

3
4

VOJENSKÝ
TOPOGRAFICKÝ
OBZOR



1956

VYDÁVÁ MINISTERSTVO NÁRODNÍ OBRANY

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR

ČASOPIS MINISTERSTVA NÁRODNÍ OBRANY

ROČNÍK TŘETÍ

Číslo 3-4

1956

Inženýr podplukovník RNDr Jiří Kousal

Vojensko-geografické hodnocení tvárnosti povrchu terénu (Vojenská geomorfologie)

Vedle čistě vědecké geomorfologie, zabývající se studiem tvarů povrchu zemského a vlivů, které tyto tvary vytvářejí,¹⁾ existuje užitá vojenská geomorfologie, která je jednou ze základních součástí vojenské geografie. Studuje a hodnotí tvary povrchu zemského s hlediska možností vojenského využití terénu²⁾ a s hlediska vlivu tvárnosti povrchu na činnost vojsk.

Studium s hlediska vojenské geomorfologie může sledovat a hodnotit tvary terénu buď v jejich jednotlivých prvcích, na př. vliv sklonu svahu na pohyb bojových vozidel, t. j. s hlediska vojensko-technického, nebo v jejich celistvosti a vzájemné spojitosti, na př. vliv horského terénu na bojovou činnost vojsk, a to jednak s hlediska taktického, jednak v širším rámci s hlediska operačního. Všechny tyto druhy studia a hodnocení terénu jsou na sobě závislé. První, všímající si jednotlivých prvků povrchu a charakteristiky malých území, vytváří podklady pro rozvoj ostatních, která sledují charakteristiku povrchu celých prostorů v širším rámci a vyvozují z ní závěry pro možnosti taktického a operačního využití terénu a závěry pro podmínky činnosti vojsk v daném prostoru.

Chci zde stručně pojednat o některých zásadách možných způsobů vojenského hodnocení tvárnosti povrchu terénu, které mají poskytnout podklady pro rozhodnutí velitele a pro práci jeho štábu.

1) Viz článek pplk. Ing. Dr. Bohuslava Šimáka: „Charakteristické typy zemského povrchu, vytvářené vnitřními a vnějšími silami“ — Vojenský topograf. obzor, roč. 1956, č. 2, str. 431—443.

2) Pod pojmem „terén“ rozumíme s vojenského hlediska celý komplex prvků povrchu zemského v jejich vzájemné souvislosti, t. j. nejen tvárnost povrchu, ale i všechny další přirozené (porosty, řeky a vodní plochy, půdní poměry atd.) i člověkem vytvořené prvky (komunikace, vodní přehrady, násypy, výkopy, zastavení a pod.). Stať jedná jen o hodnocení jednoho z tohoto komplexu prvků — tvárnosti povrchu. Tvárností povrchu terénu rozumíme souhrn terénních tvarů vyskytujících se v určitém prostoru.

I. Hodnocení tvářnosti povrchu terénu

Terén a jeho hodnocení je jedním z podstatných prvků velitelova rozhodnutí a tudíž i v práci jeho štábu. Válečné operace druhé světové války potvrdily, že význam terénu, jeho hodnocení a využití neztratily ani použitím velmi výkonné bojové techniky na své hodnotě. Ukázaly naopak, že správně zhodnocený terén, jehož bylo využito armádou s vysokou politickou morálkou, armádou bojující za spravedlivé cíle a k tomu ještě dobře technicky vybavenou, zůstává důležitým prvkem velitelova rozhodnutí. Zůstává jeho důležitým prvkem i přes to, že je jen jeho dílčí součástí, která však skloubena s ostatními taktickými a operačními prvky dá ucelený obraz o možném průběhu vojenských operací a ukáže cestu k splnění úkolu.

Hodnocení terénu se může dít buď v konkrétní situaci, nebo může být prováděno preventivně v prostoru možného válčiště. V obou případech může být prováděno buď na vlastním území, pak jeho základní a nezbytnou součástí je osobní průzkum v terénu, nebo je prováděno studium terénu na území cizím, ve kterém nelze průzkum provádět. V tomto případě je nutno k hodnocení terénu použít geografických a topografických materiálů, jako jsou mapy, popisy, vědecké nebo populární geografické monografie a souborné práce, obrazový materiál a pod. Je pochopitelné, že geografických a topografických materiálů je třeba použít i v prvním případě k přípravě, urychlení a zkvalitnění průzkumu.

Základním hlediskem pro vojenské hodnocení terénu je otázka jeho průchodnosti, zejména pro tankomechanisovaná vojska, a jeho přehlednosti, t. j. možnosti pozorování; otázka, do jaké míry umožňuje využití palěbných vlastností bojové techniky, zda umožňuje nebo znesnadňuje součinnost druhů vojsk, soustředování a přesuny jednotek, zda vyhovuje lépe pro vedení útočného boje či pro budování do hloubky členěné obrany, zda dovoluje použít výsadků a v jakém rozsahu, do jaké míry činí výhodným nebo nevýhodným použití bojových chemických látek, jakou poskytuje možnost ochrany před účinky atomových zbraní a pod.

Pro stanovení stupně průchodnosti terénem nelze používat lineárního měřítka, nýbrž je třeba přihlížet k stupni technického výstroje a výzbroje armád, k pohybovým schopnostem bojové techniky, k stupni výcviku řidičů vozidel i k morálním vlastnostem vojsk.

Poměrně dobře jsou v daném terénu určitelné možnosti pozorování. Rozsah viditelnosti lze poměrně snadno určit se značnou přesností studiem a rozбором podrobnějších map. Při vojensko-geografickém hodnocení terénu s hlediska velitelů svazků a svazů je třeba se zaměřit na vyhledávání míst s dobrým výhledem na větší plochy území a síť těchto pozorovatelů organisovat tak, aby byla

rozmístěna co možná pravidelně po celém daném prostoru, t. j. aby ovládala pozorováním celé území. Kromě toho je třeba přihlížet k tomu, aby místa dob-
rého výhledu byla pokud možno dobře a rychle přístupná a aby jejich okolí
bylo výhodné pro vybudování pozorovatelů.

Jedním ze způsobů hodnocení tvárnosti povrchu terénu v studovaném a
popisovaném prostoru je zhodnocení relativních nebo absolutních výšek jeho
povrchu. Jejich hodnoty charakterisují krajinné typy. Měřítka pro stanovení
těchto krajinných typů není jednotné. Přizpůsobuje se nejčastěji zvláštnostem
a základnímu charakteru té neb oné země.

Dobře výstižným, ale methodicky obtížným je dělení povrchu zemského
na krajinné typy podle relativních výšek, t. j. podle rozdílů
výšek absolutních. Při tomto způsobu vyčleňování krajinných typů je zvlášť
výrazná skutečnost, že stupnice pro klasifikaci povrchu terénu jsou sestavovány
podle převládajících charakteristických tvarů na územích jednotlivých států nebo
na velkých jejich prostorech. Jako vhodný příklad je možno uvést tak zvanou
„ruskou normu“ vhodnou pro hodnocení především území SSSR a zvláště jeho
evropské části. Tato norma dělí povrch terénu na tři třídy rovin a na tři třídy
horských reliefů. Normu sestavil prof. G. D. R i c h t e r („Sostavljenije geomorfo-
logičeskoj karty jevropejskoj části SSSR“, Moskva 1937)³⁾ následovně:

A.

- | | |
|--|--|
| I. ploché, nerozčleněné nebo slabě rozčleněné roviny | výškové rozpětí do 5 m na vzdálenost 2 km; |
| II. mělce členěné pahorkatiny | výškové rozpětí od 5 do 10 m na vzdálenost 2 km; |
| III. hluboce členěné pahorkatiny | výškové rozpětí od 20 do 200 m na vzdálenost 2 km. |

B.

- | | |
|--|--|
| IV. nízké hory (původu erosivního nebo tektonického) | ostře a hluboce rozčleněné vyvýšeniny s rozpětím od 175 do 350 m na vzdálenost 2 km; |
| V. středně vysoké hory | horské masivy a pásma s rozpětím 350 až 1000 m na vzdálenost 2 km; |
| VI. vysoké hory | příkré hory s ostrým (glaciálně erosivním) členěním s rozpětím 1000 m. |

³⁾ Citováno podle disertační práce Dr. O. Kudrnovské v geografickém ústavu Karlovy univerzity v Praze, „Kartometrické stanovení krajinných typů ČSR“.

Zajímavou methodou hodnocení terénu je také způsob stanovený K. A. Sališčevem („Osnovy kartovedenija“, Moskva 1939), založený na měření sklonu svahů. Podle tohoto způsobu Sališčev rozeznává

- a) rovinný a polorovinný (zvlněný) terén s největším sklonem svahu hlavních tvarů reliéfu do 5° ,
- b) podhůří a hornatý terén s největšími sklony do 15° ,
- c) hornatý terén s největšími sklony nad 15° .

Německá literatura (H. Lehmann: „Aufgaben und Methoden morphographischer Karten“, Jahrbuch v. Kartographie 1941) uvádí stupnici použitelnou zejména pro jižní krajiny Evropy:

1. rovinné terény — v kterékoli nadmořské výšce, při čemž relativní rozdíly výšek mezi údolními a vrcholy nepřesahují 20 m;
2. pahorkatiny — výškové rozdíly se pohybují v rozmezí 20 až 100 m, tvary terénu mají mírné sklony;
3. nízké hornatiny — výškové rozdíly dosahují 100 až 300 m;
4. horské terény — s výraznými hřbety na rozvodí, údolí rovněž výrazná, výškové rozdíly přesahují 300 m.

Pro hodnocení povrchu ČSR methodou srovnávání relativních výšek máme několik stupnic, které se od sebe do určité míry liší.

Dr. Kuchař uvádí („Směrnice pro popis povrchu krajiny“ — Kartografický přehled 1947) stupnici pro relativní rozdíly výšek povrchu terénu (v kterékoli nadmořské výšce) na vzdálenost až 5 km:

- do 30 m — roviny (ve vysočině náhorní roviny),
- od 30 do 200 m — pahorkatiny,
- od 200 do 500 m — vrchoviny,
- od 500 do 1000 m — hornatiny,
- nad 1000 m — velehornatiny.

Jiná rozmezí volí stupnice používaná Dr. O. Kudrnovskou („Kartometrické stanovení krajinných typů ČSR“, Kartografický přehled, Praha 1948, č. 3).

