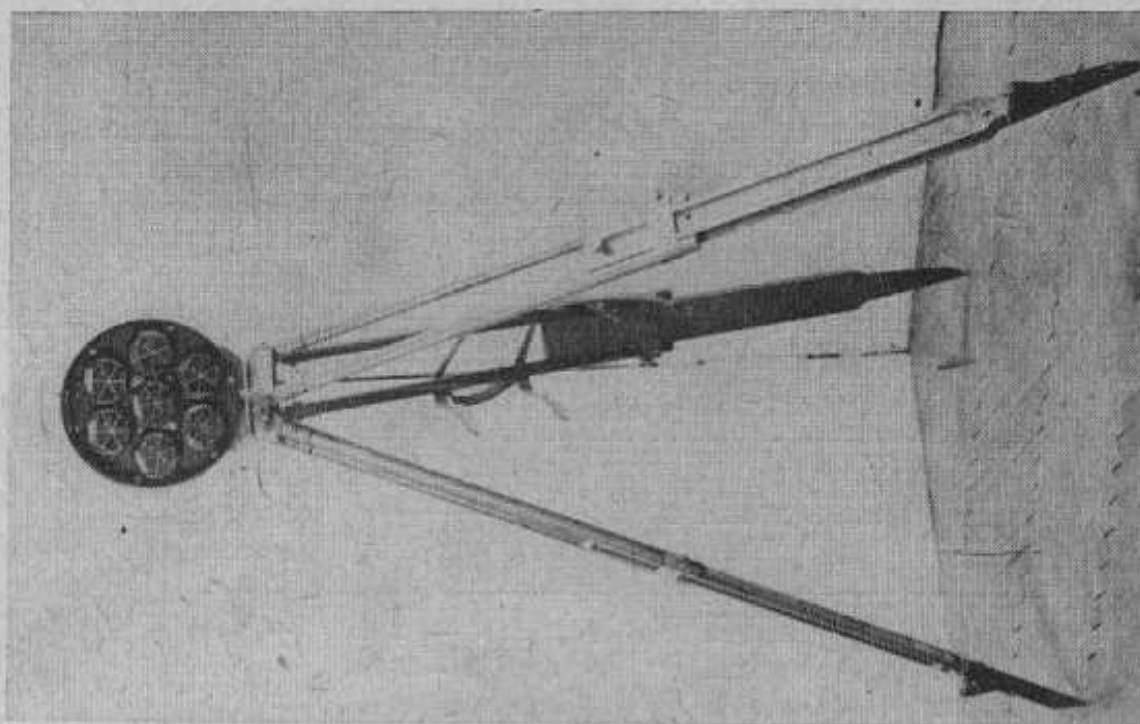
$$L_2 = \text{„45“} + 0,117 \cdot 18,6 \text{ m.}$$

Přitom hrubému čtení „45“ odpovídá hodnota 44,46 m; tato hodnota je jednou z konstant



Obr. 3

Celkový pohled na geodimetr NASM-3 na tripodu



Obr. 4

Pohled na zrcadlo (hranolový systém)
postavené na stativu

přístroje určených v továrně. Další výpočet je patrný z uvedeného příkladu. Výpočetní formulář je sestaven tak, abychom měřenou délku přímo převedli do zobrazovací roviny, kde budou prováděny další výpočty.

4. Zkušební měření geodimetrem NASM-3, výr. č. 1036

a) Zkušební měření u Dobrušky

Účelem těchto zkušebních měření bylo získat všeobecný přehled o činnosti při měření geodimetrem NASM-3 v terénu, zjistit obtíže, které se mohou vyskytnout, najít nejlepší způsob dorozumívání během měření doplnit vybavení soupravy. Tato část zkoušek byla rozdělena do dvou etap.

V první etapě byly voleny délky mezi body trigonometrické sítě tak, aby bylo možno měřit přímo ze země. Přitom se vystřídaly různé délky a měřilo se za různých povětrnostních podmínek v kopcovitém terénu.

Tabulka 1

Datum	Správná délka D	Chyby měřených délek		
		při F_1	při F_2	průměr
7. IV.	129,11 m	+ 3 cm	- 1 cm	+ 1 cm
14. IV.	1 649,90 m	- 2 cm	- 16 cm	- 9 cm
16. IV.	1 452,00 m	+ 6 cm	- 15 cm	- 4 cm
28. IV.	2 628,14 m	- 3 cm	- 1 cm	- 2 cm
5. V.	5 282,96 m	+ 3 cm	- 1 cm	+ 1 cm
5. V.	5 282,96 m	+ 6 cm	- 9 cm	- 1 cm
7. V.	2 588,09 m	- 17 cm	- 6 cm	- 11 cm
13. V.	4 722,93 m	+ 1 cm	- 12 cm	- 5 cm
15. VI.	5 283,14 m	- 1 cm	+ 12 cm	+ 6 cm

V druhé etapě byla provedena opakovaná měření dvou různých délek a za správnou hodnotu byl považován aritmetický průměr ze všech měření, protože přesná délka nebyla známa (měření bylo prováděno ze střechy budovy). Výsledky těchto měření jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 2

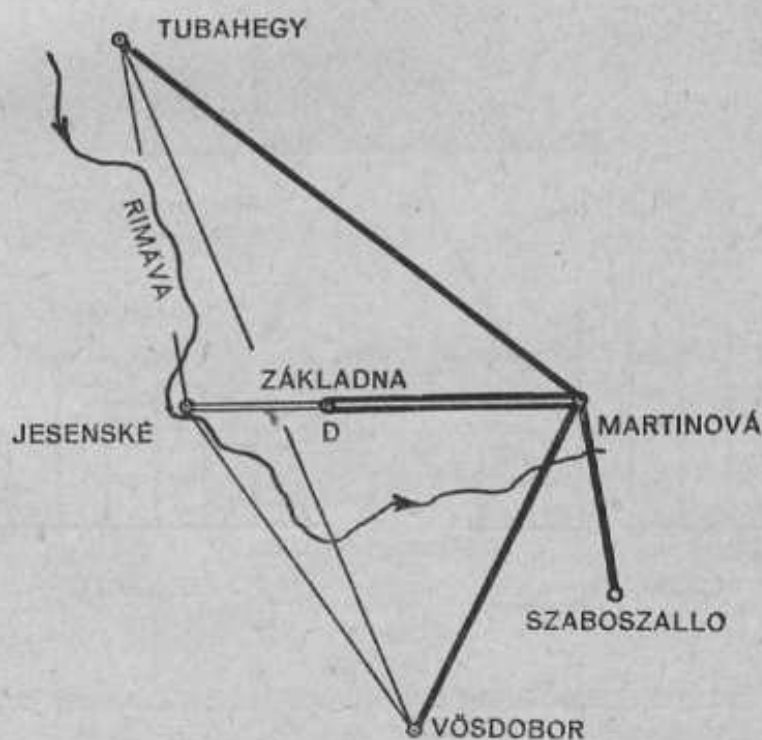
Datum	Správná délka D	Chyby měřených délek		
		při F_1	při F_2	průměr
18. V.	531,00 m	+ 14 cm	- 6 cm	+ 4 cm
18. V.	531,00 m	+ 1 cm	- 3 cm	- 1 cm
20. V.	531,00 m	- 9 cm	- 6 cm	- 3 cm
20. V.	531,00 m	+ 12 cm	- 1 cm	+ 6 cm
26. V.	5 145,02 m	+ 10 cm	- 2 cm	+ 4 cm
26. V.	5 145,02 m	+ 14 cm	+ 7 cm	+ 10 cm
26. V.	5 145,02 m	- 6 cm	- 12 cm	- 9 cm
26. V.	5 145,02 m	-	0	-
28. V.	5 145,02 m	+ 3 cm	+ 17 cm	+ 10 cm
28. V.	5 145,02 m	- 8 cm	- 8 cm	- 8 cm
28. V.	5 145,02 m	+ 5 cm	+ 2 cm	- 3 cm
28. V.	5 145,02 m	- 8 cm	-	-

Porovnáme-li nyní výsledky těchto dvou etap, dostáváme při mechanickém stanovení středních chyb tyto údaje:

Tabulka 3

	Střední chyby jednoho měření z provedených n měření					
	při F_1	n	při F_2	n	průměr	n
1. etapa	$\pm 7,0$ cm	9	$\pm 10,7$ cm	9	$\pm 6,5$ cm	9
2. etapa	$\pm 9,6$ cm	11	$\pm 8,0$ cm	11	$\pm 7,4$ cm	10
dohromady	$\pm 8,3$ cm	20	$\pm 8,8$ cm	20	$\pm 6,8$ cm	19

Z měření u Dobrušky bylo patrné, že při měření geodimetrem NASM-3 lze dosáhnout z jednoho měření v obou frekvencích střední chyby ± 8 cm, jak udává výrobce. Vyloučit systematickou chybu, která je patrná mezi výsledky měření v F_1 a F_2 , nebylo možno pro malý počet měření a nejistotu ve srovnávacích délkách. Byla proto navržena další zkušební měření na geodetické základně.



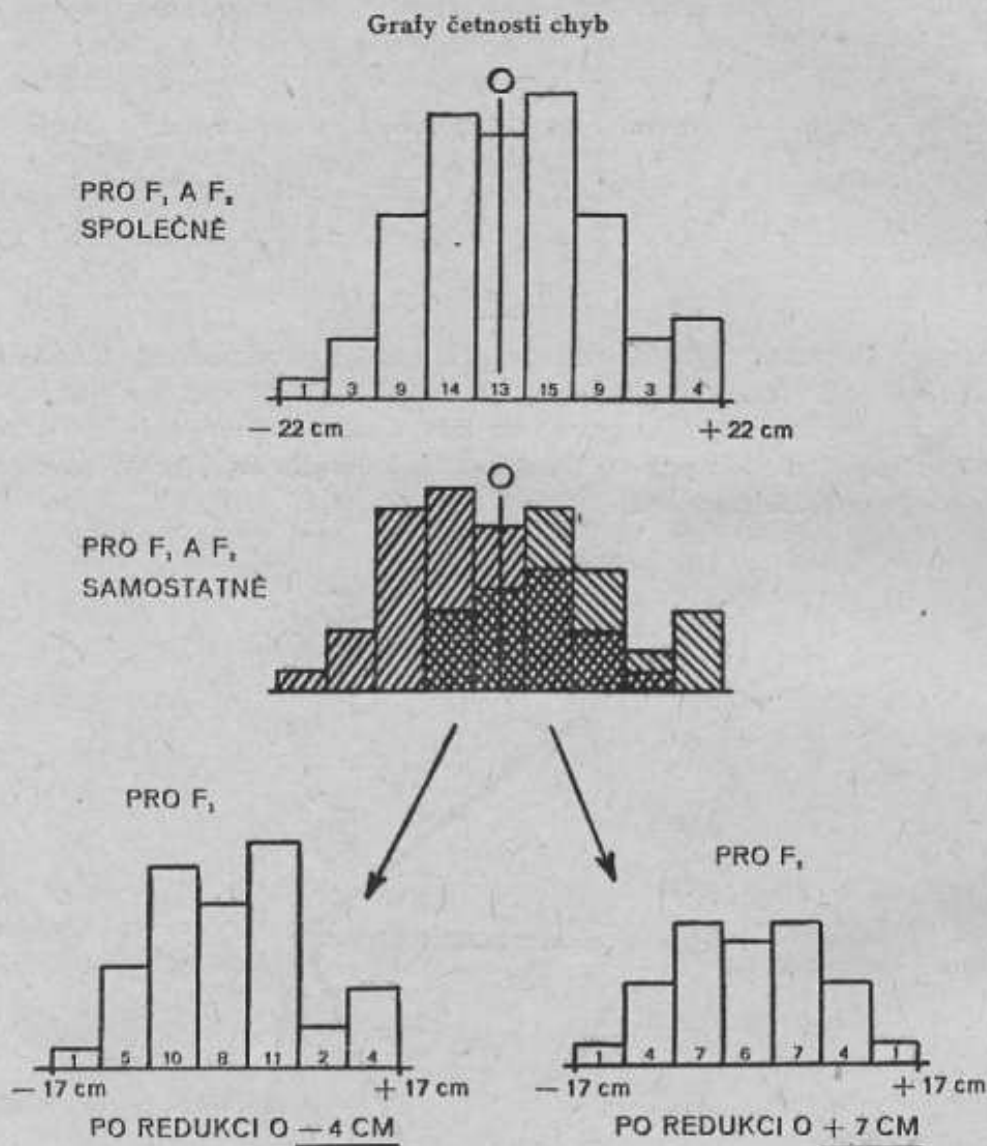
Obr. 5

b) Zkušební měření u Jesenského

Hlavním úkolem zkušebních měření délek v rozvinovací síti geodetické základny u Jesenského bylo stanovit přesnost geodimetru NASM-3; dále porovnat výsledky pro F_1 a F_2 a stanovit závislost mezi nimi. Mezi další úkoly patřilo zjistit maximální délku změřitelnou geodimetrem NASM-3.

Zkušební měření byla prováděna současně a ve spolupráci s VÜGTK, který ve stejném prostoru prováděl zkušební měření se svým geodimetrem NASM-2A. Proto zde byla obnovena signalizace potřebných bodů. Dílčí náčrt rozvinutí geodetické sítě ze základny Jesenské-Martinová je uveden na obrázku 5.

Zaměření základny v celku bylo obtížné. Proto byla rozdělena bodem *D* na dva úseky; jeden úsek byl v téže době zaměřován geodimetrem NASM-2A. Naše stanoviště bylo po celou dobu na bodě Martinová, odkud byly měřeny pouze délky vyznačené silně na náčrtu. (délka na Szaboszallo nepatří do rozvinutí sítě.). Měření se uskutečnila koncem července a začátkem srpna. Velmi nepříznivě působila na měření mlha v údolí řeky Rimavy, která po určitou dobu měření úplně znemožnila.



Obr. 6

Již předem je nutno říci, že měření byla prováděna za různých podmínek. Nebylo vybíráno jen nejvhodnější počasí pro dosažení dobrých výsledků, nýbrž bylo měřeno vždy, pokud se vůbec měřit dalo. Zhoršené podmínky při měření pronikavě ovlivňují přesnost, jak bude patrné ze sestavení výsledků měření.

Provedená zkušební měření byla přepočtena do zobrazovací roviny, aby mohla být porovnána se známými délkami z katalogu souřadnic. Rozdíly výsledků byly považovány za skutečné chyby způsobené především nepřesností našeho geodimetru NASM-3. Při sestavování výsledků se potvrdilo, že přesnost prakticky nezávisí na vzdálenosti a že se jeví systematický rozdíl mezi výsledky v první a druhé frekvenci. Tuto skutečnost dále potvrdily grafy četnosti v rozložení skutečných chyb pro všechny měřené délky dohromady, jak je uvedeno na obrázku 6.

Dále je uvedena tabulka, která přehledně shrnuje výsledky dosažené při měření v prostoru geodetické základny u Jesenského.

Tabulka 4

Skup. měření	Správná délka D	Naměřená délka DF_1	Střední chyby		Počet měření	Rozdíl $D - DF_1$
			jednoho měření	arit. průměru		
1	2 663,95 m	2 664,00 m	$\pm 5,7$ cm	$\pm 2,5$ cm	5	- 5 cm
2	6 040,30 m	6 040,33 m	$\pm 7,8$ cm	$\pm 2,0$ cm	14	- 3 cm
3	3 997,82 m	3 997,87 m	$\pm 6,2$ cm	$\pm 1,6$ cm	15	- 5 cm
4	9 380,85 m	9 380,83 m	$\pm 6,6$ cm	-	2	+ 2 cm
5	3 997,82 m	3 997,89 m	± 17 cm	$\pm 8,5$ cm	4	- 7 cm
		délka DF_2				$D - DF_2$
1	2 663,95 m	2 663,94 m	$\pm 6,9$ cm	$\pm 3,1$ cm	5	+ 1 cm
2	6 040,30 m	6 040,19 m	$\pm 6,8$ cm	$\pm 2,4$ cm	8	+ 11 cm
3	3 997,82 m	3 997,76 m	$\pm 8,1$ cm	$\pm 2,3$ cm	12	+ 6 cm
4	9 380,85 m	9 380,78 m	$\pm 6,6$ cm	-	2	+ 7 cm
5	3 997,82 m	3 997,70 m	± 9 cm	$\pm 4,5$ cm	4	+ 12 cm

1. skup. Martinová-Szaboszallo 24. a 25. VII. , počasí dobré
2. skup. Martinová-Vösdobor 27. až 30. VII. , počasí střídavé
3. skup. Martinová-bod D 31. VII. a 1. VIII. , počasí střídavé
4. skup. Martinová-Tubahegy 4. VIII. , počasí velmi dobré
5. skup. Martinová-bod D 6. až 10. VIII. , počasí málo vhodné

Průměrné hodnoty z měření 24. VII. až 4. VIII.:

střední chyba jednoho měření	při F_1	při F_2
	$\pm 6,6$ cm	$\pm 7,1$ cm
naměřenou délku je nutno opravit o systematickou chybu	- 4 cm	+ 7 cm

Z uvedené tabulky vidíme:

1. měření v první nebo v druhé frekvenci jsou téměř stejně přesná, (mají téměř stejnou střední chybu),
2. existuje systematický rozdíl mezi výsledky měření v F_1 a F_2 ,
3. přesnost měření a velikost systematického rozdílu (systematické chyby) závisí na podmínkách při měření.

Nakonec byly porovnány výsledky měření stejných délek geodimetry NASM-2A a NASM-3.

Tabulka 5

Skup. měření	Délka D' (NASM-2A)	Délka D'' (NASM-3)	Rozdíly $D' - D''$	
			F_1 F_2	průměr
2	6 040,302 m	6 040,33 $\pm 0,020$ m	- 3 cm	+ 4 cm
		0,19 $\pm 0,024$ m	+ 11 cm	
3	3 997,833 m (nepřímě určená)	3 997,87 $\pm 0,016$ m	- 4 cm	+ 1 cm
		7,76 $\pm 0,023$ m	+ 7 cm	
4	3 997,846 m (přímě měřená)	3 997,87 $\pm 0,016$ m	- 2 cm	+ 3 cm
		7,76 $\pm 0,023$ m	+ 9 cm	
5	9 380,792 m	9 380,83 $\pm 0,047$ m	- 4 cm	- 1 cm
		0,78 $\pm 0,047$ m	+ 1 cm	

U poslední délky výsledek měření geodimetrem NASM-3 lépe souhlasí s měřením NASM-2A než s délkou danou z katalogu souřadnic a získanou rozvinutím základny.

c) Zhodnocení výsledků zkušebních měření

Neznámou délku je třeba měřit při obou frekvencích. Již z výsledků měření u Dobrušky vyplývalo, že při měření v druhé frekvenci dosahujeme téměř stejné vnitřní přesnosti jako v první frekvenci. Je proto možno výsledků měření v druhé frekvenci použít i pro přesné určení vzdálenosti, zejména je-li provedeno málo měření.

Z tabulek vyplývá systematický rozdíl mezi správnými délkami a délkami, jak je získáme z měření geodimetrem, a dále systematický rozdíl mezi měřeními při frekvencích F_1 a F_2 ; Hodnoty -4 cm a $+7$ cm jsou vlastně empiricky stanovené systematické chyby v měřených délkách při frekvencích F_1 a F_2 . Potom můžeme očekávat, že aritmetický průměr z měření v obou frekvencích (opravený o vliv systematické chyby) bude zatížen střední chybou ± 6 cm. Tato hodnota bude platit pro průměrně příznivé podmínky, délku asi 5 km a za předpokladu, že měření bylo provedeno z měřické rozhledny.