Rozeznává

1. roviny v mezích členitosti od 0 do 30 m,
2. pahorkatiny v mezích členitosti od 30 do 150 m,
3. vrchoviny v mezích členitosti od 150 do 300 m,
4. hornatiny v mezích členitosti od 300 do 600 m,
5. velehornatiny v mezích členitosti nad 600 m,

a to na vzdálenost 4 až 5 km (O. Kudrnovská použila pro tuto metodu čtverců kilometrové sítě na mapách 1:75 000).

Pro vojensko-geografické hodnocení území CSR možno tuto stupnici považovat za příhodnější, neboť rozmezí v ní volená lépe vystihují stupně obtížnosti pro činnost vojsk v daných prostorech. Stupnice Kuchařova je k podobnému použití nevýhodná, protože její rozmezí jsou rozsáhlá (na př. mezi vrchoviny jsou zařazeny prostory s relativními výškovými rozdíly od 200 m do 500 m) do té míry, že podmínky pro činnost vojsk v takto vymezeném krajinném typu jsou značně rozdílné.

Tvarový charakter povrchu dobře vystihuje stupnice stanovená geografickou sekci býv. Vojenského ústavu vědeckého (VÚV) z r. 1947, která rozeznává tyto typy povrchu:



- a) rovinu: plocha v jakékoli nadmořské výšce, zahrnující i plochy s mírnými zakřiveními, s relativními rozdíly až do 20 m.



- b) zvlněný terén: tvoří zvlněné plochy s výškovými rozdíly nad 20 m, ale nedosahující 100 m, všeobecně s pozvolnými svahy.



- c) přerušovaný terén: tvoří mírně zvlněné plochy, přerušované ve větších vzdálenostech údolními malými hloubkami do 50 m, ale s výraznými svahy.



- d) přerývaný terén: prostor, v němž se hustě střídají hřbety (často úzké a dlouhé) s hlubšími údolními přes 50 m hloubky.



- e) rozeklaný terén: tvoří výrazné tvary s výškovými rozdíly mezi údolnicemi a hřbetnicemi od 100 do 300 m.

- f) horský terén: obsahuje markantní temena, často úzké skalnaté hřbety a výrazná údolí přes 300 m relativní hloubky.

Terény ad a) až d) vyskytují se hlavně v nížinách a pahorkatinách.

Nedostatkem této stupnice je okolnost, že není určen interval těchto prvků, které charakterisují přerušovanost a přerývanost terénu. Za nejvhodnější kritérium je však možno považovat vzdálenost 5 km.

Směrnice geografické sekce Vojenského ústavu vědeckého (VÚV) říkají k této otázce dále:

„V některých územích vyskytují se ještě jevy, které není možno zařadit mezi dříve jmenované, při nichž rozlišovacím znakem je relativní výška. Mají však velký vliv na možnosti pozorování, průchodnosti a sjízdnosti terénu. Jsou to



Obr. 1.

- a) skalnaté svahy jednostranné nebo stěny, strmé zemité svahy nebo stupně (na okrajích plošin, zlomy atd.), skalnaté břehy;
- b) osamělé kupy obklopené rovinou;
- c) kras (podzemní prostory).”

Snazším, a jsou-li k dispozici mapy s dostatečně hustou sítí vrstevnic, i rychlejším způsobem je stanovení krajinných typů podle absolutních výšek. Pro vojensko-geografické hodnocení terénu na území ČSR

a většiny povrchu střední Evropy dobře vyhovuje t. zv. norma standardního dělení krajinných typů, kterou stanovila Názvoslovná komise při Národní radě badatelské (vydal VZÚ r. 1938).

Tato norma diferencuje krajinné typy takto:

A. Nížina rozkládá se od 0 m nadmořské výšky do 200 m n. m.

B. Vysočina	středohoří	pahorkatina	od 200 m do 600 m n. m.
		vrchovina	od 600 m do 1000 m n. m.
		hornatina	od 1000 m do 1400 m n. m.
		hole	od 1400 m do 2000 m n. m.
		velehory	nad 2000 m n. m.

Odůvodnění této normy je empirické a spočívá v tom, že v ČSR a téměř v celé střední Evropě se tyto typy krajín v uvedených nadmořských výškách nejčastěji vyskytují. Krajinné typy jsou při tomto způsobu dělení povrchu území vymezeny tedy v hlavních rysech vrstevnicemi nebo horizontálami, které jsou nejčastěji úpatnicemi vysočin. Na území ČSR byly vyznačeny ve formě celků na t. zv. „Úpatnicové mapě“ v měřítku 1:200 000.

Jednotlivé krajinné typy této normy jsou charakterisovány takto:

Nížina, omezená absolutními výškami 0 až 200 m, bývá nejčastěji rovinou (obr. 1), zejména v nižších polohách tohoto výškového rozpětí, nebo mírně zvlněnou krajinou; v absolutních výškách blížících se 200 m nastupuje již někdy v tvárnosti terénu přechod k pahorkatině.

S vojenského hlediska je tento krajinný typ — nebereme-li v úvahu další prvky, jako jsou porosty, mokřiny, půdní poměry a j. — povrchem terénu velmi vhodný pro vedení útočných operací, dovoluje vojskům rychlý pohyb územím všemi směry, umožňuje použití tankomechanisovaných svazků ve velkém měřítku, dává možnost zřizování polních letišť i s dlouhými rozjezdovými drahami, jakož i přistávání výsadků a letounů na větší části svého prostoru. Nevýhodou tohoto terénního typu je, že omezuje možnosti pozorování v důsledku malých relativních rozdílů výšek a neposkytuje přirozené ochrany proti účinkům atomových zbraní, které zde mají plný rozsah své působnosti. Příkladem takového krajinného typu na území ČSR mohou být Polabská nebo Podunajská nížina.

Všechny vyvýšeniny v nadmořské výšce nad 200 m jsou označovány společným názvem „vysočiny“, který je tedy nadřazeným pojmem všem těmto vyvýšeninám.⁴⁾ Největší část těchto vysočin, t. j. všechny vyvýšeniny mezi abso-

⁴⁾ Odtud také pochází nové uplatňování správného geografického názvu „Českomoravská vrchovina“, označující charakteristický krajinný typ, místo vžitého pojmenování „vysočina“.

lutními výškami 600 až 2 000 m n. m. jsou zahrnuty pod společné označení „středohoří“.

Označení krajinných typů na územích ležících mezi 200 až 600 m n. m. za pahorkatinu (obr. 2) je odůvodněno tím, že vyvýšeniny pod horní hranici této vrstvy jsou opracovány působením vnějších vlivů, zejména vodami dříve se zde rozkládajícího miocenního moře, do klidných, zaoblených, málo nad ostatní úroveň vystupujících tvarů — pahorků — se stejnoměrnými, pozvolnými sklony svahů. Povrch terénu vystupující nad tuto hranici 600 m n. m., a tudíž působením miocenního moře nezasazený, je modelován ostřeji.

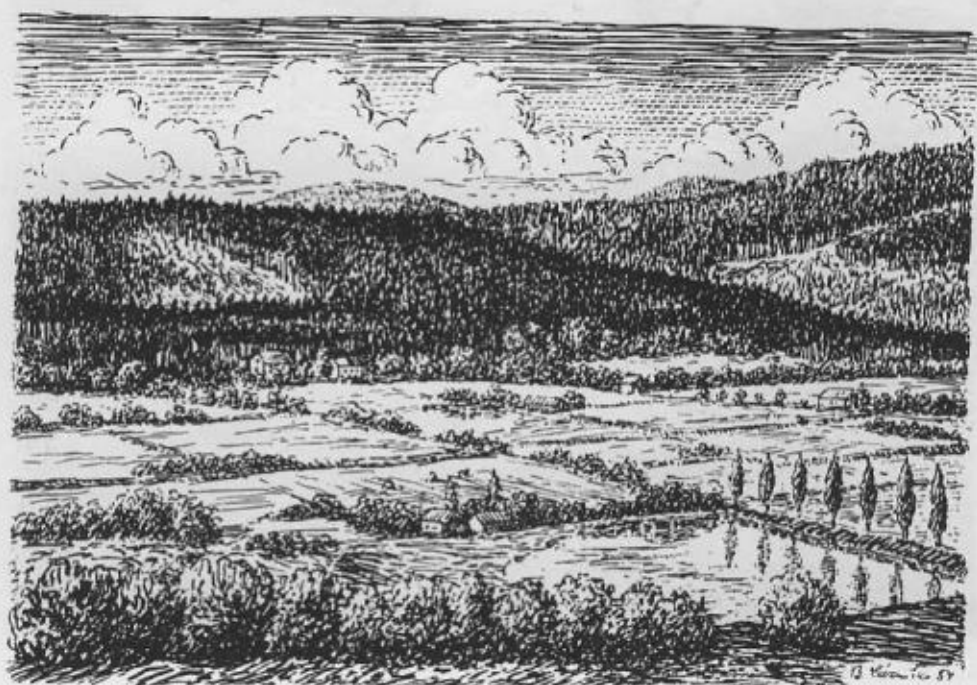


Obr. 2.

Pro hodnocení tvárnosti povrchu na území ČSR je však vhodné, aby uvedená stupnice byla rozšířena ještě o jednu vrstvu a terén v nadmořské výšce mezi 200 až 600 m, označený jako pahorkatina, byl rozdělen na mírnou pahorkatinu převládající v nadmořských výškách 200 až 400 m a na výraznější pahorkatinu (kopcovinu) ve výškách 400 až 600 m n. m.

Pahorkatina, zejména ve svém mírnějším typu, dovoluje vedení boje všeobecně téměř za obdobných podmínek a za stejných možností využití druhů

vojsk jako v rovině. Určitou výhodou tohoto typu terénu je zvětšená možnost pozemního pozorování s jednotlivých pahorků, které umožňují většinou rozhledy kruhové a často s dalekým dosahem. Důležitou úlohu hrají vzájemné vzdálenosti jednotlivých pahorků, t. j. jejich hustota na daném území. Pahorkatina umožňuje do jisté míry, zvláště rozšířenými možnostmi pozorování, větší součinnost druhů vojsk. Ve výraznější pahorkatině, zejména při hustším uskupení pahorků, dochází k částečnému omezení pohybu tankomechanisovaných vojsk a ubývá rozsahu plochy, na které mohou přistávat letouny mimo vybudovaná letiště. Zato má takové území výhodnější podmínky pro budování



Obr. 3.

obrany a poskytuje částečně i přirozenou ochranu před účinky atomových zbraní. Takové vlastnosti má na území ČSR na př. Plzeňská pahorkatina.

Hranice mezi vrchovinou (podhůřím — obr. 3) a hornatinou je stanovena poměrně volně. Na území ČSR je horní hranicí tohoto typu terénu dost často již výška 900 m n. m., které dosahuje většina vrcholů vrchoviny.

Vrchovina, jakožto typ již výraznější vysočiny, ztěžuje částečné vedení útočného boje, zejména tím, že zpomaluje pohyb vojsk v terénu a nedovoluje

použít tankomechanisovaných svazků ve větším měřítku. Na druhé straně však umožňuje vybudování i do hloubky členěné obrany a do určité míry omezuje rozsah účinků atomových zbraní. Typickým příkladem takového území je Českomoravská vrchovina.

Rozhraní hornatin (obr. 4) a holí ve výši 1400 m n. m. je prakticky v terénu ne tak totožné se změnou tvaru povrchu jako s přirozenou hranicí lesa. Přesto je v tvářnosti charakterisována také tím, že pod touto hranicí,

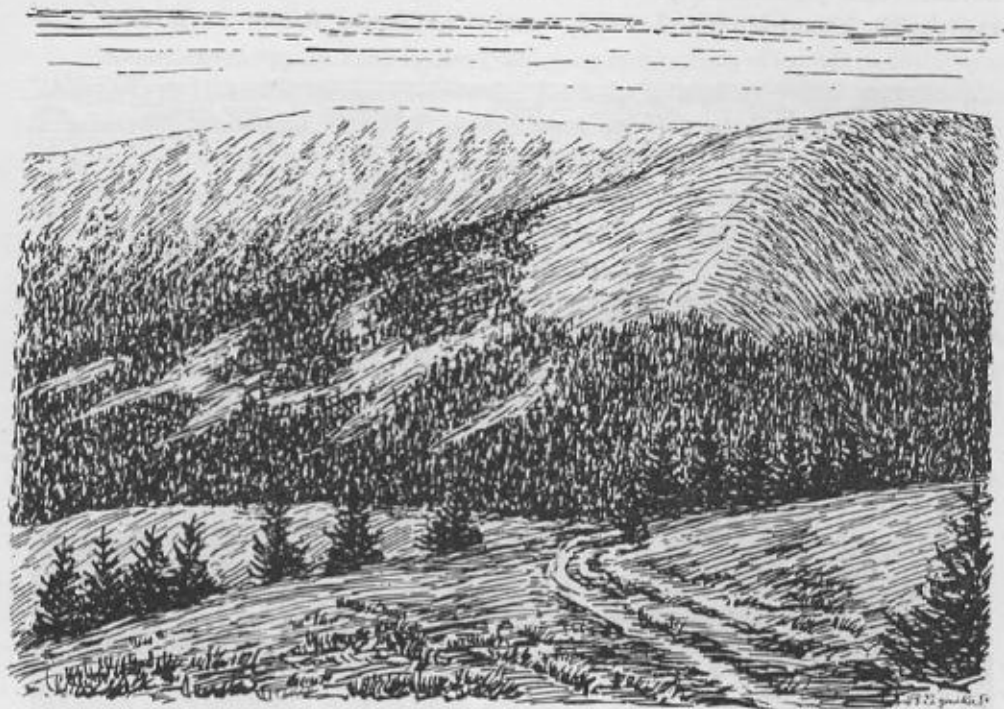


Obr. 4.

t. j. v krajinném typu hornatiny, nezasáhla činnost ledovců a že tvary v hornatině jsou převážně výsledkem činnosti vody, tedy tvarově ostřejší a vyhraněnější.

Hornatina omezuje již do značné míry útočný boj, neboť srázné a často nestejněměrné svahy a horských hřbetů ztěžují i pohyb pěchoty. Motorisovaná vojska jsou v tomto území odkázána většinou již jen na silnice a cesty. Terén je však vhodný pro vedení obranného boje. Dobře vybudovaná obrana, vhodně využívající tvářnosti terénu, vyžaduje v tomto krajinném typu ke své

odolnosti méně sil a materiálu než u předchozích typů. Přírozenou ochranu před účinky atomových zbraní poskytují v hlavních rysech jednotlivé horské hřbety. Ochranu jednotlivců a jednotlivých částí bojové techniky (děl, tanků, motorových vozidel a j.) umožňuje často členitý terén horských svahů. Na území ČSR mají tyto vlastnosti na př. Šumava nebo Jeseníky.



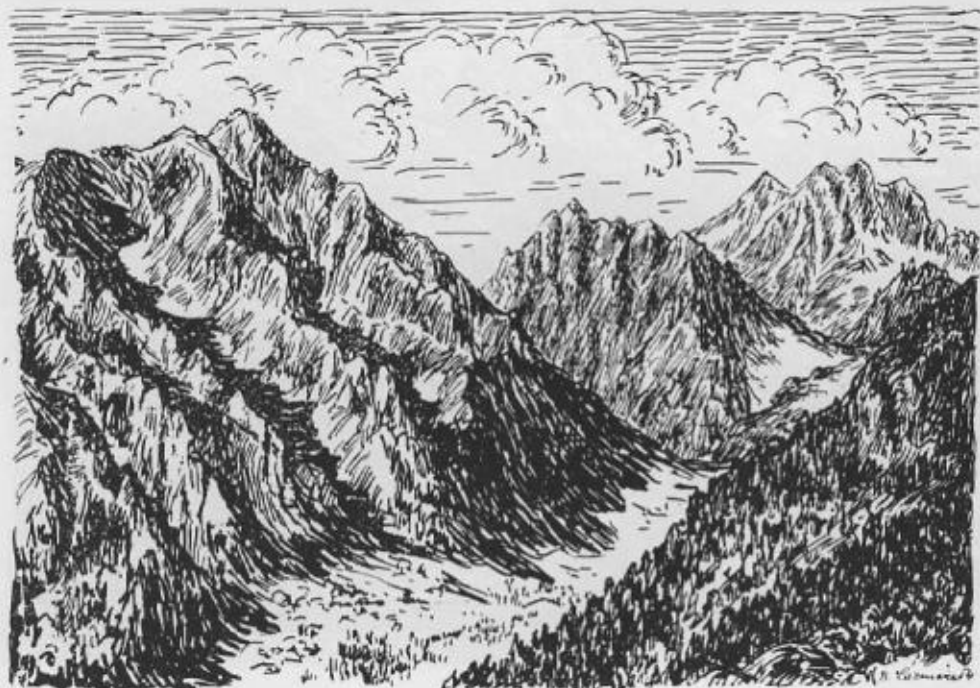
Obr. 5.

Hole (obr. 5) jsou charakterisovány jednak zaobleností, plochostí a stejnoměrností svahů svých vrcholových partií, jednak neterénním prvkem, t. j. již zmíněnou typickou vegetací, horskými loukami a zakrslými formami dřevin (kosodřevina).

Hole se s vojenského hlediska odlišují od hornatin jen tím, že umožňují poměrně dobré pozorování s odkrytých temen a tvarem terénu (bývají na nich však často bažiny a vrchoviště!) nečiní zvláštních obtíží pohybu vojsk na svých vrcholových tvarech. Takovým územím jsou na př. ve své východní části Nizké Tatry a do jisté míry mají tento charakter i Krkonoše.

Na velehorách (obr. 6) převládá skalitý terén uspořádaný do ostrých členitých tvarů, v nichž nejčastěji se vyskytují strmé štíty vrcholící ostrými hroty, svislé skalní stěny, ostré a úzké hřebeny a hluboká, úzká údolí.

Velehory jsou s vojenského hlediska nejobtížnějším terénem. Na svém povrchu ztěžují do největší míry vedení útočných operací kromě v údolích, kde však vojska mohou vést boj jen v hlubokých a úzkých sestavách. Také zásobování vojsk je obtížné, poněvadž může být prováděno jen po snadno zatarasitelných komunikacích. Letecký manévř na území tohoto krajiinného typu



Obr. 6.

je ztížen do krajnosti. Překonávání srázných svahů a skalních stěn velehorských hřbetů vyžaduje zvláštního výcviku a zvláštního výstroje vojsk. Zato je toto území vhodné pro velmi odolnou a hluboce členěnou obranu a ve velké míře chrání před účinky atomových zbraní. Tento charakter mají u nás Vysoké Tatry.

Kromě těchto normou stanovených krajiinných typů může se vyskytovat území s povrchem převážně rovinatým nebo mírně zvlněným, položené však v nadmořské výšce vyšší než 200 m. Tento typ se nazývá plošinou (Středočeská žulová plošina), nebo, leží-li ve vyšších nadmořských výškách, náhorní

plošinou (na př. temenná část Muráňského krasu). Vojensko-geografické charakteristiky těchto krajinných typů jsou v zásadě obdobné jako u roviny nebo mírné pahorkatiny. Plošiny však bývají proti nížinným rovinám značně ostřeji rozbrázděny výraznějšími údolními vodními toků, které mohou tvořit poměrně vážné překážky pohybu vojsk i tehdy, kdy samotné vodní toky nejsou překážkami. U náhorních plošin bývá jejich možné využití nejčastěji ztíženo špatnou jejich dostupností po okolních výrazných svazích a omezeností jejich plochy.

Samostatným typem krajiny, nezávislým na nadmořské výšce, ale podmíněným geologickým složením terénu (vápence), je k r a s typický svými povrchovými a zejména hlubinnými znaky. Z povrchových jsou to především doliny, závrtý a škrapová pole, hlubinnými pak komíny, jeskyně a ponorné cesty vodních toků. Mimořádnými jevy jsou pak propasti vzniklé zřícením stropů velkých jeskyň. Při vojenském hodnocení je třeba vzít v úvahu, že balvanitost povrchu, četná škrapová pole, závrtý, úzká údolí řek nebo t. zv. „suché žleby“ činí často pohyb vojsk v krasovém území obtížným. Velkou předností krasu s vojenského hlediska jsou však četné a často i velké skalní dutiny, jeskyně a podzemní prostory, které jsou velmi odolnými úkryty před účinky atomových zbraní. Kromě toho mohou být krasové podzemní vody zdrojem pro zásobování vojsk čistou, před znečištěním vnějšími vlivy poměrně dobře chráněnou vodou.