U kratších nebo delších vzdáleností se může méně nebo více projevit nepřesnost při redukcích z vlivu atmosférických podmínek a změnit uvedenou hodnotu střední chyby asi o 1 cm. Zejména záměry probíhající nízko nad terénem budou mít menší přesnost. Při přesných pracích bude nutné počítat „opravy“ ve formuláři na milimetry, protože kromě teploty a tlaku jsou ostatní hodnoty konstantní a mohou systematicky znehodnotit výsledek měření.

Je-li vnější teplota při měření větší než $+20^{\circ}\text{C}$, je možno zahájit měření asi za $\frac{1}{4}$ hodiny po rozbalení stroje. Klesne-li vnější teplota na $+15^{\circ}\text{C}$, je nutné zahřívání stroje po dobu asi $\frac{1}{2}$ hodiny, a klesne-li vnější teplota pod $+10^{\circ}\text{C}$, potom zahřívání trvá někdy více než 1 hodinu a měření již není plynulé. Při teplotě nižší než 0°C se měření nepodařilo uskutečnit. Vzhledem k těmto okolnostem jsou optimální podmínky pro měření geodimetrem v měsících květnu až červenci. V srpnu již měření bývá omezeno nočními mlhami.

Probíhají-li záměry vysoko nad terénem (50 m a více), je možné a účelné měřit větší délky, a to až 6 km. Budou-li záměry probíhat nízko nad terénem (minimálně asi 2 m), bude vhodné měřit kratší délky (2 až 3 km). Tyto kratší délky připadají v úvahu vždy při měření rajónů nebo délek stran polygonometrického pořadu. Měřené délky je třeba rekognoskovat předem za denního světla, aby byla zajištěna přímá viditelnost.

Obsluha geodimetrů je velmi zdoluhavá, což značně omezuje rychlost měření (ve srovnání např. s telluometrem). Během jedné příznivé observační noci je možno jednu délku zaměřit

geodimetrem NASM-2A s přesností asi ± 6 mm/10 km,

geodimetrem NASM-3 s přesností asi ± 3 cm/5 km.

Tyto hodnoty byly zjištěny při měření v létě 1959 a platí pro měření z měřické rozhledny. Příznivé observační podmínky jsou za tmavých nocí, bez mlhy a při teplotách vyšších než $+10^{\circ}\text{C}$.

Protože konstanty přístroje se mohou měnit, je nutné pro přesné práce tyto konstanty ověřit před zahájením a po skončení prací v terénu. Kontrolní měření provedeme alespoň na jedné délce 1 až 5 km dlouhé, jejíž hodnota je velmi přesně známa.

5. Návrhy na využití geodimetru NASM-3 při geodetických pracích

Geodimetr NASM-3 byl konstruován pro zaměřování dlouhých polygonometrických pořadů, především pro území, kde není vybudována dostatečně hustá síť trigonometrických bodů a kde se má provést fotogrammetrické mapování ve velkém měřítku v úzkém pruhu území, na př. ke stavbě železnice nebo dálnice. Polygonometrický pořad o 15 stranách by překlenul vzdálenost asi 60–80 km, přičemž odchylka na konci pořadu mezi dvěma danými body by pravděpodobně dosáhla hodnoty asi $\pm 0,5$ m. Body tohoto pořadu by byly určeny s přesností $\pm 0,1$ m. Přitom vlastní měření délek by si vyžádalo asi 8 observačních nocí.

Použití geodimetru NASM-3 pro geodetické zabezpečení bojové činnosti vojsk je značně omezeno především povětrnostními vlivy a dále tím, že může být zasazen jenom v noci. Bude vhodné jej použít např. v těchto případech:

1. Zaměření několika základen při budování geodetických sítí v prostorech, kde je řídká síť daných bodů (1 bod/100 km² a méně), nebo kde není k dispozici vůbec žádná síť bodů. Jedním geodimetrem je možné zaměřit za jednu noc maximálně 3 délky s přesností asi ± 8 cm/5 km, při měření ze země.
2. Délkovým měřením ověřovat totožnost trigonometrických bodů na neznámém území a jejich souhlas s ukořistěnými seznamy souřadnic. Jde především o body vhodné pro další rozvinutí geodetické sítě.

V uvedených případech bude často nutné délková měření doplnit astronomickým určením azimutu. Měření mohou probíhat současně v této sestavě:

- a) na jednom koncovém bodě A centricky umístit odrazné zrcadlo;
- b) na druhém koncovém bodě B centricky postavit theodolit k zaměření azimutu z Polárky, popřípadě k zaměření převýšení;
- c) excentricky k theodolitu na kolmici ke spojnici AB, postavit vhodné na tripod geodimetr NASM-3.

Velikost přípustné excentricity, aniž by se změnila měřená délka o 0,1 cm, je zřejmá z této tabulky:

Vzdálenost D	Excentricita e
1 km	1,41 m
2 km	2,00 m
3 km	2,45 m
4 km	2,83 m
5 km	3,16 m

D	e
6 km	3,46 m
7 km	3,74 m
8 km	4,00 m
9 km	4,24 m
10 km	4,47 m

Excentricitu e volíme pokud možno ještě menší, než je uvedeno v tabulce. Kolmici je třeba vytyčit přesně.

Pro geodetické práce v míru je možno využít geodimetr NASM-3 v prostorech, kde není vybudována trig. síť V. řádu a jen zčásti existuje signalizace na bodech vyššího řádu.

Možné řešení pro určení souřadnic bodů:

- a) protínání z délek (měříme minimálně tři určující délky),
- b) protínání z délek a současně měření úhlů (minimálně 2 délky a 2 úhly),
- c) polygonometrické pořady.

Při protínání (případy a) nebo b)) měříme nadbytečný počet prvků, což nám umožní provést vyrovnání nově určovaného bodu a dosáhnout tak lepších výsledků. Jsou-li dané body rozmístěny nepravidelně, budou často účelnější polygonometrické pořady. Pokud se týká hospodárnosti jen z hlediska vynaloženého času na zaměření jednoho bodu, bude případ a) nebo b) méně vhodný než dosavadní způsoby protínání z úhlů, protože si vyžádá 2–3 pracovní dny (noci), požadujeme-li přesnost určení bodu ± 4 cm. Ušetříme však část nákladů, které bychom jinak museli vynaložit na obnovu většího počtu měřických staveb a novou signalizaci. Naopak u polygonometrických pořadů získáme přímo nové body, např. v údolích, kde především požadujeme dostatek přesných bodů.

Pro zaměřování polygonometrických pořadů o délkách stran 1 až 2 km byl vyvinut v posledních letech (kromě jiných dálkoměrů) další menší geodimetr typu NASM-4, který je vhodný pro měření v trojpodstavcové soustavě. Jeho přesnost je udávána ± 2 cm, maximální dosah 3 km.

Datum: 31. VII. 1959

Měřil: inž. mjr. Horník

Sestava odrazných zrcadel: všechna

Napětí: 6,1 V

Intenzita přijatého světla: 11 při $\frac{3}{5}$

Přibližná délka z mapy = 4,0 km

Stanoviště	Označení bodu	Nadmořská výška	Excentricita	Výška nad kamenem	Teplota vzduchu	Tlak vzduchu
Geodimetr Zrcadla	Martinová bod D	197,96	0,14 m-za -kamenem	0,43 m	18,0°C	739,5
		181,22	0,03 m-za kamenem	1,52 m	18,0°C	741,0

F_1	50	45	0	Cíl R = "45"		0
Čas	0 ¹⁸	0 ²¹	0 ²⁵	0 ²⁹	0 ³²	0 ³⁷
1	30,0	69,0	37,0	46,0	45,0	36,5
2	43,0	82,5	24,0	73,0	73,0	26,0
3	46,5	88,0	20,0	78,0	78,5	19,0
4	25,0	65,5	41,5	42,0	41,0	41,5
Součet	144,5	305,0	122,5	239,0	237,5	123,0
Průměr	36,1	76,2	30,6	59,8	59,4	30,8
45-50 =	40,1	0 = 30,7	$R_1 = 59,6$			

F_1	50	45	0	Cíl R = "45"		0
	0 ³²	0 ⁵⁰	1 ⁰⁰	1 ⁰⁵	1 ¹⁰	1 ¹⁵
	30,0	70,5	50,5	40,0	42,5	49,0
	45,0	83,5	39,0	83,0	82,0	37,0
	48,0	90,0	30,0	88,0	89,0	31,0
	25,5	65,5	58,0	37,0	37,0	55,0
	148,5	309,5	177,5	248,0	250,5	172,0
	37,1	77,4	44,4	62,0	62,6	43,0
45-50 =	40,3	0 = 43,7	$R_1 = 62,3$			

Výpočet délky:		F 1	F 2
(1)	$R_1 - 0$	+ 28,9	+ 18,6
(2)	$4,69 : (45-50)$	0,117	0,117
(3)	(2) · (1)	+ 3,38	+ 2,18
(4)	R (hrubé)	44,46	44,46
(5)	$L' = (3) + (4)$	47,84	46,64
(6)	L	47,84	95,42

Opravy:

(17)	Z excentricity stroje	- 0,14
(18)	Z excentricity zrcadel	- 0,03
(19)	Ze sklonu paprsku	-
(20)	Z teploty vzduchu	+ 0,10
(21)	Z tlaku vzduchu	+ 0,03
(22)	Na hladinu moře	- 0,12
(23)	Ze zobrazení	+ 0,20
(24)	Z převýšení	- 0,03
(25)	Součet	+ 0,01

Poznámka:

$$L_1 = L'_1$$

$$L_2 = L'_2 \text{ pro } L'_2 > L'_1$$

$$L_2 = L'_2 + 48,78 \text{ pro } L'_2 > L'_1$$

d: přibližná délka, odečtená z grafu

k: $n_2 - n_1$, odečtené z grafu

(7)	$L_2 - L_1$	47,58
(8)	d (z grafu)	3 950
(9)	k (z grafu)	2
(10)	$n_1 = d : 50$	79
(11)	$n_2 = n_1 + k$	81
(12)	$n_1 \cdot 50,00000$	3 950,00
(13)	$D'_1 = (12) + L_1$	3 997,84
(14)	$n_2 \cdot 48,77771$	3 951,00
(15)	$D'_2 = (14) + L_2$	3 997,64
(16)	$D' = \frac{D'_1 + D'_2}{2}$	3 997,74
(26)	$D = D' + (25)$	3 997,75
	Správná délka	3 997,82
	Rozdíl	+ 0,07 m

6. Závěr

Za vhodných povětrnostních podmínek (tmavá noc, bez mlhy a při teplotě vzduchu vyšší než $+10^{\circ}\text{C}$) je možno jedním geodimetrem NASM-3 za jednu noc zaměřit dva body s přesností asi ± 8 cm. Při rozvinutí vlastní geodetické sítě bude možno geodimetrem NASM-3 zaměřit během jedné noci z jednoho bodu až dvě pomocné základny o délce 5 km, charakterizované relativní chybou asi 1:100 000.

I když se při geodetických pracích zavádějí pro měření délek rádiové a světelné dálkoměry, neznamená to, že úhlová měření budou nahrazena jenom délkovým měřením. Bude třeba vždy uvážit, kdy bude účelné a hospodárné měřit jen délky, kdy bude lepší kombinovat měření délek a úhlů (nejčastější případ), nebo kdy bude nejvhodnější jen úhlové měření.

Literatura:

1. Návod pro používání geodimetru NASM-3 fy AGA, Stockholm-Lidingö.
2. Bayer: Vojenský topografický obzor č. 3-4/1956, str. 469-502.
3. DeLong: Základy elektronických metod v geodesii, SNTL Praha 1957
4. Nevosád: Vojenský topografický obzor č. 1/1959, str. 25 až 64.
5. Lazanov: Geodezija i kartografija č. 2/1959, str. 8 až 12.
6. Kolektiv autorů: Geodezija i kartografija č. 10/1959, str. 3 až 11.

Inženýr podplukovník inž. Boleslav Červinka, VTOPÚ

Obkreslovač leteckých snímků se stereoskopickým pozorováním

Čsl. patent č. 91732

Překreslování mapy z jednoho měřítka do druhého, doplňování mapy podle jiné mapy většího měřítka, opravování či doplňování mapy podle leteckých snímků, přepantografování situačního podkladu do vyměřovacího listu, překreslování situace na leteckých snímcích do daného měřítka, překreslování taktické situace — dešifrované na „čerstvých“ leteckých snímcích — do mapy, pořizování perspektivních obrazů jakéhokoli předmětu nebo krajiny, zvětšování nebo zmenšování zákresů a schémat — to vše je takřka denní úkol kartografie, topografie, fotogrammetrie a topografického zabezpečení.

Plnění vyjmenovaných úkolů nám umožňuje řada přístrojů, jako jsou optické překreslovače, reprodukční fotografické přístroje, projektory založené na principu episkopu nebo epidiaskopu, pantografy, zvětšovací fotografické přístroje, fotografické aparáty aj. Tyto přístroje jsou vesměs nákladné a často i velkých rozměrů, takže jednotlivými druhy jsou vybaveny jen speciální složky vojenské topografické služby. Použití mnohých je vázáno na fotolaboratorní proces. Žádný z těchto přístrojů není do té míry univerzální, aby vystačil na provedení všech vypočítaných úkolů.

Přístroj, pomocí kterého můžeme vykonávat všechny tyto práce — i když v mnoha případech s menší dokonalostí, rychlostí a přesností — je obkreslovač leteckých snímků. Princip přístroje i způsob práce na něm jsou příslušníkům vojenské topografické služby dostatečně známy a není proto nutno je zde opakovat.

I když v dobře zařízených ústavech naší vojenské topografické služby není obkreslovač leteckých snímků takřka používán, neztratil dosud své oprávnění. Svědčí o tom i to, že tento přístroj, založený na principu „camera clara“, je v četných obměnách vyráběn v mnoha zemích doposud a je znám a užíván např. v NDR a NSR pod jménem „Zeiss-Luftbildumzeichner“, v SSSR jako „optický pantograf Staroselského“ nebo „překreslovač Konšinův“, v USA jako „Rectoplanigraf Fairchildův“ nebo jako „Sketchmaster“ aj.

Protože obkreslovač leteckých snímků je přístroj jednoduchý, nenákladný, snadno přenosný, mnohostranně použitelný a dostatečně přesný pro běžné topografické a kartografické práce, bude i nadále s výhodou používán v malých a neúplně zařízených pracovnách, u vojenské topografické služby především při topografickém zabezpečení vojsk.

Dosavadní obkreslovač leteckých snímků má však i některé nedostatky, které předčasně odradí mnohé pracovníky začátečníky od dalšího používání. Tak např.:

a) vlícení snímků do mapy — což je nejčastějším způsobem používání — je pro méně zkušeného pracovníka zdlouhavým úkonem. Naklánění snímkového nosiče (1) není totiž možno provádět na přístroji s dostatečnou jemností ani co do velikosti, ani co do směru sklonu. Sklonem nosiče kolem jedné z úhlopříček čtyřúhelníka daného čtyřmi vlícovacími body je po-

rušován již správně zavedený sklon kolem uhlopříčky předchozí, takže dokonalé ztotožnění všech vřícovacích bodů se zdaří až po více opakovaných pokusech;

b) oko pracovníka pozoruje v přístroji snímek i mapu současně, to znamená, každý obraz zhruba s poloviční jasností a čitelností. Méně výrazná snímková situace buď se zcela ztrácí, nebo je zakreslována s obtížemi a nepřesně;

c) při obkreslování snímkové situace do mapy splývá tmavý hrot tužky s tmavým pozadím snímku. Taková kresba unavuje zrak a je příčinou dalších nepřesností;

d) osvětlení snímku a mapy je nutno velmi pečlivě vyrovnat buď kouřovými filtry nebo vnějším osvětlením, aby se oba obrazy jevíly při pozorování hranolem se stejnou výrazností.

V r. 1951 a 1952 jsem navrhl a s pomocí mechanické dílny VTOPŮ realizoval na obkreslovači fy Zeiss některá pomocná zařízení, která odstraňují nahoře zmíněné nedostatky přístroje a činí obkreslovač pracovníně pohodlnějším a současně i přesnějším. K novým zařízením patří: autokolimační zrcátko, kreslicí stoleček a šikmý nosič pro stereoskopické pozorování.

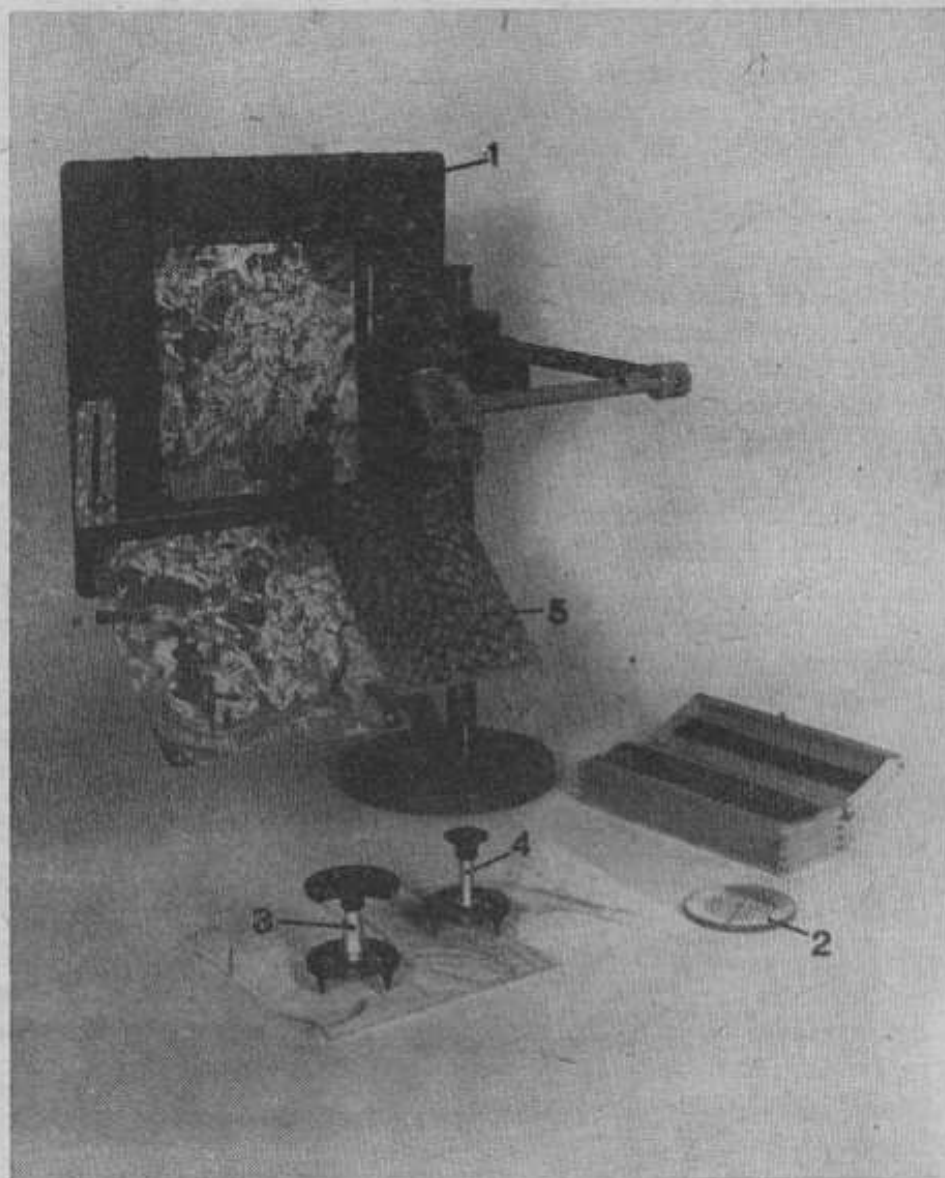
Jemné naklánění snímkového nosiče (1) v žádaném směru a v žádané velikosti bylo vyřešeno autokolimačním zrcátkem (2). Je jím obvyklé kruhové kapesní zrcátko o průměru 8 až 10 cm, na jehož zrcadlové ploše je vyryt nebo zakreslen kříž s několika soustřednými kružnicemi. Střed zrcátka je opatřen otvorem o průměru asi 0,5 cm. Celkový postup při vřícování snímku (předlohy) pomocí zrcátka je shodný s dosavadními návody. Když však byl stanoven podle odchylek na vřícovacích bodech směr a přibližná velikost sklonu snímkového nosiče, přiložíme přibližně na střed snímku zrcátko tak, aby jedno rameno jeho kříže bylo rovnoběžné se spojnicí dvou již ztotožněných bodů. Zrcátko přidržujeme na snímkovém nosiči palci obou rukou. Otvorem hranolu nebo přes okraj hranolu pozorujeme v zrcátku obraz obiléné zadní stěny pouzdra hranolu. Nakloněním snímkového nosiče vychýlíme obraz hranolu v zrcátku do žádaného směru a o odhadnutý počet mezikruží (rozestupy mezikruží na zrcátku jsou voleny tak, aby při pozorovací vzdálenosti 25 cm odpovídalo vychýlení obrazu o jedno mezikruží změně sklonu snímkového nosiče o 1 grad). Po každém provedeném sklonu snímkového nosiče znovu kontrolujeme vzájemné ztotožnění vřícovacích bodů na snímku a podkladu a zavádíme — je-li třeba — další doplňkové náklony. I malé sklony snímkového nosiče jsou prováděny s jistotou co do směru i velikosti¹⁾. Autokolimační zrcátko tak usnadňuje a zrychluje vřícení.