Zajímavým je i srovnání, kterým Dr Kuchař vyjádřil souvislost krajinných typů a tvarového charakteru povrchu terénu:

Relief — 1. rovinný

	{ a) zvlněný (s výškovým rozpětím do 70 m a s nevýraznými údolními a rozvodími); b) přerušovaný (s řídkými, ale výrazně zaříznutými údolními až 50 m hlubokými, s nevýraznými rozvodími); c) přerývaný (s hustými, výrazně zaříznutými údolními hlubokými přes 50 m);
2. pahorkatý	
3. vrchovinný	
4. hornatý	} rozeklaný (s výraznými hřbetnicemi a výškovými rozdíly mezi údolními a hřbety většími než 200 m.
5. velehornatý	

Srovnání, i když v části relativního hodnocení terénu je jeho stupnice opět odlišná od dříve uvedených norem, poměrně dobře vystihuje charakteristiku jednotlivých krajinných typů.

O tom, kterého ze způsobů hodnocení a které ze stupnic je vhodné použít, rozhoduje především okolnost, která část povrchu zemského má být hodnocena a jaké prostředky pro provádění hodnocení jsou k dispozici.

Pro vojensko-geografické hodnocení území ČSR nebo jeho části způsobem srovnávání relativních rozdílů výšek v terénu kartometrickou metodou je vhodné použít stupnice Dr O. Kudrnovské a pro upřesnění a prohloubení vyhodnocení tvarového charakteru povrchu stupnice geografické sekce bývalého Vojenského ústavu vědeckého (VÚV), které ve vzájemném skloubení dobře vymezují jednotlivé prostory mající jednotný charakter s hlediska možnosti bojové činnosti vojsk a využitý bojové techniky. Předpokladem pro účelné použití obou metod je však dostatek času k provádění poměrně pracného kartometrického procesu hodnocení a doplňujícího a upřesňujícího průzkumu v terénu.

Při časovém omezení vyhodnocovacích prací splní dobře svůj úkol způsob stanovení krajinných typů a tím i vymezení celků charakteristických s vojenského hlediska metoda Národní rady badatelské, rozšířená o stupeň „výrazných pahorkatin“ v absolutních výškách 400 až 600 m. K ucelení a prohloubení výsledků tohoto způsobu hodnocení, který postrádá možnost upřesnění osobním průzkumem, je účelné použít monografických prací geografické literatury a obrazového materiálu (pozemních panoramatických snímků a šikmých leteckých snímků).

Bude účelné zmínit se i o dvou dalších systémech geografického dělení povrchu terénu vztahujících se výhradně na území ČSR. Jsou to: Vymezení geografických, respektive orografických celků ČSR stanovené ČSAV v r. 1954 a ve stejné době zpracovaná „Soustava horopisu ČSR“ prof. Dr Hromádka, pořízená původně pro názvosloví vydávaných vojenských map.

Systém ČSAV se liší od „Úpatnicové mapy“ Národní rady badatelské zejména tím, že hranicemi orografických celků jsou převážně údolnice, v druhé řadě hřbetnice, respektive rozvodní čáry, a jen v menším rozsahu vrstevnice. Použitím údolnic za hranice orografických celků dochází při tomto způsobu vymezování celků k tomu, že některá menší, avšak s vojenského hlediska důležitá území jsou začleněna do větších sousedních celků a tím z takto upravené mapy prakticky zmizí. Tak na př. Sokolovská kotlina, která je výraznou sníženinou mezi Krušnými horami a Slavkovským lesem a s vojenského hlediska je přirozeným průchodem všeobecně mezi Mosteckou a Chebskou pánví, je hranicí, procházející po údolnici toku Ohře, přičleněna z větší části k celku Krušných hor, ačkoli se charakterem svého povrchu od jejich horského terénu podstatně liší. Obdobně je na př. připojena Tachovská brázda k celku Českého lesa přestože je zřetelně odlišným celkem se zcela jinou tvářností povrchu (značně odkrytá zvlněná rovina až pahorkatina) než má Český les (většinou zalesněná vrchovina

až hornatina). Tento způsob vymezení orografických celků je tedy vhodný pro úměrné (s hlediska generalisace) umístění názvosloví na mapách menších měřítek, avšak málo vhodný pro využití k vojensko-geografickému hodnocení terénu.

Hromádkova „Soustava horopisu ČSR“, ve které je v hodnocení povrchu zejména široce uplatněno jinak geomorfologicky správné hledisko kladoucí důraz na rozdíly postupu a stadia vývoje tvárnosti terénu jednotlivých prostorů ve vztahu působení vnitřních i vnějších vlivů na jejich geologickou strukturu, rozděluje povrch území na velké množství, většinou malých a svými vnějšími formami jen málo se lišících celků. Soustava sice vhodně vymezuje řadu celků, mimo jiné i Sokolovskou kotlinu i Tachovskou brázdou, avšak třífází některé, v hlavních rysech jednotné prostory. Tak na př. Pražskou plošinu rozděluje, kromě nevelké Pražské pahorkatiny, na Kladenskou, Turskou, Únětickou, Horoměřskou, Unhošťskou, Chotečskou, Uhřiněvskou, Počernickou a Zdibskou plošinu, které všeobecně mají vzájemně jen málo odlišnou tvárnost. Soustava, na rozdíl od předchozí, vyhovuje s kartografického hlediska pro lokalizační názvy na mapách velkých měřítek. Ve svém celku však značná rozříštnost povrchu, která je výsledkem Hromádkova dělení, ztěžuje účelné použití i této soustavy pro vojensko-geografické závěry.

II. Výsledky vojensko-geografického hodnocení terénu.

Výsledkem vojensko-geografického rozboru povrchu terénu (s přihlédnutím ke všem ostatním prvkům, které určují charakter jednotlivých prostorů) je vyčlenění celků shodných s hlediska charakteru terénu, které dávají na své ploše přibližně stejné podmínky pro bojovou činnost vojsk.

Nejmenšími z nich jsou terénní celky, určitým způsobem ovlivňující bojovou činnost vojsk s hlediska taktického. Takovými celky jsou na př. úseky údolí větších řek, pánve a kotliny, skupiny pahorků nebo vrchů, jednotlivé horské hřbety a pod. Základním měřítkem pro vyčlenění terénních celků jsou jednak charakterové vlastnosti povrchu, kterými se liší od ostatní části území, jednak možnosti pozorování. Tak na př. terénním celkem může být jeden z hřbetů pohoří, který se liší od sousedních sklony svých svahů, hustotou nebo druhem porostu a pod. a vyžaduje použití jiného taktického použití vojsk i materiálu. Hranicí takového terénního celku bývá zpravidla úpatnice nebo jiná horizontála. Jsou-li kritériem pro stanovení terénního celku možnosti pozorování, a to bývá nejčastěji, pak terénním celkem jsou kotliny, pánve nebo úseky údolí řek, které lze se všech nebo s většiny směrů přehlednout s jedné pozorovatelné nebo se spřaženého systému nanejvýš dvou až tří pozorovatelů. Hranicemi takových celků pak jsou horizonty, tvořené hřbetnicemi terénních vyvýšených tvarů (hřbetů, vrchů nebo pahorků), které pánve nebo kotliny ob-

klopují. Čím členitější je terén, tím menší jsou terénní celky. Příkladem terénního celku v hornatém terénu může být údolí pramenů řeky Labe v Krkonoších. Celek je ohraničen na jihu hřbetem Kokrháče a Medvědína na jedné straně a Kozími hřbety na druhé straně. Na severu je jeho hranicí hlavní pohraniční hřbet, který je současně i hranicí viditelnosti s temen hřbetů na jižním okraji celku. Tento terénní celek je poměrně velký. Značně menší jsou celky v drobně členitém terénu vrchovin nebo v údolích řek. V rovinatém nebo zvlněném terénu se rozměry terénního celku často blíží nebo jsou shodné s územním celkem. Na př. Plzeňská pánev může být i terénním i územním celkem.

Důležitým výsledkem vojensko-geografického hodnocení tvárnosti povrchu terénu je vymezení územních celků, t. j. takových prostorů na daném území, ve kterých převládají vlastnosti jednotlivých krajinných typů — rovinný, pahorkovitý, vrchovinný, horský nebo velehorský charakter — a které v komplexu se všemi ostatními prvky — porosty, bažinami, rašelinšti, řekami atd. — ovlivňují do určitých stupňů činnost vojsk s hlediska taktického i operačního. Územními celky na československém území jsou na př. Šumava, Český les, Krušné hory nebo Středočeská žulová plošina, ale také Hornomoravský úval a jiné, a kryjí se nejčastěji s přirozenými orografickými celky.

Hranicí, která vymezuje územní celek, bývá nejčastěji úpatnice vysočin, která současně také odděluje vhloubené tvary — sníženiny. Někdy jí může být hřbetnice, a to tehdy, kdy na obou stranách vysočiny je odlišná tvárnost povrchu, jiné porostní poměry atd. Jestliže řeka odděluje dvě charakterově různá území, může být hranicí i údolnice. Tak tomu bývá nejčastěji ve velmi členitém terénu (horském nebo velehorském), kde horské skupiny a masivy oddělují úzka, hluboce zaříznutá údolí. V některých případech může být hranicí územního celku čára, která je kombinací všech těchto tří terénních čar. Hranicí územního celku může však být i čára, která protíná napříč všechny obvyklé terénní čáry a překračuje často i značné výškové rozdíly. V takovém případě nejčastěji prochází příčně sedly.

Některá území dovolují vymezit velké prostory, které mají typické vlastnosti tvárnosti terénu a vzájemně se přitom nápadně odlišují. Takové celky nazýváme celky geografickými a jejich vymezení přichází v úvahu při operacích většího rozsahu. Jako příklad: Území ČSR se dělí na dva typické geografické celky — na západní, které tvoří rozložitě, v hlavních rysech však zaoblené a do uzavřeného tvaru uspořádané horské hřbety, mezi kterými jsou uzavřené velké kotliny, t. j. Český masiv starobního krajinného charakteru, a východní, který představují úzké, výrazné, v mnohých případech na temenech rozčleněné horské hřbety Západních Karpat, které na sebe vzájemně navazují a

tvoří dlouhé souvislé sledy pohoří. Roviny jsou v tomto případě po obou stranách horstva a jsou otevřené. Pod vlivem těchto základních rysů bude každý z celků vyžadovat jiného využití vojsk a materiálu.