Zvlášť výhodně se uplatní zrcátko v těch případech, v nichž chceme použít obkreslovače jako zvětšovacího nebo zmenšovacího přístroje, např. při zvětšování map a kreseb. Snímkový nosič pak musí být vůči rovině stolu v poloze přesně pravouhlé. Dosud bylo nutno hledat tuto polohu zkusmo podle čtyř vřícovacích bodů. Nyní pomocí zrcátka se soustřednými kruhy nalezneme na principu autokolimace nejprve patu středového pozorovacího paprsku, procházejícího středem kruhového spodního otvoru v pouzdru hranolu, kolmé na rovinu stolu. Pata kolmice je dána takovou polohou zrcátka na stole, při níž se jeví při pozorování hranolem kruhový otvor pouzdra v soustředné poloze s kružnicemi na zrcátku. Pata kolmice je realizována středem zrcátka, tj. jeho otvorem, který nyní promítneme hranolem obkreslovače na snímkový nosič. Pomocí téhož zrcátka, přiloženého středovým otvorem na promítnutý bod, snadno nařídíme i snímkový nosič do polohy kolmé na vodorovný pozorovací směr. Roviny stolu a snímkového nosiče jsou takto přivedeny opticky do rovnoběžné polohy a obkreslovač nyní funguje jako zvětšovací přístroj (optický pantograf). Vřícení předlohy do podkladu záleží v pouhém uvedení předlohy do měřítka podkladu a k tomu stačí pouze dva identické vřícovací body.

¹⁾ Jiný způsob jemného naklánění snímkového nosiče vyřešil M. Döhler na Vysoké škole technické v Drážďanech: snímkový nosič je vmontován do rámu, v němž je pak nakláněn dvojicí šroubů. Výhodou tohoto zařízení je, že otočný kardanický bod sklánění nosiče byl posunut do roviny snímku, a proto sklony nosiče nezavádějí do snímku nežádoucí decentrace. Vyobrazení a popis upraveného obkreslovače jsou uvedeny v [1] na str. 177. Jednodušší zařízení než Döhlerovo a přitom snadno adaptovatelné na naše dosavadní typy obkreslovačů bylo zkonstruováno na katedře fotogrammetrie VA AZ v Brně. Je popsáno ve VTO č. 3—4/1957 Ing. V. Krátkým

Další pomocné zařízení, které zlepšilo viditelnost snímku (předlohy) při obkreslování a zjemnilo vedení tužky, je kreslicí stoleček (3). Je obdobný kreslicímu stolečku u multiplexu až na to, že horní plocha stolečku je černá a nevýsuvná. Podstatnými součástmi stolečku je tedy světelný bod vytvářený žárovečkou, zařízení pro spouštění tužky a pevná kruhová deska stolečku.

Umístíme-li stoleček na podklad, pak ta část snímku, která se promítá zdánlivě na povrch černého stolečku, je pozorována hranolem se stejnou viditelností jako při přímém pozorování, zanedbáme-li ovšem malý úbytek světelnosti při průchodu paprsků hranolem. Při obkreslování jsou proto viditelné i méně výrazné snímkové detaily.



Obr. 1

Světelným bodem stolečku nastavujeme jednotlivé snímkové body nebo sledujeme snímkovou situaci. Tužkou, centricky pod světelným bodem umístěnou, je možno snímkovou situaci obkreslovat nebo kontrolovat správnost či úplnost situace na podkladu. Vedení světelného bodu po snímkové situaci a kresba jsou pohodlné, zrak neunavující a zejména přesnější a jistější než dřívější obkreslování přímo rukou.

Při vlícování snímku (předlohy) na podklad s použitím stolečku postupujeme takto: Nejprve vlícujeme snímek na body podkladu, zpravidla bez pomoci stolečku. Po dostatečně správném vlícení zvedneme nosič snímku o výšku stolečku a měřítko i zavedený sklon nosiče zkontrolujeme a popř. i zpřesníme při nastavení stolečku postupně na všechny vlícovací body. Pro-

tože časté přestavování stolečku prodlužuje dobu vličení, používá se někdy ještě dalšího, tzv. nastavovacího stolečku (4). Ten je jednodušší (nemá zařízení pro spouštění tužky), musí mít však s prvním stejnou výšku.

U prozatímně používaných stolečků (viz obrázek) je světlo žárovečky nahrazeno lesklou kuličkou o průměru asi 1 mm. Kulička vytváří - odrazem světla deňního nebo umělého - dostatečně výrazný světelný bod. Výhodou takové realizace světelného bodu je, že stoleček není závislý na zdroji elektrického proudu. Nedostatkem pak je, že při posouvání stolečku na podkladu se mění směr pozorování a tudíž poněkud i poloha zrcadličího se světelného bodu na kuličce. Avšak posun světelného bodu na kuličce je vzhledem k jejímu malému průměru zcela nepatrný a zkreslený tím způsobený je částečně kompenzováno již při úpravě měřítka.

Při používání kreslicího stolečku není nutno pečlivě vyrovnávat osvětlení snímku a podkladu, a proto zpravidla nevkládáme do pouzdra hranolu zatemňovací filtry. Používáme jich jen při perspektivní kresbě silně osvětleného předmětu nebo krajiny a vkládáme je pak směrem k předmětu. Při takovém způsobu používání obkreslovače odmontujeme předem jeho svislý nosič snímku.

Používání zaostřovacích dioptrických čoček zjednodušujeme často tak, že snímek dáváme pokud možno vždy do vzdálenosti zřetelného vidění, tj. $p_1 = 20$ až 30 cm, při níž není nutno vkládat směrem ke snímku dioptrické čočky. Ty vkládáme²⁾ jen směrem k podkladu (stolečku), jestliže tato pozorovací vzdálenost p_2 je odlišná od p_1 .

Při obkreslování snímkové situace setkává se pracovník na obkreslovači s touto potíží: Z jednotlivého snímku není možno vyčíst výškové členění terénu a identifikovat některé předměty výškového rozměru. To má za následek, že zakreslení mnohých důležitých topografických údajů, jako roklí, náspů a terénních stupňů, bývá při práci na obkreslovači opomíjeno. Naproti tomu často zakreslí vyhodnocovatel na obkreslovači místo správného obrysu předmětu jeho stín, který bývá na snímku výrazněji zobrazen než předmět sám (viz např. stín na okraji lesa, stín budov a jednotlivých stromů). Detailní zákres sídlišť, ulic a domovních bloků je bez současného stereoskopického pozorování takřka nemožný. Tento nedostatek monokulárního pozorování na obkreslovači leteckých snímků odstraňuje pomocné zařízení pro stereoskopické pozorování.

Jeho podstatnou součástí je šikmý nosič snímku, ukládaný pod svislý nosič snímku. Šikmý nosič je možno ve dvou drážkách posouvat nahoru nebo dolů a tak měnit jeho vzdálenost vůči hranolu. Snímek na svislém nosiči vlićujeme na podklad obvyklým způsobem. Po ztotožnění snímků s podkladem připevníme ke svislému nosiči pomocí dvou šroubů šikmý nosič (5) do takové polohy, aby pozorovací vzdálenost od hranolu k oběma nosičům byla přibližně stejná. Na šikmý nosič umístíme levý (pravý) snímek stereoskopické dvojice tak, aby identická situace obou snímků byla ve směru svislém pod sebou. Pravým (levým) okem pozorujeme snímek na svislém nosiči přes hranol, levým (pravým) okem pak přímo snímek na šikmém nosiči. Protože oba směry pozorování - skutečný i zdánlivý - směřují k souhlasné situaci na obou snímcích, vnímáme snímkovou situaci stereoskopicky. Jeví-li se identická snímková situace nad sebou, odstraňujeme tuto příčnou paralaxu posunem nebo mírným pootočením snímku na šikmém nosiči.

Stereoskopické pozorování na obkreslovači³⁾ přináší tytéž výhody jako pozorování dvojice snímků pod stereoskopem, tj. umožňuje zakreslovat i takovou situaci, kterou by nebylo možno buď vůbec rozpoznat nebo identifikovat jen nepřesně. Je však nutno připomenout, že i při

²⁾ Optickou lámavost předsádkové čočky v dioptriích D vypočtem ze vztahu

$$D = \frac{100}{p_2} - \frac{100}{p_1}$$

Je-li např. $p_1 = 25$ cm, $p_2 = 40$ cm, pak směrem k podkladu zasuneme čočku o lámavosti $-1,5$ dioptrie.

³⁾ Stereoskopické pozorování na obkreslovači bylo vyřešeno složitějším způsobem i ve Fotogramm. ústavu Vysoké technické školy v Hannoveru. Zde za pozorovací hranol byl vřazen zrcadlový stereoskop. Levý snímek, nutný pro získání stereoskopického vjemu, je ukládan na nosič umístěný svisle vlevo od dosavadního snímkového nosiče. Na stůl je promítán a obkreslován snímek pravý. Popis, vyobrazení a výhody tohoto „Stereo-Luzu“ jsou publikovány v časopise „Zeitschrift für Vermessungswesen“ č. 9/53.

tomto stereoskopickém pozorování zůstává obkreslování na obkreslovačí metodou jednosnímkovou. To znamená, že posuny bodů na snímku vlivem převýšení terénu nejsou při obkreslování vylučovány. Světelný bod kreslicího stolečku sleduje totiž situaci jen toho snímku, který je umístěn na svislém nosiči. Snímek na šikmém nosiči se jen spoluúčastní na vytváření stereoskopického efektu. Proto i eventuální méně dokonalá orientace snímku na šikmém nosiči do stereoskopického vjemu nemá vliv na přesnost obkreslované situace. Je jen nutno dbát na to, aby snímek na šikmém nosiči byl pozorován poněkud s menší jasností než snímek na svislém nosiči. To uskutečníme jednoduchým vložením zatemňovací fólie na snímek šikmého nosiče.

Při používání pomocného zařízení pro stereoskopického vidění zůstává možnost překreslení snímku do určitého měřítka zachována. Snímek na svislém i šikmém nosiči dáváme zásadně do vzdálenosti 20 až 30 cm od hranolu. Dioptrické vyrovnávací čočky je nutno vkládat bezpodmínečně jen směrem ke kreslicímu stolečku podle zásady uvedené v poznámce ad 2).

Není-li k dispozici stereoskop, může být takto adaptovaného obkreslovače používáno ke stereoskopickému pozorování dvojic.

Novými pomocnými zařízeními, tj. zrcátkem, kreslicím stolečkem, šikmým nosičem pro stereoskopické pozorování, byl vybaven ve VTOPÚ jen obkreslovač typu Zeiss. Jmenovaná zařízení je však možno adaptovat a používat i u ostatních typů obkreslovačů založených na principu „camera clara“. Zařízení usnadňují práci na obkreslovači, zvyšují rychlost a přesnost vličení i samotného obkreslování a ještě více rozšiřují univerzálnost obkreslovačů.

Pomocí adaptovaného obkreslovače je možno překreslovat snímky rovinného území se střední chybou $\pm 0,3$ až $\pm 0,4$ mm a „přepantografovat“ mapové předlohy s chybou ne větší než $\pm 0,3$ mm. Přístroj tedy vyhoví požadavkům přesnosti běžných kartografických, topografických a fotogrammetrických prací.

Literatura:

1. Buchholtz: Photogrammetrie, Berlin 1954
2. Luftbildumzeichner, Zeiss - Jena 1957 (firemní prospekt)
3. Zlepš. návrhy autora č. 1/1951, 2/1951, 3/1952 - VTOPÚ

Inž. major Erhart S r n k a, VAAZ

Přesnost délek a úhlů měřených na topografických mapách 1:25 000

Úvod

Měření délek a úhlů na topografických mapách patří k základním a nejběžnějším kartometrickým pracím. Z topografických map se velmi často zjišťují různé vzdálenosti bodů nebo velikosti směrnic (azimutů) daných směrů v terénu. Při těchto měřeních je často potřebné znát, jaká je pravděpodobná přesnost kartometricky určených hodnot.

Velký význam má znalost přesnosti délek a úhlů měřených na nových topografických mapách 1:25 000. Topografické mapy 1:25 000 jsou v současné době mapovým dílem největšího měřítka, souvisle pokrývajícím celé území ČSSR a pro převážnou část kartometrických měření jsou dnes nejvhodnějším podkladem.

Otázka přesnosti topografických map 1:25 000 byla již zkoumána a výsledky studia deformace mapového papíru, přesnosti kilometrových sítí, polohové přesnosti obecných bodů mapové kresby a výškové přesnosti vrstevnic jsou uvedeny v části [2].

Rozbor přesnosti délek a úhlů měřených na topografických mapách 1:25 000 navazuje na výsledky uvedeného studia a je jeho pokračováním a dalším prohloubením.

I. Použitý způsob rozboru přesnosti

Při rozboru přesnosti kartometricky měřených délek a úhlů bylo nejdříve použito teoretického výpočtu vycházejícího z hodnot uvedených v [2]. Podle zákona hromadění chyb jsou vyvozeny střední chyby v měřené vzdálenosti dvou bodů a v měřeném úhlu (směrníků) na mapě. Přitom je uvažována možnost graficko-analytického i grafického určení vzdálenosti nebo směrníku z topografické mapy.

Graficko-analytický způsob záleží v grafickém odsunutí souřadnic koncových bodů délky od nejbližších kilometrových čar na mapě a vzdálenost nebo směrník spojnice obou bodů jsou pak určeny početně. Tento způsob se zvláště uplatní, bude-li kartometricky určována vzdálenost nebo směrník spojnice dvou bodů, z nichž každý leží na jiném mapovém listě.

Při grafickém způsobu jsou vzdálenosti nebo směrník přímo z mapy odměřeny. Tento způsob bude použit zvláště tehdy, je-li měření omezeno na plochu jednoho mapového listu. Výpočty uvažující tento způsob určení vzdálenosti nebo směrníku byly proto omezeny jen pro maximální délky, které se mohou vyskytnout při měření na ploše jednoho mapového listu 1:25 000 (asi 12 km). Je zřejmé, že uvahy o přesnosti přímého měření větších délek na soulepech mapových listů ztrácejí opodstatnění, neboť při běžném slepování mapových listů v praxi vznikají chyby, které nelze přesně sledovat.

Výsledky teoretického rozboru přesnosti graficky měřených délek a úhlů byly ještě ověřeny praktickým měřením na topografických mapách 1:25 000. Bylo porovnáno 414 délek a tentýž počet směrníku měřených na topografických mapách 1:25 000 běžnými měřicími pomůckami, s odpovídajícími délkami a směrníky vypočtenými na podkladě geodetického mě-

ření v terénu. K tomu bylo využito geodeticky určených souřadnic 480 situačních bodů (předmětů) v terénu, zobrazených na 30 různě položených mapových listech 1 : 25 000 (celková plocha asi 2500 km²). Geodetická měření přitom byla naprosto nezávislá na měřeních prováděných při vyhotovování map 1 : 25 000. (Uvedené body byly rovněž využity při studiu polohové přesnosti map 1 : 25 000 [2]).

Z geodetických souřadnic těchto bodů byly vypočteny vzdálenosti nahodile vybraných bodových dvojic a směrníky jejich spojnice. Vypočtené hodnoty byly považovány za bezvadné a porovnány s hodnotami kartometrickými. Z rozdílu hodnot byly vypočítány střední chyby a při vyhodnocení výsledků bylo přihlédnuto rovněž k rozdělení chyb.

Výsledky získané teoretickým rozbořem a praktickým měřením na mapách byly posléze porovnány a vyvozeny celkové závěry o přesnosti délek a úhlů měřených na topografických mapách 1 : 25 000.

II. Teoretický rozbor přesnosti délek a úhlů

Vstupní hodnoty

Střední chyby délky D na mapě, způsobené deformací mapového papíru (podle [2]) ve směru poledníků:

$$m_p = \pm 0,00135 D \quad (1)$$

ve směru rovnoběžek:

$$m_i = \pm 0,00077 D, \quad (2)$$

kde za D dosazujeme v metrech, m_p a m_i vycházejí rovněž v metrech.

Střední chyby v poloze obecného bodu polohopisu mapy (podle [2]) ve směru osy X:

$$m_x = \pm 8,5 \text{ metru (0,35 mm na mapě 1 : 25 000)} \quad (3)$$

ve směru osy Y:

$$m_y = \pm 8,8 \text{ metru (0,34 mm)} \quad (4)$$

Pro vlastní měření souřadnic bodů, délek a směrníků na mapových listech bylo předpokládáno použití běžných pomůcek (prismatické pravítka, celuloidový úhloměr o poloměru asi 12 cm) a pečlivé, avšak rychlé měření, které by co nejvíce odpovídalo provádění těchto prací v praxi. Na základě řady měření s uvedenými pomůckami byly stanoveny tyto střední chyby vlastního měření na mapách:

Střední chyba v odměření vzdáleností dvou situačních bodů:

$$m_D = \pm 5 \text{ metrů (0,2 mm)} \quad (5)$$

Střední chyba v odměření souřadnic bodů od kilometrových čar:

$$m_x = m_y = \pm 5 \text{ metrů} \quad (6)$$

Střední chyba v odměření směrníku:

$$m_\alpha = \pm 10' \quad (7)$$

Přesnost měřené délky

V dalším výpočtu uvažujeme nejprve graficko-analytický způsob zjištění délky z mapy, kdy jsou odsunuty souřadnice koncových bodů od nejbližších kilometrových čar a délka je pak ze souřadnic vypočtena.