III. Způsoby vyjádření výsledků vojensko-geografického hodnocení terénu.

Vojensko-geografické zhodnocení povrchu terénu je nejvhodnější vyjádřit

1. graficky — na mapě nebo náčrtu,
2. textově — stručným výstižným popisem,
3. obrazově — panoramatickými snímky nebo šikmými leteckými snímky.

1. Mapa, která má být vyjádřením výsledků vojensko-geografického hodnocení terénu, má v přehledné formě zachycovat všechny vojensko-geograficky důležité terénní prvky zjištěné průzkumem nebo studiem pramenů. Aby tyto prvky vynikly, je vhodné použít jako podkladu pro vojensko-geografické mapy podkladů s původní náplní více méně potlačenou. Na takto potlačeném tisku je pak vhodné výraznými barvami vyznačit vojensko-geografickou nástavbu, která rychle orientuje uživatele o všech zjištěných prvcích terénu důležitých s hlediska taktického nebo operačního.

K zvýšení výraznosti základní tvářnosti terénu a tím i přehlednosti jeho charakteru na mapě je účelné užít buď t. zv. „hřbetování“ nebo hypsometrické barevné stupnice.

Hřbetování je nejlépe provádět hnědou nástavbovou barvou, která dobře vzbuzuje dojem plasticity terénu na podkladové mapě, zvláště v mapách větších měřítek. K zvýšení dojmu plasticity terénu je možno hřbetování provádět různě silnými hřbetnicemi tak, aby se šířka kresby hřbetnice řídila nadmořskou výškou, v které hřbetnice probíhá, t. j. aby s nadmořskou výškou úměrně přibývala i šířka kresby hřbetnice.

Při použití hypsometrické barevné nástavby k vyjádření plasticity terénu je třeba volit vhodnou stupnici výškových vrstev a jim odpovídajících barev, což se řídí velikostí měřítka použité mapy. V mapách středních měřítek, které nejlépe vyhovují pro použití při operačním řízení bojové činnosti vojsk, je nejúčelnější volit stupnici vrstev, odpovídající v zásadě uvedené normě standardního dělení krajinných typů, rozšířené o vrstvu od 400 do 600 m (výrazná pahorkatina — kopcovina). Takto nástavbou opatřená mapa poměrně zřetelně vyjadřuje v hlavních rysech územní celky a jejich vzájemné uskupení.

Důležité podrobnosti v tvářnosti terénu v jednotlivých terénních, územních nebo geografických celcích, které mohou mít vliv na bojovou činnost vojsk, je vhodné zdůraznit v nápadné barevné nástavbě předepsanými smluvenými nebo vhodně volenými názornými značkami.

Vhodným doplňkem takto vybavených vojensko-geografických map mohou být na okraji mapy nebo v textové části umístěné nejdůležitější nebo nejcharakterističtější příčné profily terénu.

Výslednicí studia a průzkumu terénu může být kromě toho přehledná mapa schůdnosti a sjízdnosti terénu se zákresem největších a nejobtížnějších překážek, schůdných, ale nesjízdných nebo i neschůdných prostorů.

2. Textová část má být stručným a výstižným doplňkem vyhodnocené mapy, vyjadřujícím důležité charakteristické vlastnosti terénu území, které nemohly být v mapě graficky zachyceny buď proto, že je nelze vhodně graficky vyjádřit, nebo které by mapu v nástavbě přeplnily. Současně je vhodné uvést zde hlavní závěry v hodnocení vlivu povrchu terénu na bojovou činnost vojsk v daném prostoru.

3. Obrazová část se skládá z vybraných panoramatických snímků nebo šikmých leteckých snímků, které zachycují charakteristické rysy nebo důležité podrobnosti povrchu terénu daného území. Tyto snímky jsou vhodným doplňkem jak vyhodnocené mapy, tak textové části hodnocení, neboť názorně vystihují typické vlastnosti příslušné části terénu a umožňují rychlou a přesnou informaci.

Z á v ě r

Vojensko-geografické vyhodnocení terénu a dokumenty, které jsou výsledkem této práce, jsou-li výstižně a názorně zpracovány a je-li jich dovedně využito, mohou být velmi účinným prostředkem k urychlení a zkvalitnění práce velitelů a jejich štábů. Význam těchto pomůcek při krátkosti lhůt pro rozhodování v podmínkách soudobého boje stále stoupá. Je proto úkolem ustavičně zkvalitňovat metody vojensko-geografického vyhodnocování terénu možných válčičišť, t. j. prostorů, ve kterých lze předpokládat bojovou činnost vojsk, a stále více prohlubovat využití vojensko-geografických dokumentů veliteli a štáby.

Elektronkové měření délek v geodesii

ÚVOD

Pracovní proces zhotovení mapy zahrnuje do sebe tři základní rozsáhlé druhy prací — geodetické, fototopografické a kartografické, spojené navzájem pevnou závislostí. Je jasné, že základní změny ve způsobu jedné z těchto prací nutně vyvolávají změny v metodách zbývajících prací.

V době, kdy v topografickém mapování byla stolová metoda hlavním způsobem mapování, trvaly topografické práce vzhledem k ostatním jmenovaným druhům prací nejdéle a výrobní proces byl celkem plynulý. (Na příklad poměr geodetických prací k topografickým byl asi 1:3.)

Ovšem s prudkým vývojem fotogrammetrie byla produktivita fototopografických prací několikanásobně zvětšena, při čemž se rozsah geodetických prací nezmenšil, naopak mnohdy i vzrostl v důsledku nového druhu geodetických prací, a to pro nutnost měření vřícovacích bodů. Tím vznikl nepříznivý poměr mezi možnostmi fototopografie a klasickými metodami pořizování geodetických podkladů, který byl zhoršen ještě tím, že geodetické práce musí nutně předcházet pracím fototopografickým. Nastala skutečnost, že dnes jsou geodetické práce nejpracnější, nejdéletrvající, ale i nejnákladnějším pracovním procesem.

Odstranit vzniklý nepoměr je možno dvojí cestou: Buď zvýšením počtu odborných sil, čímž se však zmíněné nevýhody dosavadních metod neodstraní, nebo použitím nových metod při budování geodetických podkladů.

Bylo již dosaženo významných úspěchů využitím moderních fotogrammetrických metod (aerotriangulace), kdy bylo možno značně omezit měřické práce v terénu při měření vřícovacích bodů. K tomu však došlo v důsledku nových fotogrammetrických metod a klasické geodetické metody zůstaly nezměněny.

Prudký rozmach elektrotechniky v posledních 30 letech dává možnost jejího využití i v geodesii.

Elektronkové metody je možno využít při měření délek, při měření výšek a konečně při vyčíslování geodetických prací — použitím elektronkových počítacích strojů.

Pro geodesii má dnes již velký význam elektronkové měření délek, při němž je pomocí různých typů přístrojů možno určovat délky v rozmezí 200 m až 600 km s přesností vyhovující pro všechny geodetické podkladové práce. Elektronkové měření výšek nedosahuje doposud potřebné přesnosti, proto rozsah jeho využití je menší.

Značného zmenšení objemu geodetických prací bylo dosaženo v SSSR. Při pořizování leteckých snímků se metodami radiolokace v okamžiku expozice určuje poloha letounu, a to zaměřováním z pozemních radiových stanic umístěných od sebe 120 až 250 km, jejichž souřadnice byly předtím určeny. Výška letounu se určuje radiovými výškoměry a statoskopy. Tím odpadá zaměřování vřícovacích bodů v terénu. Tímto způsobem bylo pokusně proměřeno území asi 100 000 km² s velmi obtížným terénem, při čemž přesnost určení horizontálních souřadnic odpovídala střední chybě ± 20 až 25 m. Tato metoda umožnila snížit objem geodetických prací o 60 až 70 %.

Hlavním úkolem vlastního informativního článku bude objasnění principu metod a přístrojů a možností k využití elektronového měření délek v geodesii.

Nejpřesnější metodou, jak vyplývá z tabulky, je měření délek pomocí interference světla.¹⁾ Spolu s elektronovými metodami patří do t. zv. fyzikálních metod měření délek. Používá se k cejchování invarových drátů (24 m). Pomocí interference světla, t. zv. multiplikační metodou, je možno měřit i větší vzdálenosti vzniklé jako násobky délkového normálu (1 nebo 2 m) až do délky 860 m. Toto měření má však význam více theoretický a výzkumný než praktický. Příprava k němu je velmi složitá a nákladná a měření je náročné na příznivé povětrnostní podmínky.

Měření invarovými dráty je stále ještě nejpřesnější metodou pro základnové měření. Jelikož se obvykle z přímo měřené základny určuje odvozená základna, z které se odvozuje rozměr trigonometrické sítě, je délka této odvozené základny určena již s menší přesností, a to při dobře rozvržené a přesně zaměřené triangulační základnové síti asi 1:500 000.

Z uvedené tabulky vyplývá, že elektronové měření délek má v geodesii velké uplatnění a při zachování vysoké přesnosti i podstatně zvýší produktivitu geodetických prací. Možnost využití bude především v délkovém zaměřování dlouhostranných trigonometrických sítí (trilaterace) o stranách 200 až 300 km k vybudování geodetických podkladů v rozsáhlých, málo obydlených územích pro mapování v měřítku 1:50 000 a 1:100 000. Konečně se široce uplatní v přesné polygonometrii při měření délek a při měření délek trigonometrických stran pro zlepšení rozměru trigonometrických sítí a pro jiné geodetické úkoly, kde je nutno přesně zjišťovat délku.

1) Úkaz zvaný interference známe z nauky o zvuku nebo světle. Setkají-li se dvě vlny, jejichž amplitudy jsou právě souhlasné, zesílí se, v opačném případě se zeslabí, nebo jsou-li jejich amplitudy stejně veliké, ale opačných znamének, dokonce se vzájemně ruší. Jestliže dvě vlny různých kmitočtů spolu interferují, vznikne nová výsledná vlna s rozdílovým kmitočtem.