Na ploše jednoho kilometrového čtverce na mapovém listě se neprojeví deformace mapového papíru a přesnost zjištěné délky bude v tomto případě závislá jen na polohové přesnosti obou koncových bodů a na přesnosti odsunu jejich souřadnic z mapy.

Určíme nejprve vliv chyb v poloze obou koncových bodů na délku jejich spojnice. Pro výpočet vzdálenosti D dvou bodů z rozdílů jejich souřadnic platí

$$D^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2$$

Diferencujeme-li tento výraz a přejdeme-li na střední chyby, dostáváme

$${}^1m_D^2 = \frac{\Delta x^2 m^2_{\Delta x} + \Delta y^2 m^2_{\Delta y}}{D^2}$$

Mezi středními chybami v souřadnicích bodů a středními chybami rozdílů souřadnic platí vztahy

$$m^2_{\Delta x} = 2 m_x^2 \quad m^2_{\Delta y} = 2 m_y^2,$$

takže dostáváme

$${}^1m_D^2 = \frac{\Delta x^2 2 m_x^2 + \Delta y^2 2 m_y^2}{D^2}$$

Dosadíme-li nyní do tohoto vzorce hodnoty středních chyb v poloze bodů dané výrazy (3) a (4), ve kterých pro zjednodušení položíme

$$m_x = m_y = \pm 8,6 \text{ metru},$$

obdržíme po vyčíslení střední chybu měřené délky, způsobenou nepřesností koncových bodů:

$${}^1m_D = \pm 12,1 \text{ metru.} \quad (8)$$

Obdobně bychom vypočítali střední chybu měřené délky, způsobenou nepřesností při odsunování souřadnic koncových bodů délky od kilometrových čar.

Přesnost odsunu souřadnic byla dána středními chybami danými vzorci (6)

$$m_x = m_y = \pm 5 \text{ metrů}$$

a střední chyba při výpočtu délky, způsobena nepřesností při odsunu souřadnic koncových bodů délky, pak vychází

$${}^2m_D = \pm 7,1 \text{ metru.} \quad (9)$$

Uvažujeme-li působení obou chyb daných výrazy (8) a (9), vychází výsledná střední chyba délky určené graficko-analytickým způsobem

$${}^1M_D = \pm \sqrt{{}^1m_D^2 + {}^2m_D^2} = \pm 14,0 \text{ metrů} \quad (10)$$

Uvažujme dále případ, že vzdálenost dvou bodů je na mapovém listě přímo změřena. V tomto případě bude střední chyba měřené délky závislá na polohové přesnosti obou koncových bodů, na deformaci mapového papíru a na přesnosti vlastního odsunu délky.

Střední chyba v měřené délce způsobená chybami v poloze koncových bodů byla již určena výrazem (8).

Vyvodíme dále střední chybu v měřené délce způsobenou deformací mapového papíru.

Střední chyby délek ve směru poledníků a rovnoběžek na mapovém listě byly dány výrazy (1) a (2). V těchto dvou směrech nastává extrémní deformace mapového papíru. Střední chybu délky v obecném směru lze vyvodit, budeme-li na deformaci papíru pohlížet obdobně jako na kartografické zkreslení. Přitom vzhledem k meridiánové konvergenci v Gaussově-Krügerově zobrazení se nedopustíme prakticky chyby, ztotožníme-li osy elips zkreslení mapového obrazu způsobeného deformací papíru nikoli s poledníky a rovnoběžkami, ale s kilometrovými čarami. Na velikost středních chyb délky v obecném směru nemá tato záměna prakticky vliv.

Považujme směry kilometrových čar za osy (hlavní paprsky) elips zkreslení mapového obrazu, způsobeného deformací papíru. Střední chyba délky spojnice dvou bodů o směrníku α , způsobená deformací mapového papíru, pak bude

$${}^3m_D = \pm \sqrt{m_p^2 \cos^2 \alpha + m_r^2 \sin^2 \alpha} \quad (11)$$

Do výpočtu střední chyby délky určené grafickým způsobem je nutno ještě zahrnout vliv nepřesnosti vlastního měření délky, stanovený rovnicí (5)

$$m_D = \pm 5 \text{ metrů.}$$

Podle zákona hromadění chyb obdržíme výslednou střední chybu odsunuté délky na mapě

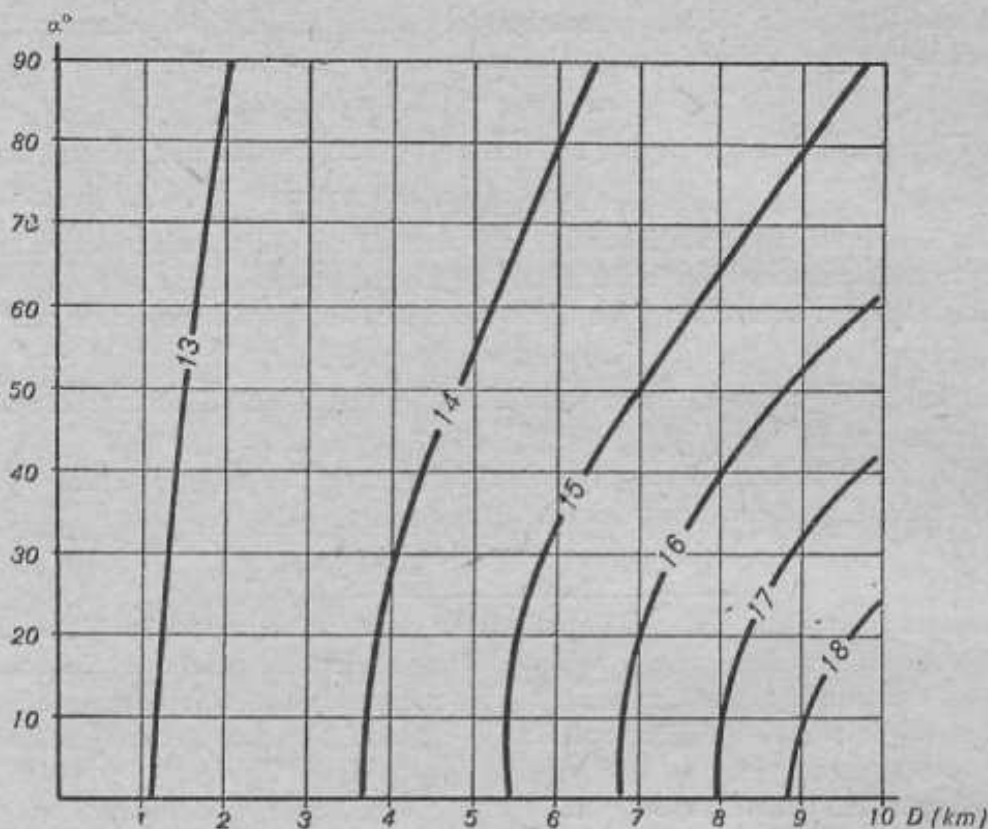
$${}^2M_D = \pm \sqrt{{}^1m_D^2 + {}^3m_D^2 + m_D^2}$$

a po dosazení z výrazů (8), (11) a (5), bude

$${}^2M_D = \pm \sqrt{12,1^2 + 5^2 + D^2 (0,00135^2 \cos^2 \alpha + 0,00077^2 \sin^2 \alpha)} \quad (12)$$

Vzorec ukazuje, že velikost střední chyby v odsunutě délce je závislá na vzdálenosti bodů i směrníku jejich spojnice. Tato závislost je graficky vyjádřena v obr. 1, ve kterém jsou v pravouhlé soustavě souřadnic vyneseny na jednu osu hodnoty délek D , na druhou osu hodnoty směrníků α a pro hodnoty středních chyb 2M_D jsou sestrojeny grafy závislosti s intervalem po jednom metru.

Obraz ukazuje, že na ploše jednoho mapového listu lze očekávat střední chybu odměřené délky v hodnotě asi od ± 13 až ± 20 metrů (což činí $\pm 0,5$ až $\pm 0,8$ mm v měřítku mapy 1 : 25 000). Chyba roste s měřenou délkou a dosahuje maximálních hodnot při $\alpha = 0^\circ$ (180°) a minimálních při $\alpha = 90^\circ$ (270°).



Obr. 1

Při teoretických úvahách o přesnosti délek měřených na mapách 1 : 25 000 je nutno ještě pamatovat na vliv použitého matematického zobrazení na přesnost zjištěných hodnot. Tento vliv má systematický charakter a je jednoznačně dán matematickými vztahy Gaussova-Krügerova zobrazení. V této studii není proto uvažován.

Přesnost měřeného směrníku

Přesnost směrníku určeného z mapy graficko-analytickým způsobem bude opět závislá na polohové přesnosti bodů, jimiž je proložen daný směr, a na přesnosti vlastního odsunu souřadnic bodů.

Určíme nejprve vliv chyb v poloze obou bodů na směrník jejich spojnice. Směrník je určen výrazem

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Diferencujeme-li tento výraz a dosadíme-li pak v něm za

$$\Delta x = D \cos \alpha \quad \Delta y = D \sin \alpha,$$

dostaneme po přechodu na střední chyby výraz

$$^1m_\alpha^2 = \frac{m^2 \Delta y \cos^2 \alpha + m^2 \Delta x \sin^2 \alpha}{D^2} :$$

Po dosazení za

$$m^2 \Delta x = 2 m_x^2 \quad m^2 \Delta y = 2 m_y^2$$

vychází

$${}^1 m_\alpha^2 = \frac{2 m_y^2 \cos^2 \alpha + 2 m_x^2 \sin^2 \alpha}{D^2}$$

Dosadíme-li do tohoto vzorce za

$$m_x = m_y = \pm 8,6 \text{ metru,}$$

dostaneme po vyčíslení střední chybu směrníku (v minutách), způsobenou nepřesností polohy bodů, jimiž je směr proložen:

$${}^1 m'_\alpha = \pm \frac{12,1}{D} \varrho' \quad (13)$$

Přesnost graficko-analyticky určeného směrníku je dále závislá na přesnosti odsunu souřadnic bodů, stanovené středními chybami (6). Obdobným výpočtem jako v předcházejícím případě obdržíme střední chybu zjištěného směrníku, způsobenou nepřesností při odsunu souřadnic bodů jimiž je směr proložen:

$${}^2 m'_\alpha = \pm \frac{7,1}{D} \varrho' \quad (14)$$

Uvažujeme-li působení obou chyb daných výrazy (13) a (14), vychází výsledná střední chyba směrníku (v minutách) určeného graficko-analytickým způsobem

$${}^1 M_\alpha = \pm \sqrt{{}^1 m_\alpha^2 + {}^2 m_\alpha^2} = \pm \frac{14,0}{D} \varrho' \quad (15)$$

Výsledek ukazuje, že s růstem vzdálenosti bodů chyba ve směrníku klesá. Přibližné velikosti střední chyby pro některé délky D , ukazuje tabulka:

D (v metrech)	${}^1 M_\alpha$
1 000	49'
5 000	10'
10 000	5'
50 000	1'

V dalším výpočtu uvažujme, že směrník je na mapě přímo změřen. V tomto případě bude jeho přesnost závislá na polohové přesnosti bodů, jimiž je směr proložen, na deformaci mapového papíru a na přesnosti vlastního odsunu směrníku z mapy.

Střední chyba ve směrníku, způsobená chybami v poloze bodů, jimiž je směr proložen, byla již určena výrazem (13).

Dále vyvodíme střední chybu v měřeném směrníku, způsobenou deformací mapového papíru. Při výpočtu vyjdeme opět ze středních chyb daných výrazy (1) a (2) a na deformaci papíru budeme pohlížet jako na kartografické zkreslení. Při záměně směru poledníků a rovnoběžek za směry kilometrových čar bude střední chyba směrníku

$${}^3 m_\alpha = \pm \sqrt{\frac{m_p^2 \sin^2 \alpha + m_r^2 \cos^2 \alpha}{D^2}} \quad (16)$$

Posléze je nutno do výpočtu zahrnout střední chybu vlastního odsunu směrníku z mapy, danou rovnicí (7)

$$m_\alpha = \pm 10' \text{ (v obloukové míře } 0,00291 \varrho').$$

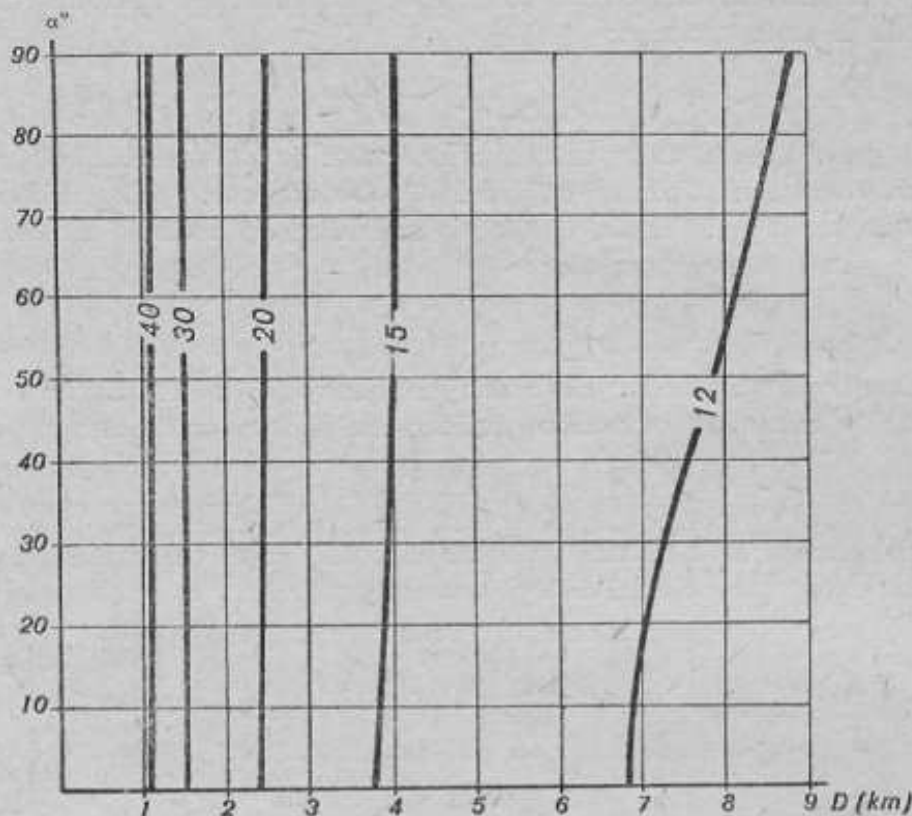
Podle zákona hromadění chyb obdržíme výslednou střední chybu odsunutého směrníku z mapy

$${}^3 M_\alpha = \pm \sqrt{{}^1 m_\alpha^2 + {}^3 m_\alpha^2 + m_\alpha^2}$$

a po dosazení z výrazu (13), (16) a (7) dostaneme

$$^2M_\alpha = \pm \varrho' \sqrt{\frac{12,1^2}{D^2} + 0,00135^2 \sin^2 \alpha + 0,00077^2 \cos^2 \alpha + 0,00291^2} \quad (17)$$

Závislost střední chyby v odsunutém směrníku na vzdálenosti bodů a na velikosti směrníku vyjádřena tímto vzorcem je graficky ukázána v obr. 2. V tomto obrazu jsou opět na jednu osu vyneseny hodnoty D a na druhou hodnoty α a pro střední chyby $^2M_\alpha$ hodnot $\pm 40'$, $\pm 30'$, $\pm 20'$, $\pm 15'$, $\pm 12'$ jsou sestrojeny jednotlivé grafy závislosti.



Obr. 2

Výsledný vzorec a obr. 2 ukazují, že na ploše jednoho mapového listu a při měření vzdáleností 1–12 km lze očekávat střední chybu v měřeném směrníku v hodnotě asi $\pm 11'$ až $\pm 40'$. Chyba klesá s rostoucí vzdáleností bodů, jimiž je směr proložen, a je jen nepatrně závislá na velikosti směrníku.

Při rozboru přesnosti směrníků měřených na topografických mapách je nutno si ještě všimnout zakreslení úhlů v Gaussově-Krügerově zobrazení. Na rozdíl od zakreslení délek dosahuje zakreslení úhlů velmi malých hodnot. Je nutno k němu přihlížet jen při velkých vzdálenostech bodů a náročných požadavcích na přesnost zjištěného směrníku.

III. Praktické ověření přesnosti délek a úhlů měřených na mapách 1:25000

Teoretické výpočty vycházející z výsledku studia přesnosti polohopisu a deformace mapového papíru podle [2] byly ověřeny praktickými měřeními délek a směrníků na mapových listech 1:25000. Jelikož byly k dispozici geodeticky určené rovinné pravoúhlé souřadnice různých situačních bodů v terénu, určených nezávisle na mapování v měřítku 1:25000 (převážně vlivovací body pro současné mapování v měř. 1:10000), bylo možno část z nich v listech 1:25000. Jelikož byly k dispozici a odsunovat vzájemné vzdálenosti různých bodů a směrníky jejich spojnice. Porovnáním přesných (vypočtených z geodetických souřadnic) vzdáleností bodů a směrníků jejich spojnic se vzdálenostmi a směrníky odsunutými z mapy bylo možno stanovit rozdíly přesných a odsunutých hodnot a vypočítat z nich střední chyby měřených délek a úhlů.

Celkem takto bylo porovnáno 414 délek a 414 směrniců na 30 mapových listech 1 : 25 000

M-33-41-C-a	M-33-77-B-c
42-C-a	87-C-d
53-A-c, d	87-D-a, c, d
53-C-a, b, c, d	91-A-a
62-B-d	91-B-a
62-C-d	92-C-a
65-C-d	99-B-a, b, d
65-D-c	100-A-b
74-D-a, b	118-A-a, c
76-D-a, b	

Podle dřívějšího zdůvodnění bylo kartometricky měřeno vždy jen na plochách jednotlivých mapových listů 1 : 25 000. (Mapové listy nebyly k sobě přikládány ani slepovány).

Výsledky získané teoretickým rozbořem ukázaly závislost středních chyb na velikosti graficky zjišťovaných délek i směrniců. Při praktickém měření na topografických mapách byly proto ověřované délky i směrnice tříděny podle velikosti do skupin. Celkem bylo vytvořeno těchto 9 skupin:

Skupina	D (km)	α^0
1	0 – 2,5	0 – 30
2	0 – 2,5	30 – 60
3	0 – 2,5	60 – 90
4	2,5 – 5	0 – 30
5	2,5 – 5	30 – 60
6	2,5 – 5	60 – 90
7	nad 5	0 – 30
8	nad 5	30 – 60
9	nad 5	60 – 90

Směrnice jsou uvedeny jen v rozsahu 0–90°, neboť je zřejmé vzhledem k charakteru deformace map papíru, že průběh růstu středních chyb je ve všech čtyřech kvadrantech symetrický k osám souřadnic.

V každé skupině bylo zvlášť sledováno rozdělení chyb a počítány střední chyby. Přehledy o rozdělení chyb spolu s vypočtenými středními chybami tak poskytují dostatečné informace o přesnosti délek a směrniců měřených na topografických mapách 1 : 25 000.