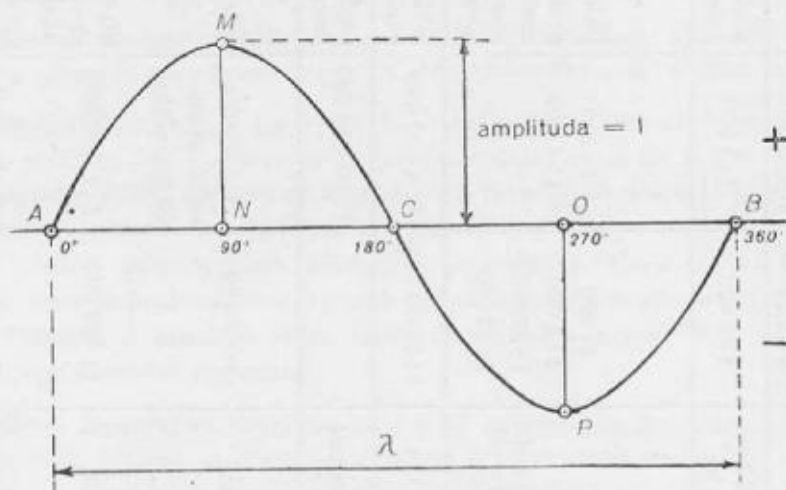
Měření délek v geodesii — přesnost měření

Měření délek můžeme rozdělit podle použité měřické techniky takto:

TABULKA 1.

	Způsob měření	Rozsah	Relativní chyba		Využití
			normál. okol.	příznivé okol.	
1	Přímé měření délek pásmem	do 200 m i výše	1 : 2 000	1 : 3 000	zhušťování geod. sítě polygonometrie
2	Optické měření délek a) nitkové dálkoměry - tachy- metrické měření b) dvojobrazové dálkoměry c) paralaktická metoda	350 m 150 m 500 m při zákl. laťi, 1000 m při invar. drátu	1 : 400 1 : 2 000 1 : 20 000 1 : 50 000	1 : 500 1 : 4 000	tachymetrické měř. zhušťování geod. sítě zhušťování geod. sítě přesná polygono- metrie.
3	Měření délek invarovými dráty	5 až 10 km	1 : 1 000 000 — 1 : 3 000 000		základnové měření v triangulaci.
4	Interferenční měření délek	do 25 m, spec. metodami do 860 m	1 : 10 000 000		cechování inv. drátů pro zákl. měření
5	Elektronkové měření délek a) radiové metody (radiolokace) SHORAN, HIRAN, LORAN, DECCA b) světelné metody (světlolokace) 1. geodimetr 2. světlodálnoměry polního typu: sovětský SVV-1 německý EMc	100 m až 600 km do 40 km	1 : 60 000	1 : 100 000 zvlášť přízni- vé podmínky 1 : 1 000 000	trilaterace triangulace - měření stran I. řádu - trilaterace přesná poly- gonometrie.

Úhlová triangulace dosáhla již vrcholné přesnosti a další zvyšování přesnosti by se mohlo uskutečnit jedině zvětšením počtu pozorování. To však by jednak nebylo hospodárné, nadto by to znamenalo prodloužení celkové doby pozorování a tím i větší nebezpečí z refrakčních změn v atmosféře a není pak jisté, zda by tento způsob vedl skutečně k zvýšení přesnosti. Proto je možno zvýšit přesnost a tuhost sítí prováděním velmi přesného měření délek trigonometrických stran elektronkovým měřením, a to světelnými metodami (elektrooptickými.)



Obr. 1.

II. ELEKTROMAGNETICKÉ VLNY — ELEKTRONKOVÉ MĚŘENÍ

Zde budou vysvětleny základní pojmy z vlnové mechaniky a z elektrotechniky, nutné k sledování dalších výkladů.

Šíření všech elektromagnetických vln považujeme za vlnivý rozruch periodické povahy, při němž všechny částičky světelného paprsku kmitají v rovině kolmé na směr šíření a vytvářejí v kterékoli rovině, procházející osou kmitů O , charakteristické sinusoidy. Jako každý periodický jev je vlnění charakterisováno délkou vlny $AB = \lambda$, velikostí rozkmitu čili amplitudou $I = MP = OP$ a počtem kmitů za vteřinu (kmitočtem) čili frekvencí f . Kmitem nebo cyklem nazýváme dráhu myšleného bodu po sinusoidě od bodu A do bodu B . Modulací elektromagnetických vln rozumíme změnu některé z jejich charakteristických veličin.

Délka vlny se vyjadřuje v metrech nebo centimetrech. Čas, za který proběhne jeden kmit, je *dobou kmitu* nebo *periodou* (T).

$$\text{kmitočet } f = \frac{1}{T}$$

To znamená, čím větší je délka vlny, tím menší je kmitočet. Kmitočet vyjadřujeme v cyklech za vteřinu (c/sec) nebo v hertzech (Hz), při čemž 1 c/sec = 1 Hz. Při radiolokačním zaměřování se často používá kmitočtu i o několika milionech cyklů a pak se vyjadřuje většími jednotkami, jako kilocykly (kc/sec) nebo megacykly (mc/sec). Známe-li rychlost šíření vlny v čili vzdálenost, kterou vlnivý rozruch urazí za jednu vteřinu, a počet kmitů za vteřinu (frekvenci f), můžeme vypočítat délku vlny z rovnice

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Příklad: Viditelné světlo, rychlost $v = 3.10^5$ km/sec, kmitočet 2 mc/sec (to znamená, že délku 300 000 km v prostoru vyplní 2 000 000 kmitů); pak délka vlny $\lambda = 300\,000 : 2\,000\,000 = 0,15$ km = 150 m.

U světelného záření délka vlny je charakterisována barvou světla a amplituda jeho intenzitou. Okamžitý stav periodického dění je také vyjádřen *fázovým posunem* φ . Můžeme ho vyjádřit *úhlovou rychlostí* ω (kruhový kmitočet) nebo příslušnou částí cyklu.

Tak na příklad: V bodě M je $\varphi = 90^\circ$ nebo 0,25 cyklu $\left(\frac{\pi}{2}\right)$,

v bodě C je $\varphi = 180^\circ$ nebo 0,5 cyklu (π).

Změnu intenzity elektromagnetického pole v závislosti na čase můžeme vyjádřit vztahem pro její okamžitou hodnotu:

$$I = I_0 \cdot \sin(\omega t - \varphi),$$

kde I_0 = amplituda,
 t = čas,
 ω = úhlová rychlost,
 φ = fázový posun.

Úhlovou rychlost ω vypočteme ze vzorců

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi}{T}, & \text{při čemž } f &= \frac{1}{T}, \\ \omega &= 2\pi f, & & \\ \omega &= \frac{2\pi v}{\lambda}, & \text{" " } f &= \frac{v}{\lambda}, \end{aligned}$$

podle toho, známe-li periodu (T), kmitočet (f) nebo délku vlny (λ). Z této skutečnosti se odvozují i radiolokační způsoby zaměřování.

TABULKA 2. — Desetinné třídění kmitočtů a vln.

Kmitočet				Vlnová délka			Použití
název	c/sec	kc/sec	mc/sec	m	cm	název vln	
Podzvukové	0	—	—			podzvukové	technický střídavý proud, telefon a pod.
	30	—	—	$1 \cdot 10^7$	—		
	300	—	—	$1 \cdot 10^6$	—		
Velmi nízký	—	3	—	$1 \cdot 10^5$	—		rozhlas,
	—	30	—	10 000	—	myriametrové	
Nízký	—	300	—	1 000	—	kilometrové	radiokomunikace
Střední	—	—	3	100	—	hektametrové	navigační
Vysoký	—	—	30	10	—	dekametrové	radiolokace
Velmi vysoký	—	—	300	1	—	metrové	radiolokace
Ultravysoký	—	—	3000	—	10	decimetrové	radiokomunikace
Supravysoký	—	—	30000	—	1	centimetrové	" , televise
Extrémně vysoký	—	—	$3 \cdot 10^5$	—	0,1	milimetrové	viditelné světlo
	—	—	$3 \cdot 10^6$	—	0,01	mikrovlny	infra-červ. pap. roentgenové kosmické záření

Elektromagnetické vlny nejvíce charakterisuje vlnová délka, z níž odvozuje kmitočet. Podle toho jsou vlny také rozdělovány a tříděny, jak je uvedeno v tabulce 2.

Světelné vlny mají velmi dobré měřické vlastnosti, jako přímočaré šíření, velkou rychlost a schopnost odrazu. Nejbližší příbuzné světelným vlnám jsou infračervené paprsky. Dosud se v měřické praxi málo uplatňují. Vln vyšších kmitočtů, jako ultrafialové a röntgenové, není možno použít, neboť tyto vlny předměty prostupují a odražená část paprsků má malou energii, které se již nedá použít k měření. K měřickým účelům jsou nejvhodnější vlny delší než má světlo, a to radiové vlny.

Elektronkové měření je v podstatě měření času, který potřebuje elektromagnetická vlna k překonání dráhy mezi koncovými body základny tam i zpět. Podle způsobů měření a použité vlnové délky v zásadě rozlišujeme dvě skupiny metod, jak bylo vyznačeno v tabulce 1. Liší se délkou nosných elektromagnetických vln, délkou dosahu, způsoby měření času (přímé a nepřímé) a dosažovanou přesností měření.

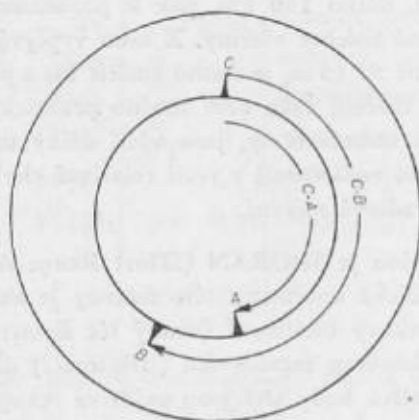
Výsledkem měření je délka, která je však zatížena mnohými systematickými chybami fyzikálního původu. Tato změřená délka nepředstavuje ještě délku geodetické křivky. Proto se t. zv. fyzikální redukci nejdříve odstraní hlavní ze systematických fyzikálních vlivů. Pak se vhodným způsobem tato délka dále převede t. zv. matematickou redukci na délku geodetické křivky.

III. RADIOVÉ METODY MĚŘENÍ DÉLEK

Základem radiových metod měření délek v geodesii je přímé měření doby šíření elektromagnetického impulsu, který je vyslán vysilačem na jednom konci měřené základny. Po odražení na druhém konci základny se vrací do výchozího bodu. Rychlost šíření tohoto impulsu, který je nesen elektromagnetickou vlnou s frekvencí asi 300 MHz, je však velmi značná, kolem 300 000 km za vteřinu. Máme-li změřit na př. délku 150 km, pak k proběhnutí této vzdálenosti tam i zpět je zapotřebí jedné tisíciny vteřiny. Z toho vyplývá, že máme-li tuto vzdálenost změřit s přesností ± 15 m, je nutno změřit čas s přesností $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ vteřiny. Jelikož přesnost měření času není možno prakticky neomezeně stupňovat za mez několika setin mikrovteřiny, jsou větší délky určeny s menší relativní chybou a naopak kratší vzdálenosti s větší relativní chybou. Tento poznatek je charakteristický pro radiové měření.

Nejnámější metodou je SHORAN (SHort Range Aerial Navigation). Nejdůležitější součástí měřické aparatury této metody je zařízení pro měření času, a to speciální elektronkový oscilograf (zvaný též Brownova trubice). Tato metoda se využívá k délkovému zaměřování (trilateraci) dlouhostranných trigonometrických sítí. Jednotlivé body sítě jsou nejdříve rekognoskovány v terénu na nejvýše položených terénních místech, jejichž poloha se určí přibližně astronomicky. Jejich výška se určí rovněž přibližně barometrickým měřením. Vlastní měření se provádí z letounu, ve kterém je vmontována měřicí aparatura. Proto není nutná vzájemná viditelnost koncových bodů měřené základny. Měřená vzdálenost nemá být kratší než 200 km. Měření se provádí t. zv. impulsovou metodou. Pozemní radiové stanice umístěné v koncových bodech měřené základny řídí letoun tak, aby letěl napříč základny blízko jejího středu. V letounu je vysílací stanice, která se uvede v činnost asi 5 km před přeletem základny a naopak ve stejné vzdálenosti po přeletu se zastaví. Po celou tuto dobu vysílá pravidelné elektromagnetické impulsy na vlnové délce kolem 1 m. Na koncových bodech základny jsou instalovány pozemní stanice (ozvěnové stanice), které zesilují a odrážejí zachycený impuls, při čemž způsobují též menší změnu frekvence nosné vlny. Je to z toho důvodu, aby bylo možno navzájem v měřicí aparatuře odlišit odražené impulsy obou ozvěnových stanic. V měřicí aparatuře se na obrazovce Brownovy trubice registrují okamžiky vysílání a zachycení od-

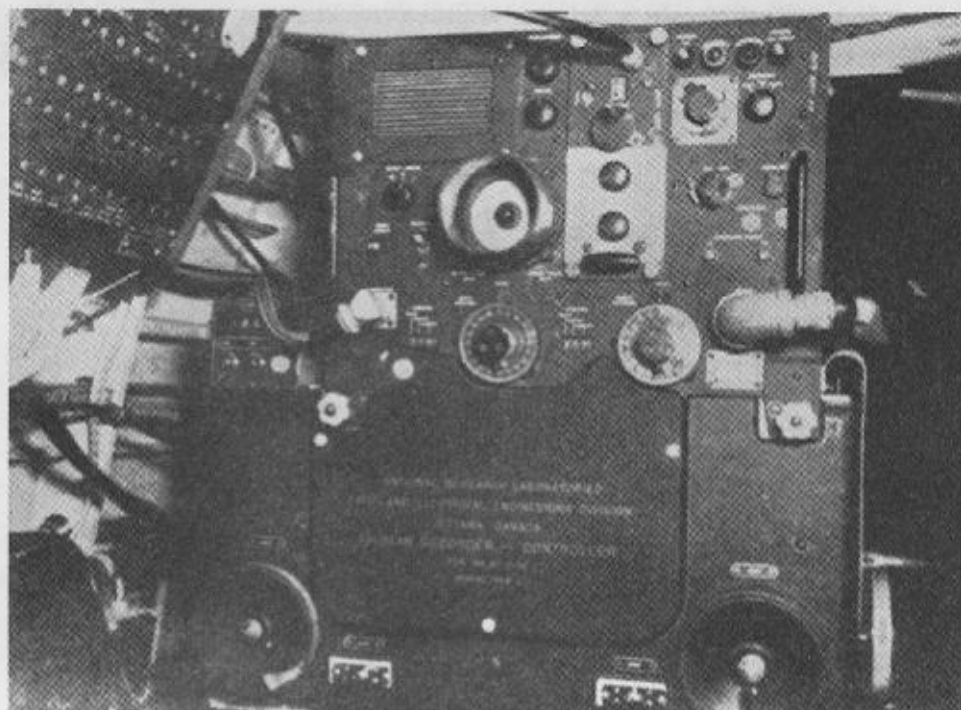
raženého impulsu výraznými výchylkami, které omezují časový interval. Při nejnižší frekvenci (na př. 1500 Hz — rychlost 100 km/sec) musí pozorovatel dvěma otáčecími knoflíky přivést výchylku AB s ukazatelem C do koincidence, t. j., že se obě časové výchylky udržují na obrazovce těsně pod sebou. Otáčením knoflíků se uvádějí v činnost dva počítače pro vzdálenost CA a CB, na kterých ukazatel udává celé stovky kilometrů. Nyní je nutno přepojit na vyšší frekvenci (na př. 15 kHz), čímž se poruší koincidence časových výchylek, neboť při prvním měření nebylo možno měřit desítky kilometrů. Otáčením knoflíků se opět obnoví koincidence, čímž je možno nyní odečítat desítky kilometrů. To se opakuje ještě jednou při přepojení na nejvyšší frekvenci, takže možno odečíst i jednotky a zlomky kilometrů. Jelikož se letoun stále pohybuje, musí pozorovatel stále otáčet knoflíky, aby koincidence byla zachována. Vezmeme-li



Obr. 2.

nyní v úvahu, že letoun letí rychlostí 100 m za vteřinu, což znamená na př., že šikmá vzdálenost 100 km se bude měnit za jednu vteřinu o 0,05 m, znamená to, že pozorovatel může celkem pohodlně otáčením knoflíků stále udržovat koincidence. Pomocí převáděcího mechanismu se mohou přímo odečítat změřené délky na stupnici počítače s přesností asi 1 m (t. j. jen vnitřní přesnost počítače, skutečná přesnost měření má střední chybu ± 4 až 6 m). Jelikož by pozorovatel nestačil ve zlomcích vteřiny provádět i odečítání údajů počítačů, výsledky se neustále zaznamenávají (obr. 3), a to tak, že se každé tři vteřiny ofotografávají všechny údaje palubní desky přístroje (výška letu, čas, teplota, směr letu atd.). To znamená, že v době přeletu 10 km $\approx 11\frac{1}{2}$ minuty se pořídí přibližně 30 snímků. V každém okamžiku se měří dvě vzdálenosti, t. j. od okamžité polohy letounu ke koncovým bodům základny. Čím více se bude letoun k této

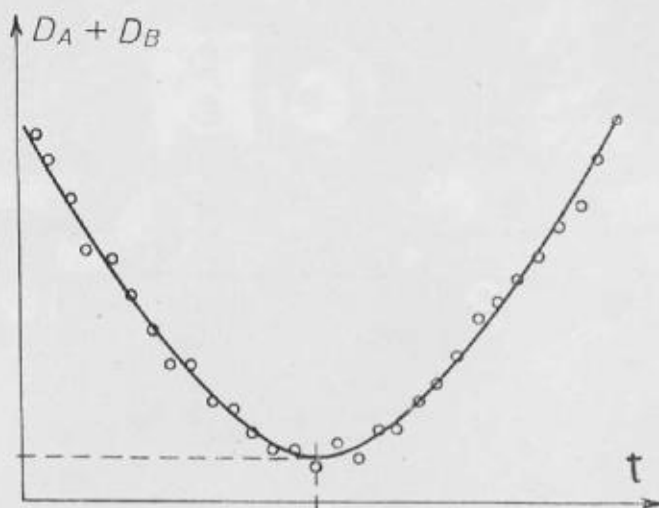
základně přibližovat, tím se bude součet těchto dílčích vzdáleností více blížit k skutečné délce základny. Součet těchto vzdáleností bude nejmenší přesně v okamžiku přeletu základny. Tento okamžik se určuje graficky na milimetrovém papíře (obr. 4) a to tak, že na jednu osu se vynášejí hodnoty součtů $D_A + D_B$ zmenšené o vhodnou konstantu, a na druhou osu pak okamžiky expozice jed-



Obr. 3.

notlivých snímků ve vteřinách. Jednotlivé vnesené body (asi 30) spojíme a lomenou čáru nahradíme parabolou. Její vrchol pak určuje okamžik, ve kterém je minimální součet vzdáleností. Určování vzdálenosti se provádí ze 16 měřických letů, při čemž se jeden měřický let skládá se 4 přeletů (obr. 5). Konečnou hodnotu proto získáme jako průměr ze 64 vyhodnocení (64 přeletů). Je-li vzdálenost kratší než 200 km, byly by přelety uvnitř spojnice koncových bodů základny nevhodné, neboť při kratších vzdálenostech relativní chyba roste a snadno by překročila dovolenou mez a požadavky geodetické přesnosti by nebyly splněny. Proto se létá v tomto případě vně spojnice. Pak bude platit, že v okamžiku přeletu bude $D_B - D_A$ maximální (obr. 6).

Stručně vysvětlená radiová metoda má velký význam pro urychlení mapovacích prací v měřítku 1:50 000 až 1:100 000 v územích, kde trigonometrická síť vůbec neexistuje, nebo je nedostatečně rozvinuta. A takové prostory nejsou právě malé, představují ještě dnes téměř 80 % pevniny, při čemž pevnina, jak známo, tvoří asi pětinu celkového povrchu země. Z tohoto krátkého přirovnání je zřejmé, jak velké jsou zde úkoly pro geodesii, při čemž se slibuje i možnost vzájemného spojení pevnin a ostrovů trigonometrickou sítí využitím a dalším propracováním radiových metod.



Obr. 4.