Přesnost měření délek

Přehled o rozdělení chyb kartometricky měřených délek podávají sloupcovité obrazce četnosti (histogramy) obr. 3, které jsou sestaveny zvlášť pro každou skupinu podle rozdělení uvedeného v předcházející tabulce. V obrazcích je zvolen třídní interval rovný 15 metrům. Na osu X jsou vyneseny základny jednotlivých sloupců podle stanoveného třídního intervalu, ve směru osy Y jsou vyneseny četnosti chyb.

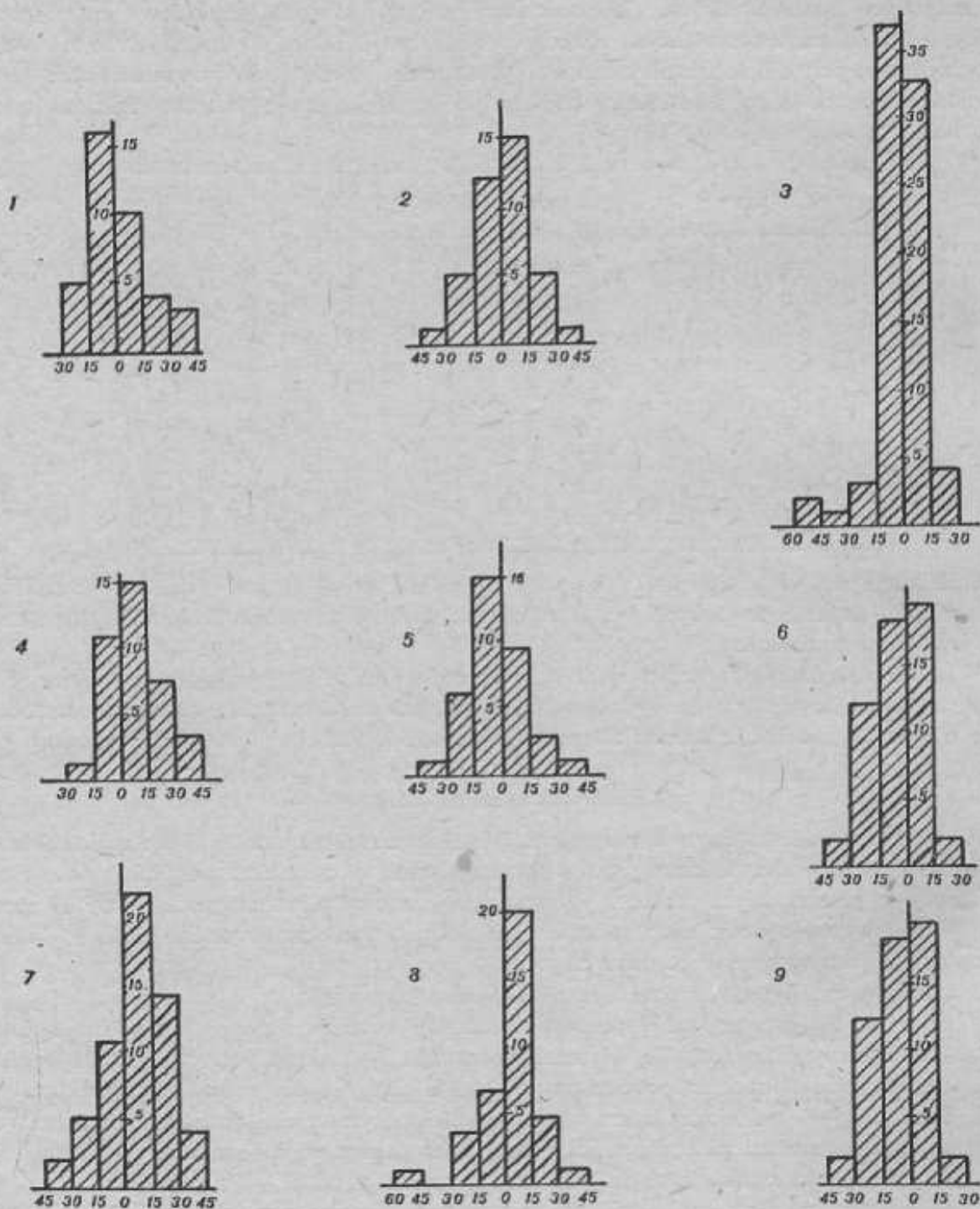
Z tvaru histogramu je možno vyvodit některé poznatky:

U délek do 2,5 km se jeví v podstatě normální rozdělení chyb při všech hodnotách směrniců (histogramy číslo 1, 2, 3). Výsledek potvrzuje, že u krátkých vzdáleností bodů, kdy se ještě neuplatní deformace mapového papíru, mají chyby zcela nahodilý charakter.

U délek 2,5 – 5 km a nad 5 km se jeví určité nesymetrické rozdělení chyb pravděpodobně způsobené převahou případů srážky mapového papíru ve směru sever – jih (histogram č. 4 a zvláště č. 7) a naopak roztažení papíru ve směru východ – západ (histogram č. 6). U ostatních histogramů není asymetričnost tak typická a nelze z nich, vzhledem k počtu měření, činit konkrétnější závěry.

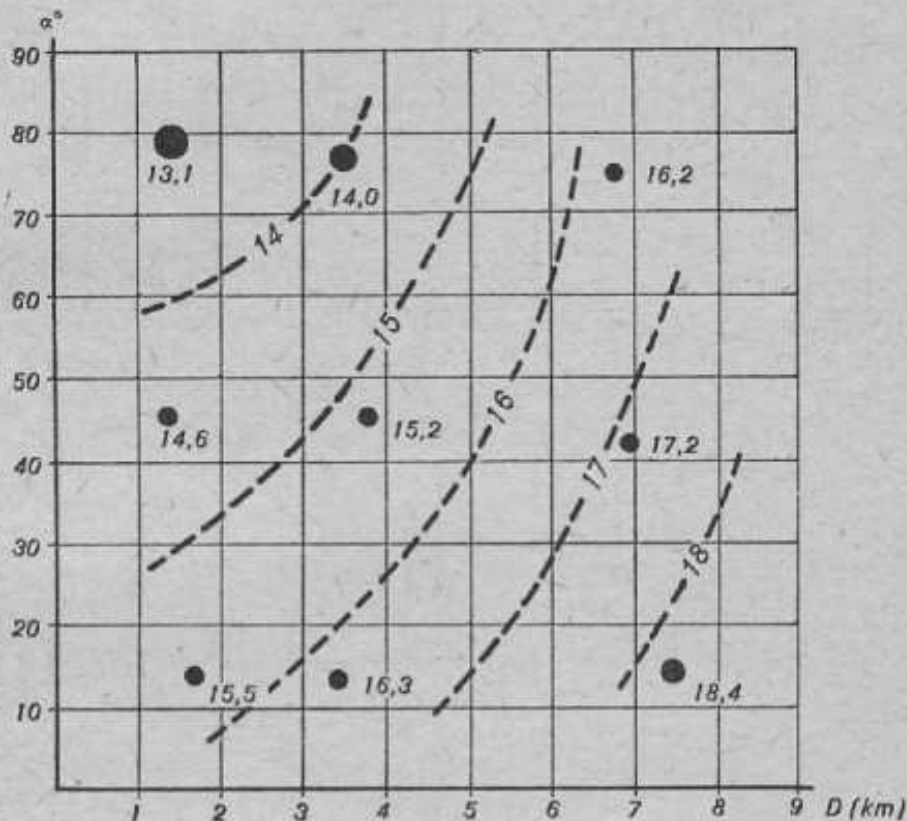
V jednotlivých skupinách byly vypočteny tyto chyby:

Skupina	Počet měření	Střední chyba délky (v metrech)
1	39	15,5
2	38	14,6
3	80	13,1
4	36	16,3
5	35	15,2
6	54	14,0
7	59	18,4
8	38	17,2
9	35	16,2



Obr. 3

Grafický přehled o závislosti středních chyb na velikosti délek a směrniců podává obr. 4. Podobně jako na obr. 1 jsou na jednu osu vysazeny hodnoty délek, na druhou hodnoty směrniců. Polohy vypočtených středních chyb jednotlivých skupin jsou do soustavy souřadnic vyneseny podle aritmetických průměrů všech délek a směrniců spadajících do dané skupiny. Velikosti kroužků schematicky znázorňují množství měření, ze kterého byla střední chyba vypočtena. Mezi hodnotami vynesenech středních chyb jsou pak interpolací zobrazeny křivky stejných hodnot středních chyb v měřené délce s intervalem jednoho metru.



Obr. 4

Z obrazu je patrné, že výsledky získané při praktickém měření délek se v podstatě shodují s výsledky teoretického výpočtu (obr. 1). Oba výsledky shodně potvrzují, že velikost střední chyby měřené délky na ploše jednoho mapového listu se pohybuje v mezích asi ± 13 až ± 20 metrů. Dále shodně potvrzují, že velikost střední chyby měřené délky stoupá s velikostí délky a naopak klesá s velikostí směrníku.

Přesnost měřeného směrníku

Přehled a rozdělení chyb směrníků měřených na topografických mapách podávají histogramy obr. 5 s třídním intervalem 20'.

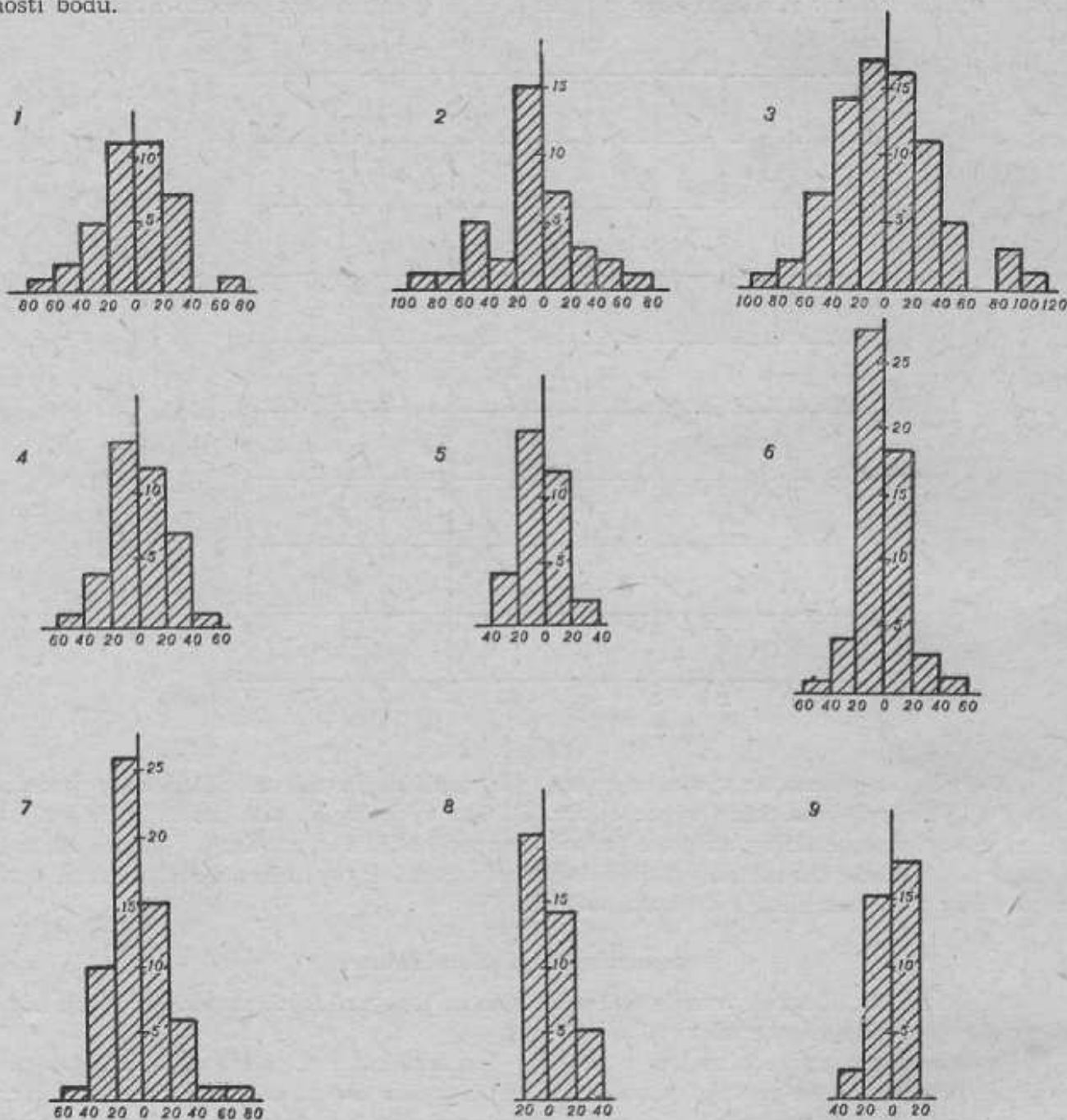
Ve všech histogramech se jeví v podstatě normální rozložení chyb. Výsledek tak plně potvrzuje předpoklad, že převaha případů srážky mapového papíru ve směru sever - jih a naopak roztažení papíru ve směru východ - západ nemůže podstatně ovlivňovat hodnotu směrníku měřeného z mapy.

V jednotlivých skupinách byly vypočteny střední chyby:

Skupina	Počet měření	Střední chyba směrníku (v minutách)	Skupina	Počet měření	Střední chyba směrníku (v minutách)
1	39	33	6	54	17
2	38	44	7	59	19
3	80	45	8	38	15
4	36	20	9	35	11
5	35	16			

Přehled o závislosti středních chyb na velikosti délek a směrniců podává obr. 6, který je konstruován obdobně jako obr. 4. Interpolací jsou zakresleny křivky stejných hodnot středních chyb směrniců měřených na ploše jednoho mapového listu.

Obraz 6 opět potvrzuje správnost teoretických závěrů. Na ploše jednoho mapového listu při vzdálenostech bodů, jimiž je směr proložen, větších než 1 km, dosáhne střední chyba měřeného směrnicu hodnot asi od $\pm 10'$ do $\pm 50'$. Střední chyba klesá s rostoucí vzdáleností bodů.



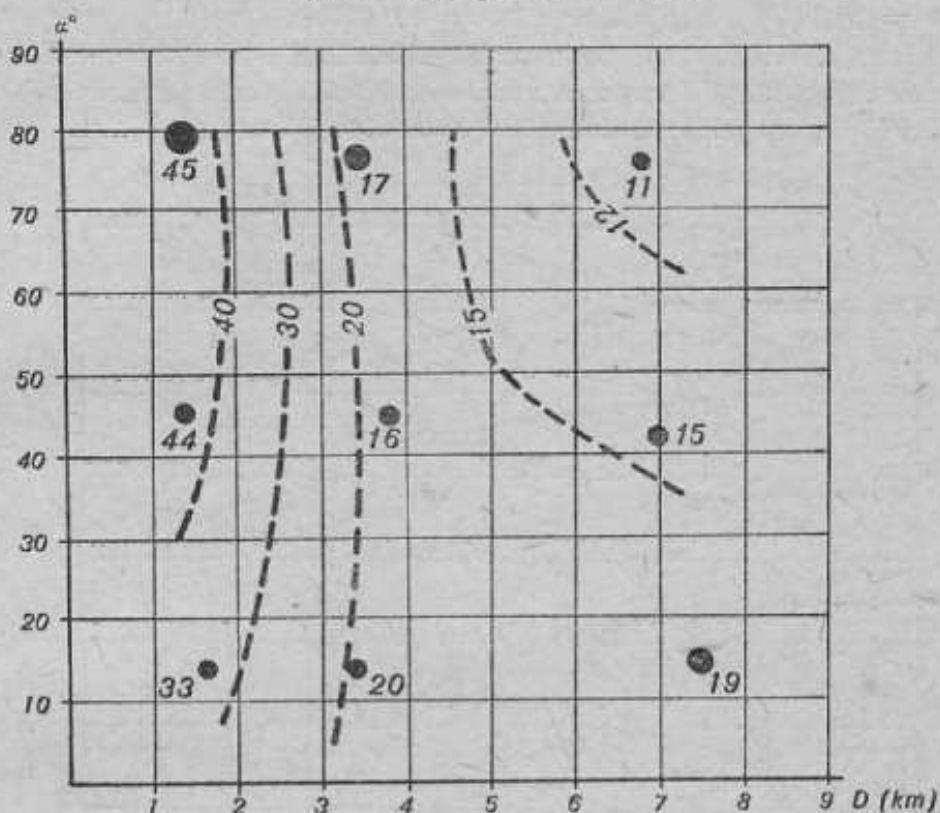
Obr. 5

IV. Přehled a porovnání výsledků

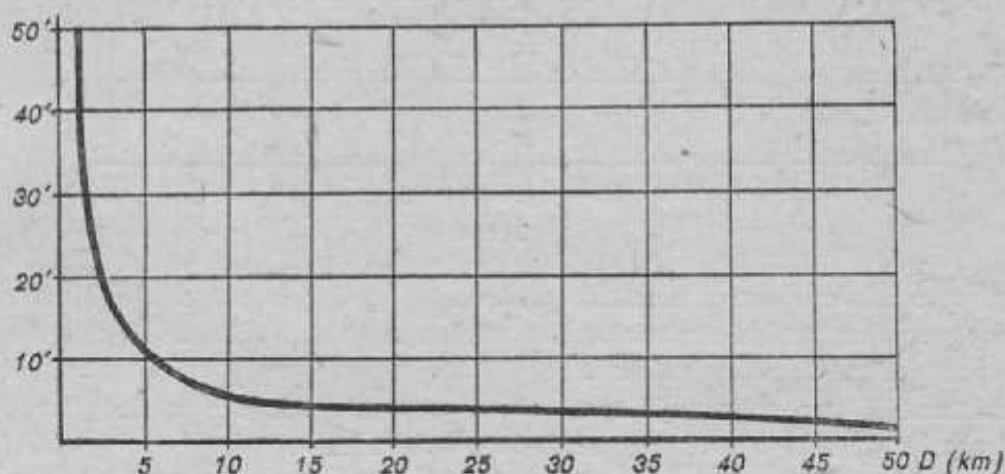
Z výsledků rozboru přesností délek a úhlů měřených na topografických mapách 1 : 25 000 vyplývají tyto závěry:

1. Vzdálenost bodů nebo směrnic jejich spojnice jsou určeny ze souřadnic bodů odsunutých od nejbližších kilometrových čar (graficko-analytický způsob určení délky nebo směrnicu). Při tomto způsobu, který se uplatní zvláště tehdy, leží-li body na různých mapových listech, vychází střední chyba:

- délky $\pm 14,0$ metrů ($\pm 0,6$ mm na mapě).
 — směrníku (v minutách) $\pm \frac{14,0}{D} \varrho'$
 (za D dosazujeme v metrech).



Obr. 6



Obr. 7

Závislost střední chyby směrníku na vzdálenosti bodů je znázorněna na obr. 7.

Při posuzování přesnosti délky nebo směrníku spojnice vzdálenějších bodů je nutno ještě počítat s délkovým a při náročnějších pracích a velkých vzdálenostech bodů i s úhlovým zkreslením v Gaussově-Krügerově zobrazení.

2. Vzdálenost bodů nebo směrník jejich spojnice jsou určeny grafickým způsobem, tj. přímým změřením na jednotlivých mapových listech, pomocí běžných kartometrických pomůcek (prismatické pravítko, úhloměr).

Přesnost délek a úhlů určených tímto způsobem byla stanovena teoretickým výpočtem i praktickým měřením na mapových listech 1 : 25 000. Výsledky dané vzorcí (12), (17) a zná-

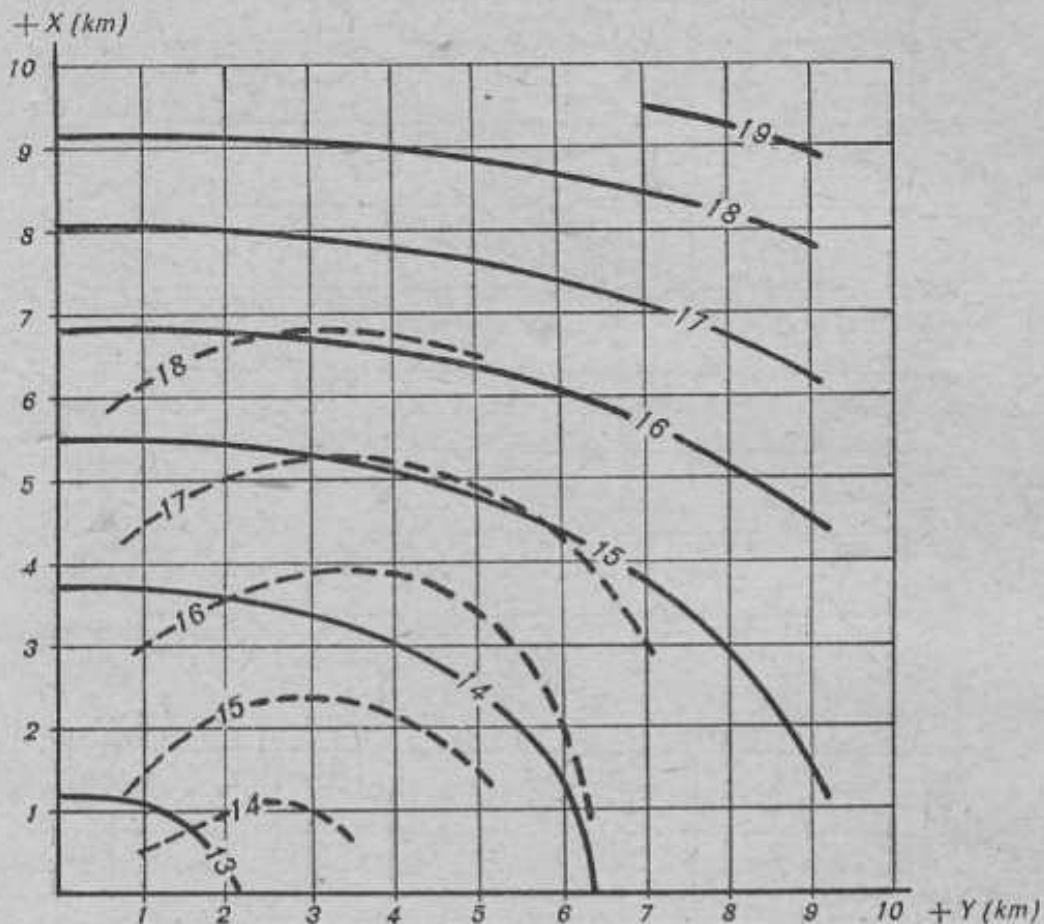
zorněné v obr. 1, 2, 4, a 6 se vcelku shodují a lze je shrnout v jednotné závěry. Na ploše jednoho mapového listu vychází střední chyba

– délky ± 13 až ± 20 metrů.

Střední chyba roste s měřenou délkou a dosahuje maximálních hodnot při $\alpha = 0^\circ (180^\circ)$ a minimální při $\alpha = 90^\circ (270^\circ)$,

– směrníku (při vzdálenosti bodů minimálně 1 km) $\pm 11'$ až $\pm 50'$.

Střední chyba klesá s rostoucí vzdáleností bodů, jimiž je směr proložen. Závislost střední chyby na velikosti směrníku je velmi malá.



Obr. 8

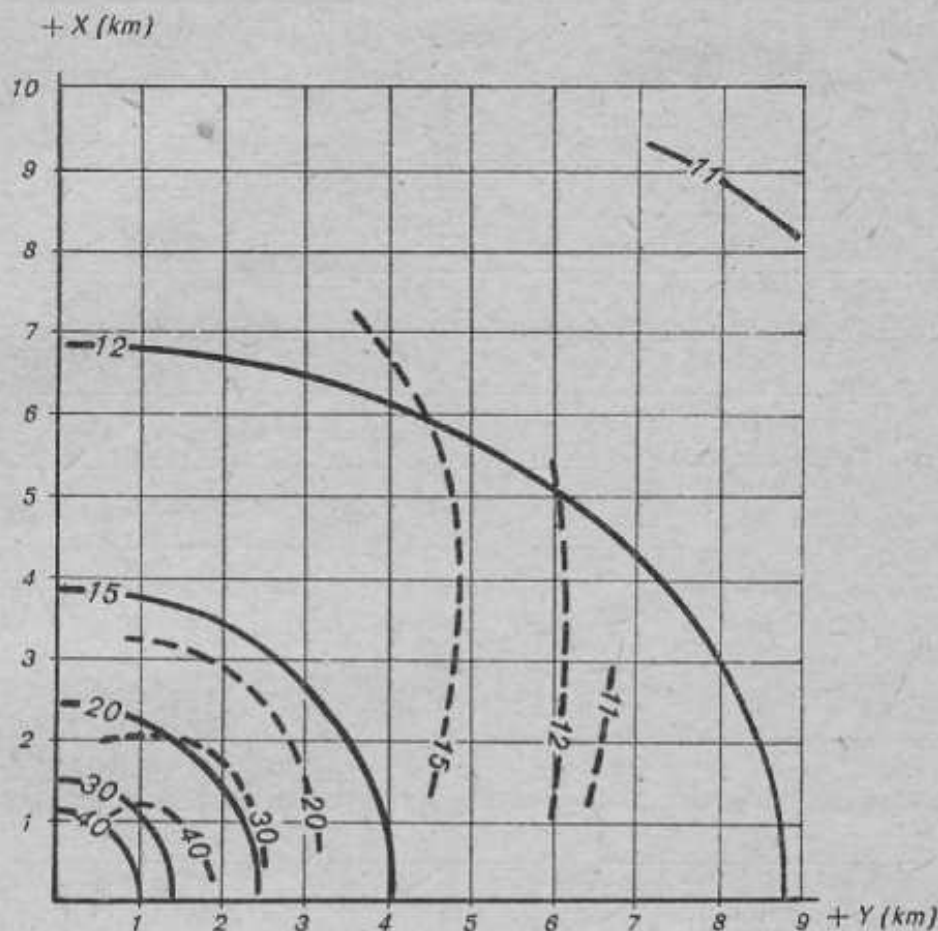
I když tyto závěry jsou z hlediska praktické potřeby již dostačující, je přesto zajímavé ještě graficky porovnat průběh závislosti středních chyb na velikosti délky a směrníku u teoretického výpočtu a praktického měření.

Pro názornější porovnání výsledků obou postupů použijme místo pravoúhlé soustavy souřadnic v obr. 1, 2, 4, a 6 soustavy souřadnic polárních.

V obr. 8 a 9 jsou vynášeny na průvodič délky D , přičemž průvodič svírá s osou X směrník α . Uvažujeme-li, že v počátku soustavy je jeden ze dvou koncových bodů délky a druhý leží v příslušné vzdálenosti na průvodiči, pak takto volená soustava podává rychlou orientaci o velikosti vypočtených středních chyb na ploše mapového listu 1 : 25 000. Grafy závislosti v obr. 8 a 9 jsou vykresleny pouze pro hodnoty směrníku $0^\circ - 90^\circ$, je však zřejmé, že průběh křivek je ve všech čtyřech kvadrantech symetrický k osám souřadnic. Křivky odpovídající výsledkům teoretického výpočtu jsou vykresleny plně, křivky odpovídající praktickým výsledkům čárkovaně. Křivky jsou popsány hodnotami středních chyb v metrech (obr. 8) nebo v minutách (obr. 9). V obrazech je rovněž pro rychlou orientaci znázorněna kilometrová síť.

Obrazy potvrzují, že výsledek teoretického výpočtu i praktického měření jsou v podstatě shodné. Rozdíly v průběhu křivek nejsou výrazné a není možné ani účelné, vzhledem k počtu měření, činit konkrétní závěry o příčinách jejich vzniku. U obou obrazů jsou ještě patrný vždy

u výsledků praktického měření poněkud větší hodnoty středních chyb než u teoretického výpočtu. Rozdíly jsou však rovněž málo výrazné a mohou snad být způsobeny místní deformací mapového papíru, která při teoretickém výpočtu nebyla podchycena, uplatnila se však při praktickém měření délek a směrniců.



Obr. 9

Závěr

V článku jsou uvedeny první, prakticky ověřené výsledky studia přesnosti délek a úhlů měřených na topografických mapách 1 : 25 000.

Výsledky studia lze považovat pouze za předběžné, neboť počet měření v článku [2], ze kterého byly převzaty vstupní hodnoty pro teoretický výpočet, a počet 414 ověřených délek a směrniců při praktickém měření nejsou ještě dostatečné pro konečné závěry. Rovněž výběr mapových listů na kterých byla vyšetřována přesnost délek a úhlů, není plně uspokojivý. Zkoumané mapové listy jsou převážně z prostoru Čech a byly vyhotoveny v letech 1952–1953. K ucelenému přehledu by bylo nutné vyšetřit ještě mapové listy zpracované v pozdějších letech, z prostoru Moravy a Slovenska. Výběr mapových listů byl ovšem závislý na možnostech využití velmi pracných geodetických měření, jimiž byla ověřována polohová přesnost mapové kresby.

Přes tyto nedostatky je velmi zajímavá celková shoda obdržovaných výsledků s hodnotami uvedenými v sovětských a německých pramenech.

Porovnejme např. výsledky studia přesnosti délek a úhlů (směrniců) na sovětských mapách 1 : 25 000 [3] s výsledky vyvozenými pro československé topografické mapy:

Vzdálenost dvou bodů mapové kresby je určena graficko-analytickým způsobem:

Střední chyba vzdálenosti (v metrech)	
SSSR	ČSSR
± 15	± 14

Vzdálenost dvou bodů mapové kresby je určena grafickým způsobem:

Vzdálenost bodů (v cm) pro $\alpha = 0^\circ$	Střední chyba vzdálenosti (v metrech)	
	SSSR	ČSSR
2	$\pm 14,5$	$\pm 12,8$
5	$\pm 16,1$	$\pm 13,1$
10	$\pm 23,2$	$\pm 13,5$
20	$\pm 33,0$	$\pm 14,8$

Směrník spojnice dvou bodů mapové kresby je určen graficko-analytickým způsobem:

Vzdálenost bodů (v cm)	Střední chyba směrníku	
	SSSR	ČSSR
2	$\pm 1^{\circ}40'$	$\pm 1^{\circ}36'$
5	$\pm 40'$	$\pm 38'$
10	$\pm 20'$	$\pm 19'$
20	$\pm 10'$	$\pm 10'$

Směrník spojnice dvou bodů mapové kresby je určen grafickým způsobem:

Vzdálenost bodů (v cm)	S m ě r n í k							
	0°		30°		60°		90°	
	Střední chyba směrníku							
	SSSR	ČSSR	SSSR	ČSSR	SSSR	ČSSR	SSSR	ČSSR
2	$\pm 1^{\circ}41'$	$\pm 1^{\circ}23'$	$\pm 1^{\circ}42'$	$\pm 1^{\circ}25'$	$\pm 1^{\circ}42'$	$\pm 1^{\circ}27'$	$\pm 1^{\circ}41'$	$\pm 1^{\circ}29'$
5	$\pm 43'$	$\pm 35'$	$\pm 44'$	$\pm 36'$	$\pm 44'$	$\pm 37'$	$\pm 43'$	$\pm 38'$
10	$\pm 25'$	$\pm 19'$	$\pm 27'$	$\pm 20'$	$\pm 27'$	$\pm 20'$	$\pm 25'$	$\pm 21'$
20	$\pm 18'$	$\pm 13'$	$\pm 21'$	$\pm 13'$	$\pm 21'$	$\pm 14'$	$\pm 18'$	$\pm 14'$

Výsledky vyhodnocení přesnosti československých a sovětských topografických map 1:25 000 se podstatně liší jen při měření větších délek grafickým způsobem, tj. přímým měřením na mapových listech, a částečně i při přímém měření směrníků. Tento rozdíl je způsoben značně většími hodnotami deformace mapového papíru, uvedenými [3] proti hodnotám zjištěným na čs. mapách. Z toho je zřejmé, jak významně ovlivňuje kvalita mapového papíru přesnost výsledků kartometrických prací.

Uveďme ještě výsledek studia přesnosti 100 vzdáleností měřených na topografických mapách NDR 1:25 000 [4]. Vyšetřované délky při tomto studiu nepřesáhly jeden kilometr; střední chyba ve vzdálenosti dvou bodů mapové kresby byla vypočtena v hodnotě $\pm 12,5$ metrů, což plně odpovídá výsledkům dosaženým u československých map (při vzdálenosti 1 km je střední chyba asi ± 13 metrů).

Rozbor přesnosti délek a úhlů (směrniců) měřených na československých topografických mapách 1 : 25 000 ukázal, že tyto mapy mohou poskytovat pro různé účely poměrně přesné délkové i úhlové údaje. Známe-li kartometrickou přesnost topografických map 1 : 25 000, je možno v některých případech, kdy není požadována velká přesnost výsledků, nahradit kartometrickým měřením i pracná měření v terénu. To má velký význam zvláště při praktickém využití topografických map vojsky (dělostřelectvem, ženijním vojskem aj.).

Zjištěných poznatků o přesnosti délek a úhlů měřených na československých topografických mapách 1 : 25 000 může být proto využito nejen k posouzení kvality těchto map, ale zvláště k dalšímu upřesnění jejich účelného využití.

Literatura:

1. Srnka, Kočenda, Severa, Bátěk: Studium přesnosti topografických map 1 : 25 000. Závěrečná výzkumná zpráva VA AZ/1967.
2. Zabjalov J. M.: Točnost topografičeskich kart. Vojenno-topografičeski Sbornik XIII/1956.
3. Thum E.: Zur Untersuchung der Genauigkeit der topografischen Karte 1 : 25 000. Vermessungstechnik č. 4, 5, 6/1959.

Inženýr kapitán Ludvík Pozníček

Uplatňujeme usnesení ÚV KSČ o těsném spojení školy se životem v podmínkách VKÚ

Vojenský kartografický ústav přivítal unesení ÚV KSČ o těsném spojení školy se životem s plným pochopením. Tento vážný dokument svým významem podpořil snahy o vytvoření takové odborné školy, jejíž absolventi by mohli tvůrčím způsobem napomoci plnění náročných úkolů ústavu. Snaha dát zaměstnancům ústavu středoškolské odborné vzdělání v oboru kartografie a kartoreprodukce vyvěrala z několika příčin.

Vojenský kartografický ústav neměl a prakticky dosud nemá možnost získávat do řad svých zaměstnanců odborně vyškolené pracovníky. Na středním Slovensku není škola, která by připravovala kádry pro obor kartografie. Ani celostátní síť zeměměřických průmyslových škol nevystihuje svou náplní potřeby kartografické a kartoreprodukční praxe. Absolventi těchto škol, kteří jsou z pochopitelných důvodů více usměrňováni na měřické disciplíny a setkají se během studia s kartografickou a kartoreprodukční problematikou jen v malé míře, mají o výrobě z tohoto oboru nedostatečné znalosti. Proto ústav byl a dosud je nucen přijímat za zaměstnance pracovníky bez potřebné kvalifikace.

Občanští zaměstnanci ústavu, pokud neprošli vojenskými odbornými školami ve vojenské službě, byli v uplynulých letech odborně připraveni ústavem. Odborné školení a výchova probíhaly při plnění velkých a náročných úkolů, takže kvalifikace zaměstnanců nabyla charakteru kresličské rutiny a prakticismu. Základní kartografické kurzy, jimiž každý nově přijatý zaměstnanec prošel a dosud prochází, ani krátkodobé speciální kurzy nemohly tento stav podstatně ovlivnit. Nedostatečná teoretická připravenost především v oboru sestavování a generalizace map a v komplexní technologii výroby se zvlášť projevila u prací na mapách malých měřítek. A právě tato měřítka a především zpracování ČsVA se staly pro ústav perspektivní. Bylo nutné tento nežádoucí stav odstranit.

Prvním pokusem o to bylo zřízení stálé závodní školy práce v roce 1958. Poradní sbor ZSP vypracoval osnovy dvouletého odborného studia. Tento druh dlouhodobého školení však neřešil po stránce formální postavení absolventů a jeho absolvování podle směrnic Státní mzdové komise podstatně neovlivňovalo zařazení zaměstnance v kvalifik. třídě. Tyto okolnosti snížily zájem zaměstnanců o ZSP. Vedení ústavu tento moment vážně zhodnotilo a obrátilo se na zeměměřickou průmyslovou školu v Košicích o pomoc. Avšak poradní sbor závodní školy práce při bližším zkoumání učebních osnov této školy došel k závěru, že zaměstnanci ústavu potřebnou odbornou kvalifikaci studiem na této škole nezískají.

Velký vliv na zvyšování odborné kvalifikace a na názory na kvalifikaci měl celý proces přestavby mezd v kartoreprodukci. Ukazovalo se, že se tu s velikou pravděpodobností přejde na normovací i mzdový systém polygrafického průmyslu a že k obdobnému řešení dojde i v kartografii. Požadavky tohoto nového mzdového systému na odbornou kvalifikaci při zařazování do tarifních tříd pak znovu potvrdily nutnost existence takové školy, jejímž

absolvováním by zaměstnanci ústavu dosáhli pro plnění svých funkcí požadovaného vzdělání. Vedení ústavu ve snaze vyjít zaměstnancům vstříc navázalo spojení se školským oddělením Polygrafických závodů, n. p., VHJ Bratislava, a požádalo o vytvoření konzultačního střediska již existující průmyslové školy polygrafické s tím, že by u této školy byla vedle specializace reprodukčních technik navíc specializace kartograficko-reprodukčních technik.

Je jisté, že mimo uvedené pohnutky tu byla řada dalších, které vedly k vytvoření dané specializace. Bylo však třeba ukázat, jak přímo život a výrobní problémy našeho ústavu potvrdily prozíravost usnesení ÚV KSČ o těsném spojení školy s praxí. Samo usnesení potvrdilo správnost cesty, kterou ústav nastoupil při zvyšování odborné kvalifikace pracujících. Bylo důležitým dokumentem, který usměrnil potřebu VKÚ — dovést ke zdárnému konci snahu o zvyšování kvalifikace jeho příslušníků.

Založení a organizace konzultačního střediska

Snaha o založení konzultačního střediska přímo u VKÚ byla s plným pochopením přijata Polygrafickými závody v Bratislavě, které zodpovídají za účelnost a správnost odborné náplně průmyslové školy polygrafické. Ta je jedním z několika odborných odvětví školy uměleckého průmyslu v Bratislavě. Školské oddělení Polygrafických závodů řídí několik konzultačních středisek na Slovensku, má již v tomto směru určité zkušenosti a ústav zde získal základní informace a směrnice. Rovněž ředitelství školy uměleckého průmyslu v Bratislavě vyšlo ústavu ochotně vstříc a při konzultacích a vzájemných návštěvách se vyřešily problémy se založením střediska.

Uvedená průmyslová škola polygrafická má zavedeny dvě specializace: specializaci knihtiskových technik a specializaci reprodukčních technik. Po rozboru náplně osnov těchto specializací se ukázalo vhodným zřídit v konzultačním středisku ústavu pro zaměstnance reprodukční výroby specializaci reprodukčních technik. Dále bylo stanoveno, že pro zaměstnance kartografie, technické a správní orgány ústavu bude zřízena specializace kartograficko-reprodukčních technik. Za sestavení osnov této specializace zodpovídal ústav.

První podmínkou existence konzultačního střediska bylo získat dostatečný počet přihlášek ke studiu do obou specializací. Nejnižší hranice počtu posluchačů jedné specializace byla 15 posluchačů. Do specializace reprodukčních technik se přihlásili 24 zaměstnanci, do specializace kartograficko-reprodukčních technik 35 zaměstnanců. Za tohoto stavu vedení ústavu dostalo předběžný ústní souhlas Povereníctva školstva v Bratislavě k založení konzultačního střediska.

Zaměstnanci, kteří neměli maturitu na střední jedenáctileté škole, skládali písemné a ústní přijímací zkoušky ze slovenského jazyka, ruského jazyka a matematiky. Ústav organizoval v rámci závodní školy práce přípravný kurs všech tří předmětů. Byli získáni učitelé místních škol. Zkoušky proběhly za přítomnosti ředitele školy uměleckého průmyslu a zástupce Polygrafických závodů. Do specializace reprodukčních technik bylo přijato 16 posluchačů, do specializace kartograficko-reprodukčních technik 28 posluchačů.

Dalším organizačním problémem bylo vytvoření učitelského sboru. Učitele pro všeobecně vzdělávací předměty získal ústav z místních středních škol. Učiteli odborných předmětů specializace reprodukčních technik a specializace kartograficko-reprodukčních technik jsou inženýrsko-techničtí pracovníci ústavu. Všichni jsou schválení školskými orgány a školou uměleckého průmyslu. Učitelský sbor je vyučujícím a konzultačním orgánem. Zkušebním orgánem je učitelský sbor spolu se zástupci ředitelství školy uměleckého průmyslu v Bratislavě a Polygrafických závodů v Bratislavě a se zástupci vedení ústavu.

Bylo stanoveno, že výuka všeobecně vzdělávacích předmětů bude probíhat podle výnosu ministerstva školství ze dne 5. 7. 1955, č. j. 44914/55-BI./1, odborná výuka specializace reprodukčních technik bude řízena školským oddělením PZ Bratislava podle téhož výnosu. Odbornou výuku specializace kartograficko-reprodukčních technik řídí VKÚ. K tomu zpracoval učební plán pětiletého studia a učební osnovy této specializace a předložil je po předběžném souhlasu ŠUP v Bratislavě Povereníctvu školstva a kultúry ke kontrole a ke schválení.

Učebnicemi pro všeobecně vzdělávací předměty obou specializací jsou běžné učebnice pro průmyslové školy. Pro reprodukční techniky jsou závazné prozatímní učební texty polygrafické průmyslové školy. Pro specializaci kartograficko-reprodukčních technik budou vypracována příslušnými učiteli skripta pro jednotlivé předměty a budou předložena v průběhu roku ke schválení.

Poradním sborem závodní školy práce byla navržena a vedením ústavu a výborem ROH schválena vyučovací doba takto: dva dny v týdnu (úterý a pátek) vyučování po pěti vyučovacích hodinách. Z těchto deseti hodin týdně uvolňuje ústav každého posluchače na čtyři hodiny týdně z pracovní doby podle Sb. NMNO č. 7/1960. Jeden z vyučovacích dnů v měsíci je dnem konzultačním, jehož kontrolu zajistí zástupci PZ Bratislava a ŠUP Bratislava. Rozvrh vyučování v obou specializacích připravuje školský referent na měsíc dopředu podle schválených učebních programů každé specializace.

O přednáškách a přítomnosti posluchačů jsou vedeny třídní knihy, o výsledcích zkoušek katalogy a studijní záznamy. Metodický, výchovný a zkušební dozor vykonává ŠUP Bratislava. Za řádnou činnost a chod střediska zodpovídá vedení ústavu spolu s výborem ROH. Veškeré náklady spojené s činností konzultačního střediska hradí VKÚ z vlastních prostředků.

Když byly tyto zásadní organizační problémy vyřešeny, započala 1. září 1959 činnost konzultačního střediska.

28. 10. 1959 souhlasí hospodářská škola pro pracující v Bratislavě (pověřena schvalováním dálkových forem studia) přípisem čís. 131-II/1959 se zřízením konzultačního střediska pro pracující při Vojenském kartografickém ústavu v Banské Bystrici. 19. 11. 1959 poradní sbor pro zvyšování odborné kvalifikace a výchovu kádrů při Polygrafických závodech, n. p., VHJ Bratislava souhlasí se zřízením konzultačního střediska při Vojenském kartografickém ústavu v Banské Bystrici. Středisko je zřízeno při škole uměleckého průmyslu v Bratislavě, obor technologie polygrafické výroby, se dvěma specializacemi: reprodukčních a kartograficko-reprodukčních technik.

Učební plán a osnovy

Studium obou specializací zřízených v konzultačním středisku VKÚ je pětileté. Učební plán a osnovy studia jsou sestaveny tak, že dva roky studia tvoří uzavřený celek mající charakter nižšího odborného vzdělání. Rozhodl-li se absolvent 1. a 2. ročníku, že nebude dále pokračovat ve studiu, získává kvalifikaci nižší průmyslové školy. Další tři roky jsou nadstavbové a tvoří spolu s 1. a 2. ročníkem uzavřený celek s charakterem vyššího odborného technického vzdělání. Studium se uzavírá maturitní zkouškou.

Obě specializace mají společnou náplň ve všeobecně vzdělávacích předmětech, tj. v jazyku slovenském, jazyku ruském, dějepisu, politické ekonomii, matematice, fyzice a chemii.

Učební plán studia

Jak již bylo uvedeno, vedení ústavu ve snaze poskytnout zaměstnancům pomoc při studiu, organizuje v rámci závodní školy práce pravidelné vyučování všech předmětů přesto, že forma studia je dálková. Je pochopitelné, že není časově únosné, aby předměty byly odpřednášeny v plném rozsahu. Byl proto u jednotlivých předmětů stanoven určitý poměr mezi obsahovými a vyučovacími hodinami. Tento poměr je vyjádřen v učebním plánu, např. u všeobecně vzdělávacích předmětů tak jak ukazuje tabulka na straně 86.

Z uvedeného učebního plánu vyplývá, že látka z jazyka ruského, chemie a matematiky bude přednesena téměř v plném rozsahu. Ukázalo se totiž, že v těchto předmětech mají především starší posluchači největší mezery. U jazyka slovenského a politické ekonomie je předpoklad, že látka bude posluchači nastudována, i když budou předneseny jen nejobtížnější úseky problematiky předmětu.

Výuka odborných předmětů ve specializaci reprodukčních technik se řídí typovým učebním plánem a osnovami, stanovenými ministerstvem školství výnosem z 5. 7. 1955, č. j. 44914/55-B I/1 a směrnicemi, které dává středisku školské oddělení Polygrafických zá-

vodů v Bratislavě. Náplň učebních osnov byla v dílčích částech přizpůsobena kartoreprodukční výrobě tak, aby vystihovala potřeby reprodukčního úseku VKÚ.

Výuka odborných předmětů ve specializaci kartograficko-reprodukčních technik se řídí učebním plánem a osnovami sestavenými Vojenským kartografickým ústavem a schválenými Poverenictvem školstva a kultúry v Bratislavě. Při sestavování učebního plánu pětiletého studia byl vzat za základ rozsah studia na průmyslové škole polygrafické, přičemž předměty specializace polygrafické byly nahrazeny předměty z oboru kartografie a kartoreprodukce. Tím bylo dosaženo toho, že rozsah studia co do celkového počtu obsahových hodin je v podstatě souhlasný s rozsahem studia v ostatních specializacích polygrafické průmyslové školy. Vyučování odborných předmětů specializace kartograficko-reprodukčních technik se řídí tímto učebním plánem, který je na straně 86.

Učební osnovy studia

Náplní osnov odborných předmětů specializace reprodukčních technik se nebudeme zabývat, protože je naší odborné veřejnosti dostatečně známa.

Při sestavování osnov odborných předmětů specializace kartograficko-reprodukčních technik se vycházelo z požadavku, aby náplň studia plně odpovídala cílům, pro něž tato specializace byla u VKÚ zřízena. Cílem studia na této specializaci je získat teoretické a praktické znalosti z oboru technologie kartografické a kartoreprodukční výroby na stupni středního školního vzdělání. Absolvent specializace má být schopen zastávat po krátkém zapracování výrobní a technicko-organizační funkce v kartografické a kartoreprodukční výrobě.

Absolvent musí k osvojení problémů této výroby zvládnout dostatečně podrobně základy technologie mapovacích prací, technologii kartografické a kartoreprodukční výroby, technologii jejích materiálů, poznat používané stroje a přístroje, znát ekonomiku a organizaci čs. průmyslu a osvojit si základy normování, plánování a účetní evidence kartografické a kartoreprodukční výroby. V souhlasu s těmito požadavky byly stanoveny jednotlivé vyučovací předměty:

- technologie mapovacích prací,
- technologie kartograficko-reprodukční výroby s dílčími předměty: kartografie, kartolitografie a kartoreprodukce,
- technologie materiálů,
- stroje a přístroje kartograficko-reprodukční výroby,
- kartografický zeměpis,
- organizace a ekonomika výroby,
- základy normování, kalkulování a plánování výroby map,
- účetní evidence.

Zásadním hlediskem při určování rozsahu jednotlivých předmětů je jejich důležitost a upotřebitelnost ve výrobní praxi. Je uplatněna zásada zachování úzké souvislosti studia a výrobní praxe, zásada učit tomu, co se v praxi maximálně potřebuje a využije. To ale znamená, že se přechází k nežádoucímu prakticismu. V náplni každého předmětu byla zachována zásada: od teorie k praxi.

Největší váha je dána předmětu technologie kartograficko-reprodukční výroby. Do tohoto předmětu je pojat obor kartografie, kartolitografie, a kartoreprodukce. Celkový rozsah předmětů na celé pětileté studium činí 905 obsahových hodin. Stejně důležitý je podíl jednotlivých oborů na těchto hodinách. Výrobní zkušenosti ukazují, že dochází stále k většímu prolínání oboru kartografie a kartolitografie (zvlášť při použití technologie rytí map). Proto odborná náplň těchto dílčích předmětů byla navzájem svázána a počtem hodin je rovna dílčímu předmětu kartoreprodukce. Tím zde prakticky bylo upuštěno od nezdravého názoru, že kartograf nepotřebuje ke své práci znalosti z kartoreprodukce a naopak. Dnešní výrobní praxe ukazuje, že především u prací na mapách malých měřítek, u speciálních kartografických a kartoreprodukčních prací a zvlášť na atlasových mapách se kartograf neobejde bez dostatečně hluboké znalosti kartoreprodukce a kartoreprodukční technik bez znalosti kartografie.

Učební osnovy předmětu technologie kartograficko-reprodukční výroby

Cílem výuky tohoto předmětu je dát posluchačům úplný přehled o kartografické a kartoreprodukční výrobě na stupni středoškolského vzdělání, doplnit jejich praktické znalosti teoretickými základy a naučit je samostatně technické tvůrčí práci v oboru výroby map.

Předmět obsahuje tři dílčí předměty: kartografii, kartolitografii a kartoreprodukci. Počet dílčích předmětů na celkovém počtu obsahových hodin předmětu technologie je tento:

Ročník	Počet obsahových hodin dílčích předmětů			
	kartografie	kartolitografie	celkem	kartoreprodukce
1.	30	40	70	70
2.	50	55	105	105
3.	60	20	80	70
4.	70	35	105	70
5.	105	—	105	125
Celkem	315	150	465	440
Předmět technologie celkem: 905 obsahových hodin				

Náplň učebních osnov jednotlivých dílčích předmětů

Kartografie:

- Téma: 1. Úvod do kartografie (2 hod.), 1. ročník.
2. Dělení a přesnost topografických map (28 hod.), 1. ročník.
3. Kartografická generalizace (14 hod.), 2. ročník.
4. Základy generalizace jednotlivých prvků náplně (36 hod.), 2. ročník.
5. Redakčně sestavitelská práce a postup sestavení topografických map (60 hod.), 3. ročník.
6. Matematická kartografie (70 hod.), 4. ročník.
7. Redakční příprava atlasu (28 hod.), 5. ročník.
8. Sestavování souboru map atlasu (32 hod.), 5. ročník.
9. Závěrečná práce (45 hod.), 5. ročník.

Kartolitografie:

- Téma: 1. Kresličské a litografické pomůcky (2 hod.), 1. ročník.
2. Klíče smluvených značek na mapách (24 hod.), 1. ročník.
3. Kartografická kresba (2 hod.), 1. ročník.
4. Retušerské práce na mapách (2 hod.), 1. ročník.
5. Litografické práce na mapách (10 hod.), 1. ročník.
6. Barevná litografie (30 hod.), 2. ročník.
7. Praktická cvičení (25 hod.), 2. ročník.
8. Kresba kartografického písma (20 hod.), 3. ročník.
9. Plastické znázorňování terénu (35 hod.), 4. ročník.

Kartoreprodukce:

- Téma: 1. Základy nauky o světle (7 hod.), 1. ročník.
2. Fotografická optika (20 hod.), 1. ročník.
3. Základy fotografie (26 hod.), 1. ročník.
4. Základy kopírovacích procesů (17 hod.), 1. ročník.
5. Tiskařské techniky (45 hod.), 2. ročník.

6. Technologie kartoreprodukční výroby základní topografické mapy (15 hod.), 2. roč.
7. Technologie výroby plastických map (10 hod.), 2. ročník.
8. Autotypická reprodukce (16 hod.), 3. ročník.
9. Reprodukce vícebarevných předloh (8 hod.), 3. ročník.
10. Fotosazba (17 hod.), 3. ročník.
11. Přípravy ofsetových tiskových desek (17 hod.), 3. ročník.
12. Ofsetový tisk (12 hod.), 3. ročník.
13. Výrobní linka kartograficko-reprodukční výroby (2 hod.), 4. ročník.
14. Všeobecné zásady pro stanovení technologických postupů (2 hod.), 4. ročník.
15. Rozmnožování jednoduchých jednobarevných pérových předloh ofsetovým tiskem (2 hod.), 4. ročník.
16. Rozmnožování vícebarevných pérových předloh ofsetovým tiskem (3 hod.), 4. ročník.
17. Technický projekt rozmnožování map základního mapového díla (6 hod.), 4. ročník.
18. Technologický postup výroby mapy 1 : 10 000 (19 hod.), 4. ročník.
19. Technologický postup výroby mapy odvozené 1 : 100 000 (17 hod.), 4. ročník.
20. Technologický postup výroby hypsometrické mapy malého měřítka (20 hod.), 5. roč.
21. Technologický postup výroby atlasu (37 hod.), 5. ročník.
22. Technologie výroby speciálních map a pomůcek (17 hod.), 5. ročník.
23. Technologie polygrafické výroby merkantilních zakázek (16 hod.), 5. ročník.
24. Praktické cvičení (35 hod.), 5. ročník.

Učební osnovy předmětu technologie mapovacích prací

Cílem výuky tohoto předmětu je dát posluchačům základní poznatky z oboru mapování v míře nezbytně nutné pro důkladné pochopení a zvládnutí problematiky kartografické a kartoreprodukční výroby.

- Téma: 1. Vznik a složení Země (3 hod.), 1. ročník.
2. Základy geomorfologie (9 hod.), 1. ročník.
 3. Jednoduchá měření (10 hod.), 1. ročník.
 4. Magnetická deklinace (4 hod.), 1. ročník.
 5. Základy měření-stolová metoda (9 hod.), 1. ročník.
 6. Postup mapování stolovou metodou (17 hod.), 2. ročník.
 7. Postup mapování číselnou metodou (2 hod.), 2. ročník.
 8. Postup mapování kombinovanou metodou (4 hod.), 2. ročník.
 9. Univerzální metoda mapovací (4 hod.), 2. ročník.
 10. Historie mapování v našich zemích (8 hod.), 2. ročník.
 11. Geodetické základy ČSR—souřadnicový systém 1952 (2 hod.), 4. ročník.
 12. Trigonometrické sítě (6 hod.), 4. ročník.
 13. Trigonometrická měření a výpočty (25 hod.), 4. ročník.
 14. Polygonová měření (5 hod.), 4. ročník.
 15. Nivelační měření (6 hod.), 4. ročník.
 16. Vyhodnocování leteckých snímků (6 hod.), 4. ročník.

Učební osnovy předmětu technologie materiálů

Cílem výuky tohoto předmětu je obeznámit posluchače s chemickou a fyzikální podstatou materiálů běžně používaných v kartoreprodukční výrobě tak, aby byli schopni zdůvodnit si technologické děje ve výrobních procesech a v souhlasu s požadavky na výrobu je správně ovlivňovali a usměrňovali.

- Téma: 1. Papír (10 hod.), 2. ročník.
2. Tiskové barvy (6 hod.), 2. ročník.
 3. Materiál a chemikálie pro reprodukci fotografií (24 hod.), 2. ročník.
 4. Materiály pro litografii (4 hod.), 2. ročník.

5. Materiály pro kopírovací procesy (7 hod.), 2. ročník.
6. Montážní materiály (2 hod.), 2. ročník.
7. Materiály pro ofsetový tisk (5 hod.), 2. ročník.
8. Plastické hmoty (8 hod.), 2. ročník.
9. Fototechnické materiály (25 hod.), 4. ročník.
10. Materiály pro kopírovací procesy (12 hod.), 4. ročník.
11. Materiály pro ofsetový tisk (11 hod.), 4. ročník.
12. Materiály pro zhotovování plastických map (7 hod.), 4. ročník

Učební osnovy předmětu kartografický zeměpis

Cílem výuky tohoto předmětu je doplnit zeměpisné znalosti posluchačů o ty oblasti zeměpisu, které se bezprostředně váží k redakční a sestavovací činnosti v kartografické výrobě.

- Téma:**
1. Zeměpis evropských států I. (20 hod.), 2. ročník.
 2. Zeměpis ČSSR I (15 hod.), 2. ročník.
 3. Fyzický zeměpis (17 hod.), 5. ročník.
 4. Zeměpis kontinentů (13 hod.), 5. ročník.
 5. Zeměpis evropských států II (26 hod.), 5. ročník.
 6. Zeměpis ČSSR II (14 hod.), 5. ročník.

Učební osnovy předmětu stroje a přístroje kartograficko-reprodukční výroby

Cílem výuky předmětu je seznámit posluchače se stroji a přístroji kartografické a kartoreprodukční výroby tak, aby byli schopni nanejvýš hospodárně využívat jejich technických možností.

- Téma:**
1. O přístrojích a strojích všeobecně (2 hod.), 3. ročník.
 2. Přístroje pro kartografii (6 hod.), 3. ročník.
 3. Přístroje pro fotoreprodukcii (7 hod.), 3. ročník.
 4. Přístroje a stroje pro kopírování (6 hod.), 3. ročník.
 5. Sázeč a knihtiskové stroje (7 hod.), 3. ročník.
 6. Nátiskové ofsetové lisy (4 hod.), 3. ročník.
 7. Tiskařské stroje a pomocná zařízení (24 hod.), 3. ročník.
 8. Stroje a přístroje pro výrobu plastických map (4 hod.), 3. ročník.

Učební osnovy předmětu základy normování, kalkulace a plánování

Cílem výuky předmětu je dát posluchačům základní poznatky o normování pracovních operací, o kalkulaci a plánování v kartografické a kartoreprodukční výrobě.

- Téma:**
1. Základy plánování (10 hod.), 2. ročník.
 2. Základy kalkulace (5. hod.), 2. ročník.
 3. Základy normování (20 hod.), 2. ročník.
 4. Vlastní náklady (8 hod.), 5. ročník.
 5. Plánování v kartograficko-reprodukčním závodě (27 hod.), 5. ročník.

Učební osnovy předmětu organizace a ekonomika výroby

Cílem vyučování předmětu je naučit posluchače základům organizace, řízení, plánování a ekonomiky výroby v průmyslovém podniku. Předmět má dát posluchačům ucelený obraz zejména o zásadách organizace a řízení průmyslových podniků.

- Téma:**
1. Vstupní pojmy a vztahy (1 hod.), 5. ročník.
 2. Skladba socialistické průmyslové výroby (3 hod.), 5. ročník.
 3. Základní organizování a řízení průmyslového podniku (1 hod.), 5. ročník.
 4. Organizace práce a mezd (20 hod.), 5. ročník.

5. Technicko-průmyslový a finanční plán podniku (30 hod.), 5. ročník.
6. Hospodářské smlouvy a základní podmínky pro dodávku a odběr výrobků (4 hod.), 5. ročník.
7. Organizace výroby v polygrafickém a kartoreprodukčním podniku (14 hod.), 5. roč.
8. Chozrasčet podniku (3 hod.), 5. ročník.
9. Vnitropodnikový chozrasčet (4 hod.), 5. ročník.
10. Základy statistiky (5 hod.), 5. ročník.
11. Statistika průmyslu (15 hod.), 5. ročník.
12. Rozbory hospodaření podniku (20 hod.), 5. ročník.

Učební osnovy předmětu účetní evidence

Cílem výuky tohoto předmětu je dát posluchačům takové základy účetní evidence, aby byli schopni samostatně se orientovat v hospodářské evidenci podniku a aby správně dovedli podle závěrů rozborů výrobní činnosti ovlivňovat výrobu po technické stránce.

- Téma: 1. Základní pojmy a vztahy (2 hod.), 5. ročník.
 2. Hospodářské prostředky podniku (3 hod.), 5. ročník.
 3. Druhy účetní evidence (28 hod.), 5. ročník.
 4. Účetní evidence hlavní výroby a základy výsledné kalkulace ostatních nákladů výroby (20 hod.), 5. ročník.
 5. Realizace výrobků, práce a služeb (2 hod.), 5. ročník.
 6. Hlavní účetní výkazy (3 hod.), 5. ročník.
 7. Rozbory hospodaření podniku (12 hod.), 5. ročník.

Přehled výsledků činnosti konzultačního střediska

Konzultační středisko VKÚ má za sebou 8 měsíců své existence. Prvním vážným zhodnocením jeho činnosti byly semestrální zkoušky, které proběhly začátkem února tohoto roku.

Z počtu 44 přijatých posluchačů se zkouškám podrobilo 38 posluchačů. Jaké byly výsledky zkoušek? V jednotlivých předmětech bylo dosaženo těchto průměrných známek:

všeobecně vzdělávací předměty:	jazyk slovenský 2,0, jazyk ruský 1,1, politická ekonomie 2,7, matematika 2,1, chemie 2,1;
odborné předměty 1. specializace:	reprodukční fotografie 3,0, hlubotisk 2,5;
odborné předměty 2. specializace:	technologie mapovacích prací 2,1, kartolitografie 1,6.

Z celkového počtu 236 známek bylo 54 výtečných a 6 nedostatečných. Jeden posluchač neprospěl ze dvou předmětů.

Tyto výsledky byly hlouběji zhodnoceny na společné konferenci učitelského sboru, zástupce školského oddělení PZ Bratislava a zástupce ŠUP Bratislava a vedení podniku. Ve školních lavicích se sešli posluchači s různým vzděláním, s různou odbornou úrovní, s různým všeobecným rozhledem a s různým odstupem let od posledního vážného školského studia. Práce učitele s takovýmto nesourodým kolektivem je obtížná a vyžaduje velké porozumění pro těžkosti posluchačů, kteří přistupují ke studiu po denním zaměstnání. Proto i náročnost učitelů musela být postupně zvyšována tak, aby po stmelení kolektivu posluchačů školy bylo dosaženo úrovně náročnosti všeobecně vzdělávací školy. Navíc se určitá část posluchačů přihlásila na studium aniž si uvědomila, že jde o vážnou studijní práci vyžadující velké trpělivosti a vytrvalosti. Podstatná část těchto odešla během 1. semestru (6 posluchačů). Jsou i takoví posluchači, kteří vstoupili na školu proto, že jsou tlačeni zvýšenými požadavky na od-

borné vzdělání, které uplatňuje probíhající mzdová přestavba. U těch výlučně hmotné hledisko musí být vhodnou formou převedeno k touze po technickém vzdělání tak, aby viděli ve studiu jednu z cest osobního odborného i všeobecného růstu. Nevidět všechny tyto problémy by znamenalo podkopat tuto vážnou formu zvýšení odborného vzdělání v samých začátcích. Je třeba konstatovat, že všichni učitelé se dívali na začátek studia z tohoto politického hlediska. Takový byl závěr na semestrální konferenci a byl vytyčen požadavek trvalého zvyšování náročnosti i odborné úrovně školy.

Ředitelstvím ŠUP byla kladně hodnocena organizační práce kolem konzultačního střediska, pomoc ústavu zaměstnancům, ať už jde o zajištění účasti ve škole, opatřování učebních textů a pomůcek, nákup doplňkové literatury anebo o zajištění vyučování, přípravy učebního plánu a osnov, vydávání rozvrhů atd.

Vojenský kartografický ústav nastoupil zřízením konzultačního střediska průmyslové školy polygrafické bezesporu dobrou cestu na úseku výchovy svých zaměstnanců a prakticky ukázal, jak v daných podmínkách je možno uplatnit usnesení ÚV KSČ o těsném spojení školy se životem. V dalším období půjde nejen o udržení školy, avšak i o všestranné zkvalitňování výuky tak, aby splnila hlavní cíl, vychovat vysoce kvalifikované a uvědomělé pracovníky.

Stručný obsah výzkumných zpráv vojenské topografické služby

Inž. Kubeček:

Využití fluorescence v kartografii a reprodukci

Zpráva pojednává o kresbě a reprodukci kartografického originálu způsobem barevných výtažků (rozkladem barev) na základě využití fluorescenčních barev a o vytvoření pozitivního tiskového podkladu mapového originálu pomocí fluorescence.

Touto metodu je možné provést výtažky až tří barev. Mapový originál se k tomu cíli kreslí nejvýhodněji, např. takto; situace normální tuší černě, vrstevnice červenou a vodstvo modrou fluorescenční barvou. Rozklad barev se provede na fotoreprodukčním přístroji při jediném zaostření pomocí výtažkových filtrů; černého pro získání výtažku černé situace při infračerveném osvětlení (žárovkami Nitraphot); červeného filtru pro získání výtažku červených vrstevnic při osvětlení rtuťovými výbojkami a modrého filtru pro získání výtažku modrého vodstva rovněž při osvětlení rtuťovými výbojkami, jež vzbuzují fluorescenci použitých fluorescenčních barev.

Rušívá přerušení čar v jednotlivých výtažcích v jejich průsečících s čarami druhých výtažků na přesné soukopii všech výtažků zmizí. Zatím co výtažek z kresby situace tuší je negativní, jsou fluorescenční výtažky pozitivními obrazy, které vzniknou proto, že fotografická vrstva je citlivá jen k těm paprskům, jež použitý barevný filtr propustí. Tím je vyřešeno získání pozitivního tiskového podkladu a tak je docíleno i zkrácení reprodukčních prací.

Tento postup je současně také přesnější, protože jedině zaostření fotoreprodukční kamery při pořizování barevných výtažků z jedné předlohy umožňuje přesnější soutisk výtažků. Provedená reprodukce stínovaného terénu fluorescenčními barvami dopadla lépe u map menšího měřítka 1:200 000 než u map 1:25 000. Na základě vyzkoušených vlivů fluorescenčního záření různých vlnových délek s filtry i bez nich na citlivé fotografické vrstvy byly stanoveny optimální podmínky pro kresbu fluorescenčními tušemi a stanovena výhodná reprodukční technologie.

Inž. Kubeček:

Tisk map na fólie a tkaniny z plastických hmot

Zpráva se zabývá tiskem map na textilie. Náhradou mapového papíru tkaninou se podstatně zvýší životnost map i při jejich používání za ztížených podmínek. Tisk byl proveden ofsetem s použitím běžných ofsetových (pigmento-olejových) barev.

Z textilií lze dobře použít polyamidových tkanin (silonu, nylonu, orlonu, perlonu, kapronu) nebo

přírodního hedvábí. Pro tisk map se volí nejhustější tkanina, jejíž struktura se ještě více zhuští disperzními roztoky plastických hmot.

Nejvhodnějším polyamidovým materiálem pro tisk map je matt-silon, který se zhušťuje a zpevňuje kalandrováním (lisováním mezi válci) při teplotě 180°. K zajištění stálosti rozměrů pro dosažení dokonalého soutisku při ofsetovém tisku se pak takto preparovaná tkanina zajišťuje plastickou hmotou (astralonem, transpalonem), k čemuž se jako lepidla používá měkčeného polybutylmetakrylátu. Použití přírodního hedvábí poskytuje při aplikaci popsanych opatření stejně dobré výsledky jako použití silonu.

Inž. Kubeček:

Zkoušky s nalepováním kreslicích papírů na kovové fólie

Zpráva pojednává o nové technologii nalepování kreslicích papírů na kovové fólie pomocí lepidel z plastických hmot. Zkoušky byly prováděny s kladivkovým papírem nalepovaným na hliníkové a zinkové fólie i desky. Ve zprávě je pojednáno o základech koloidní chemie, uvedena jsou různá lepidla, jejich vlastnosti a příprava a popsány různé způsoby nalepování.

Z lepidel nejlépe vyhovují epoxydové pryskyfice nebo roztok polybutylmetakrylátu, např. v toluenu. Pomocí vyhřívání knihafského lisu můžeme docílit dokonalého slepení také termoplasty (např. polyvinylacetátem).

Spojení papíru s kovem je trvanlivé i při ohýbání a jeho přilnutí ke kovu je dokonalé, takže se neobjevují žádné závady v podobě „puchýřů“.

Nalepený papír je velmi stabilní vůči všem chemickým i mechanickým účinkům, takže se může všestranně zpracovávat, má stále rozměry a není lepidlem zabarven.

Inž. Jelínek:

Barevné výtažky a využití této techniky k reprodukci map

Zpráva pojednává o přípravě barevných výtažků (barevného rozkladu s použitím barevných filtrů, masek a fotografického materiálu citlivého pro určitou oblast spektra) kofistných map způsobem kontaktním, tj. bez použití fotoreprodukčního přístroje nebo jen s jeho částečnou pomocí za účelem barevné reprodukce těchto map.

Výsledkem filtrování a maskování jednotlivých barev jsou pérové diazitivní výtažky, jejichž soutiskem pak vzniká mapová reprodukce. Princip použité metody barevných výtažků je popsán ve Vojenském topografickém obzoru, roč. 1954.

Úvod zprávy se zabývá teorií barevného vidění a účinkem barevných paprsků na světlocitlivé vrstvy. Dále jsou popsány a na grafech znázorněny postupy, kterými bylo docíleno jednotlivých barevných výtažků kořistních map. Nejdříve byl fotografován větší počet zahraničních map k zjištění kvality cizích tiskařských barev a jejich chování vůči různým světlocitlivým materiálům. Bylo použito fotografických materiálů ortochromatických, panchromatických i citlivých na infračervené paprsky a chromované arabské klovatiny. Různé masky pro příslušné barvy byly získány hlavně způsobem kontaktních kopií na astralonu. Pomocí těchto masek a odpovídajících negativů byly pak zhotoveny jednotlivé barvy (výtažky) opět na astralonu.

Tímto způsobem byl proveden barevný rozklad pětibarevné anglické mapy. Aby bylo dosaženo bezvadného soutisku jednotlivých barev, byla stálost rozměrů použité kořistní mapy zajištěna jejím nalepením na oboustranně hlazený astralon. Doba potřebná ke zhotovení výtažků jedné mapy je 12,5 hod. Vypracované způsoby zhotovování barevných výtažků jsou pro jednoduchost potřebného zařízení i pro svou rychlost vhodné k použití v polních podmínkách.

Inž. Jelínek:

Použití sítotisku v polních podmínkách

Pomocí sítotisku lze potiskovat různý materiál (papír, umělé hmoty, sklo, plech) při použití vhodných tiskových barev. Sítotisku se používá k dotiskování různých doplňků a taktických situací do map, dále k tištění plakátů a různých fluoreskujících i fosforeskujících značek apod.

Nositel tiskové desky je velmi husté tkanivo (sítu) s počtem 3 000–20 000 ok na 1 cm². Jako materiál může být použito vláken mědi, bronzu, hedvábí nebo vláken z umělých hmot. Jednou z nejvhodnějších je monofilová polyamidová tkanina (silon, nylon, perlon aj.). Dosud běžná příprava tiskové desky se provádí buď mechanicky (např. vystřihováním) nebo fotoreprodukčním přenosem kresby na matici, jež vznikne nanesením světlocitlivé vrstvy na čisté síto.

Výzkumným úkolem bylo nahradit složitý fotoreprodukční postup jednoduchou metodou bez použití fotoreprodukce. Byly vypracovány tři takové způsoby přímé přípravy sítotiskové matrice, o nichž zpráva pojednává.

U prvních dvou metod, určených pro hrubší reprodukci čar, se kresba provádí štětcem nebo vytahovacím perem na nepreparovaném síti. Kreslí se roztokem želatiny na čisté síto a po zaschnutí se síto vykryje nitrolakem: po vyvolání horkou vodou se želatina rozpustí a vznikne matrice vhodná pro použití normálních nebo vodových sítotiskových barev. Pro použití sítotiskových barev na umělé hmoty se provádí kresba vhodně upraveným roztokem nitrocelulose na čisté síto, které se pak přetře želatinou, a kresba se vymývá acetonem.

U třetího způsobu pro jemnější reprodukci čar se zhotovuje tisková matrice na síti preparovaném želatinou. Preparace se po provedené kresbě zpevní utvrzujícím roztokem. Kreslí se speciální tuší a je možné použít všech kreslicích pomůcek. Pokreslená neutvrzená místa se vyvolávají teplou vodou. Při navrhovaném tisku se docílí minim. síly čar asi 0,5 mm. Příprava desky trvá 1 hodinu. Tisknout je možno všemi druhy barev. Tyto velmi rychlé, jednoduché a přímé metody sítotisku pro reprodukci silnějších čar jsou dobře použitelné v bojových podmínkách.

Inž. Jelínek:

Černá tiskařská barva pro ruční ražení a pro tisk na celofán

K tisku názvů v kartografii se dosud užívá knihtisku. Zpráva pojednává o přípravě černé knihtiskové barvy, která by nahradila barvu dováženou (kořistní) a jež by byla vhodná pro tisk na celofán (astralon), biblový papír i pro ruční ražení.

Protože celofán je hmota neporézní, která barvu nevstřebává, musí být barva nanášena ve vrstvě co nejtenčí, aby se při tisku nevytlačovala do okolí; proto musí být velmi konzistentní. Dále je nutné, aby barva i v tak tenké vrstvě dokonale kryla, což vyžaduje použití nejkvalitnějších sazí k její přípravě. A konečně je nutné, aby na celofánové podložce, která ji nevstřebává, rychle schla.

Ve zprávě je uveden předpis pro přípravu barvy, která obsahuje tiskařské saze, reflexní modř, fermez a kobaltnatý silitiv, který působí jako rapidní zasušovací. Tato barva v předepsaném váhovém složení byla vyzkoušena a svými vlastnostmi vyhovuje všem uvedeným požadavkům.

Inž. Kubeček:

Náhrada astralonu domácím výrobkem

Zpráva pojednává o přípravě nové, domácí umělé hmoty k výrobě transparentních fólií, jež mají nahradit dovážený astralon o zhotovování těchto fólií a o zkouškách jejich vlastností. Vhodná náhradní hmota byla nalezena v suspenzním polyvinylchloridu domácího i zahraničního původu (Halvík 228).

Plastifikace této hmoty za účelem výroby fólií se provádí v dvouválcovém kalandru, vlastní lisování fólií pak na lisu za tepla mezi skleněnými deskami s přídavkem změkčovadel nebo mezi deskami z nerezového plechu bez změkčovadel. Fixování fólií proti nestálosti rozměrů se provádí v cirkulační sušárně při 60–70° C. Hotové fólie, zvané Transpalons, vykazují vysokou průhlednost, dobrou tepelnou stabilitu a stálost rozměrů a jsou bezbarvé. Povrch fólií je oboustranně hladký a s vysokým leskem.

Docílené vlastnosti fólií odpovídají vlastnostem požadovaným, takže fólie Transpalons vyrobené z domácího i zahraničního materiálu dobře vyhovují.

Zprávy technické knihovny VZÚ

Přirůstek domácích odborných časopisů v r. 1960

Geodetický a kartografický obzor
Říše hvězd
Československá fotografie
Přehled literatury pro polygrafický průmysl
Rozvoj techniky v polygrafii (informativní přehled)
Zo světa vědy a techniky v polygrafickom priemysle
Typografia
Papír a celuosa

Chemické listy
Sborník československé společnosti zeměpisné
Jemná mechanika a optika
Nová technika
Svět techniky
Technické noviny
Technický magazín

Poznámka: Administrativní a hospodářské časopisy zde uvedeny nejsou.

Přirůstek zahraničních odborných časopisů v r. 1960

SSSR:

Geodezija i kartografija
Referativnyj žurnal: Astronomija, geodezija
Astronomičeskij žurnal
Žurnal naučnoj i prikladnoj fotografii i kinematografii
Poligrafičeskoje proizvodstvo
Izvestija Vsesojuznogo geograf. obščestva

POLSKO:

Gedezja i kartografia
Przegląd geodezyjny

NDR:

Vermessungstechnik
Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie
Photophysik u. Photochemie
Bild und Ton
Papier und Druck
Petermanns Geographische Mitteilungen

NSR:

Vermessungstechnische Rundschau
Zeitschrift für Vermessungswesen
Allgemeine Vermessungsnachrichten
Bildmessung und Luftbildwesen
Kartographische Nachrichten

Der Polygraph
Der Druckspiegel

USA:

Surveying and Mapping (objednáno-zatím nedochází)
Photogrammetric Engineering
The National Lithographer

ANGLIE:

Photographic Abstracts
The British Printer

FRANCIE:

Geometre. Revue des geometres-experts et topographes français.

RAKOUSKO:

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen

ŠVÝCARSKO:

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung
Kulturtechnik und Photogrammetrie
Graphische Neuheiten und Fachkartei