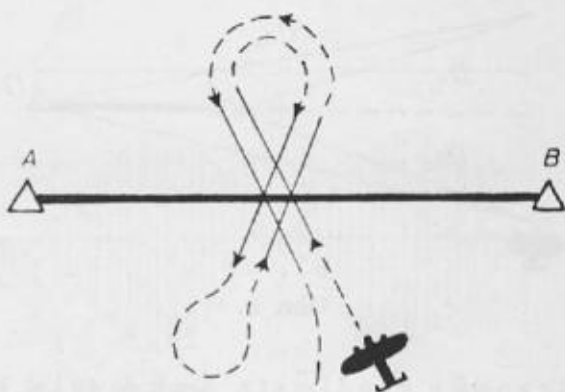
Běžná přesnost této metody je 1:60 000 a za příznivých podmínek 1:100 000, t. j. v poloze bodu sítě je střední chyba ± 5 až 6 m, nejistota v poloze bodu situace bude přirozeně větší — střední chyba ± 20 až 25 m. Touto metodou byla v Kanadě vybudována síť s celkovou délkou 1760 km a pokryto území v rozloze Evropy. V poslední době jsou činěny pokusy s t. zv. metodou HIRAN, jejíž pomocí má být dosaženo přesností 1:300 000. Dále byly s velmi dobrými výsledky prováděny pokusy při měření v Itálii.

Sovětský svaz rovněž již provedl úspěšné pokusy s rozvinutím délkově měřených trigonometrických sítí v rozsáhlých nepřístupných oblastech SSSR.

V zemích lidových demokracií, kde se mapování v měřítku 1:25 000 blíží ke konci, nemají radiové metody již tak širokého uplatnění. Ovšem velký význam budou mít na př. pro mapování lidové Číny. U nás pak příliš protáhlý a naopak malý příčný rozměr naší republiky omezuje použití radiových metod

a pak geodetické základy našeho státu jsou již téměř úplně vybudovány s poměrně vysokou přesností. Pro vojenskou topografickou službu mají tyto metody mimořádný význam pro válečné vyměřování.

Tyto nové metody jsou charakterisovány vysokou hospodárností a rychlostí. Též vyrovnání délkově měřených sítí a řetězců (zejména podle závislých) je jednodušší než vyrovnání úhlově nebo směrově měřených sítí. Tyto metody mají velkou budoucnost ve spojení s jinými převážně astronomickými metodami při perspektivním úkolu triangulačního spojení jednotlivých kontinentů. Ve vývojových střediscích neustále probíhají další pokusy k zdokonalení a zvýšení přesnosti těchto metod.



Obr. 5.

IV. SVĚTELNÉ METODY

Podle způsobů měření času můžeme i světelné metody rozdělit na dvě skupiny, a to s přímým a nepřímým měřením času. Přitom jako předpoklad bereme to, že rychlost světla bude po dobu měření stejná. Známe-li pak rychlost v a čas t , můžeme snadno vypočítat délku D .

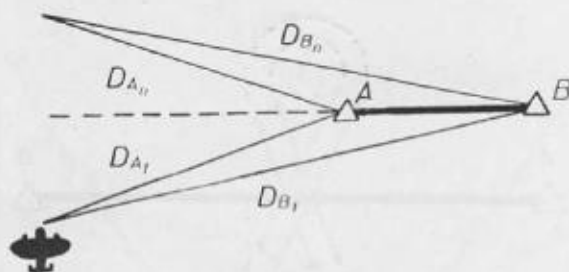
$$D = \frac{1}{2} \cdot v t.$$

A. Metody spočívající na přímém měření času šíření světelného impulsu se v současné době téměř neuzívá, neboť i při omezeném dosahu přístroje je nedostatečná přesnost. Měření času není prakticky možno stupňovat nad 1 až

3 setiny mikrosekundy, což způsobuje i nepřesnost v určení vzdálenosti v hodnotě několika metrů. Proto metoda měření jednotlivými světelnými impulsy byla téměř opuštěna.

B. Další metody, kterými se budeme nyní zabývat, spočívají již na nepřímém, t. zv. fázovém, způsobu měření času. Tento způsob má tu přednost, že na základě měření rozdílu fází vyslaného a přijatého světla, můžeme určit čas až 10krát přesněji než přímým způsobem.

Elektrooptické dálkoměry založené na fázovém způsobu měření času, rozdělujeme v podstatě na tři skupiny:



Obr. 6.

a) Bergstrandův geodimetr, dosah do 40 km, běžně dosahovaná přesnost 1:400 000 a za příznivých okolností až 1:1 000 000;

b) elektrooptické dálkoměry vzniklé modifikací geodimetru — menší dosah;

c) Ellenbergrův elektrooptický dálkoměr — nejnovější metoda.

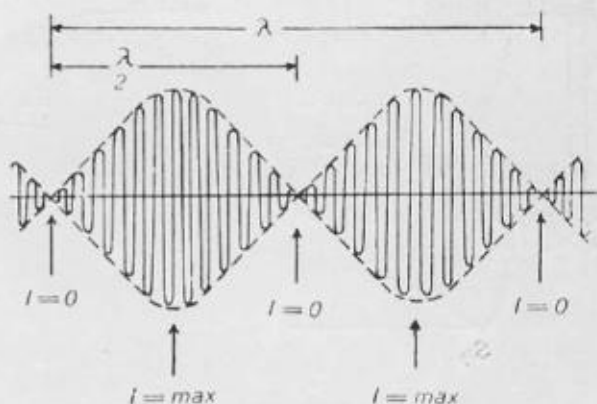
Základem všech těchto metod je měření vzdáleností pomocí modulovaného světla s vlnovou délkou dekametrových vln. Tato myšlenka není nová. Jelikož určenou vzdálenost vypočteme jako součet celistvého počtu vlnových délek a „zbytku“, který se doměřuje přístrojem, bylo by výhodné, aby vlnová délka byla co největší. Naopak s fyzikálního hlediska jsou však nejvýhodnější vlnové délky co nejkratší, neboť se dají snadno usměrnit (čočkou, zrcadlem) a vlastnosti jejich měření ve vzduchu jsou lépe prozkoumány. Metoda měření vzdáleností vyžaduje proto vln, jež jsou úplně opačných vlastností, než by bylo třeba s hlediska přesnosti výsledku. Vlnová délka viditelného světla je velmi malá a pro měření velkých vzdáleností nevhodná. Tento problém řešíme modulací t. j. změnou některé z vlastností světla. Modulací amplitudy seskupujeme svě-

telné vlny ve větší celky oddělené od sebe uzlovými body nulové intenzity (tmavá místa) (obr. 7). Tímto způsobem využíváme výhodných vlastností krátkých světelných vln (nosná vlna) a naopak pro vlastní měření využíváme dlouhovlnné variace v amplitudě, t. j. intenzitě světla (modulovaná vlna). Tím se prakticky zvětší hodnota jednotky měřítka pro určování délky.

Celý pracovní postup spočívá ve dvou hlavních problémech:

- v modulování světelných vln;
- ve zjištění rozdílu fází vysílaného a přijímaného světla.

První úloha se řeší t. zv. Kerrovou buňkou (kondensátorem). Je to v podstatě malá nádobka naplněná čistým nitrobenzolem ($C_6H_5NO_2$), do níž jsou vnořeny dvě kovové destičky vzdálené od sebe < 2 mm a spojené s póly krystalového oscilátoru.

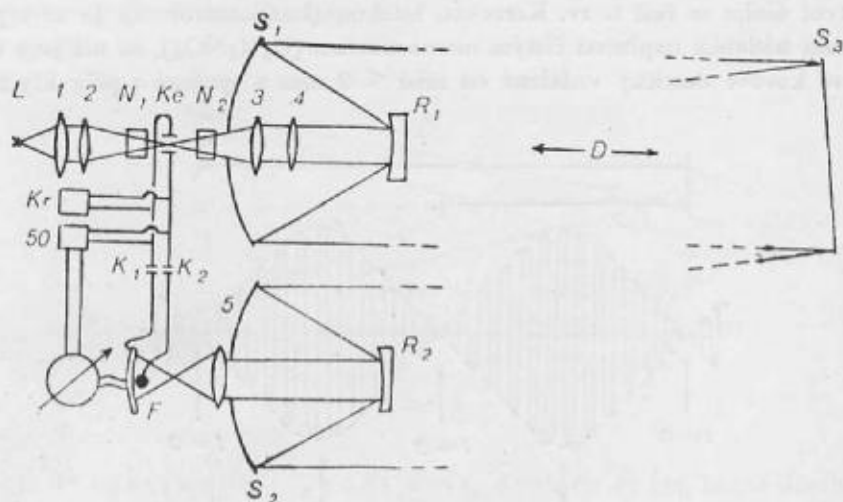


Obr. 7.

oscilátoru. Ten způsobí, že se v destičkách vyvolává střídavé napětí s amplitudou až 2000 voltů při frekvenci 10^7 c/sec. V jednotlivém cyklu mění se napětí podle sinusoidy od 0 do +2000 voltů, dále klesá přes 0 na -2000 voltů a opět se vrací na 0.

K modulaci se lépe hodí polarisované světlo. U nepolarisovaného světla kmitá každá jeho součástka při zobrazení do roviny kolmé na směr šíření ve všech směrech. Polarisací se dosahuje toho, že se původní kmity ve všech směrech převádějí na kmity pouze ve dvou směrech k sobě kolmých. Kmity jednoho z těchto měřů, který leží v polarisační rovině, se odrážejí stranou, takže z hranolu nevystupují. Polarisované světlo, vycházející z Nicolova hranolu, vyvolává tedy kmity jen v jednom směru, takže každá částice paprsku kmitá podél úsečky a šíří se v rovině kolmé na směr polarisační roviny. Světelný paprsek,

kteřý vyzářuje žárovka po projití několika čočkami (po usměrnění a koncentraci), přijde do prvního Nicolova hranolu, který světlo polarisuje. Projde Kerrovou buňkou a přijde do druhého Nicolova hranolu, jehož polarisační rovina je vzhledem k prvnímu otočena o 90° . Kerrův článek vyvolává kmity v rovině svého elektrického pole a způsobuje, že z druhého Nicolova hranolu vystupuje světlo, kmitající jen v této rovině. Tím se mění množství propuštěného světla v rytmu kmitů oscilátoru, který moduluje světlo s kmitočtem 10 mc/sec, což odpovídá modulované vlnové délce asi 30 m.



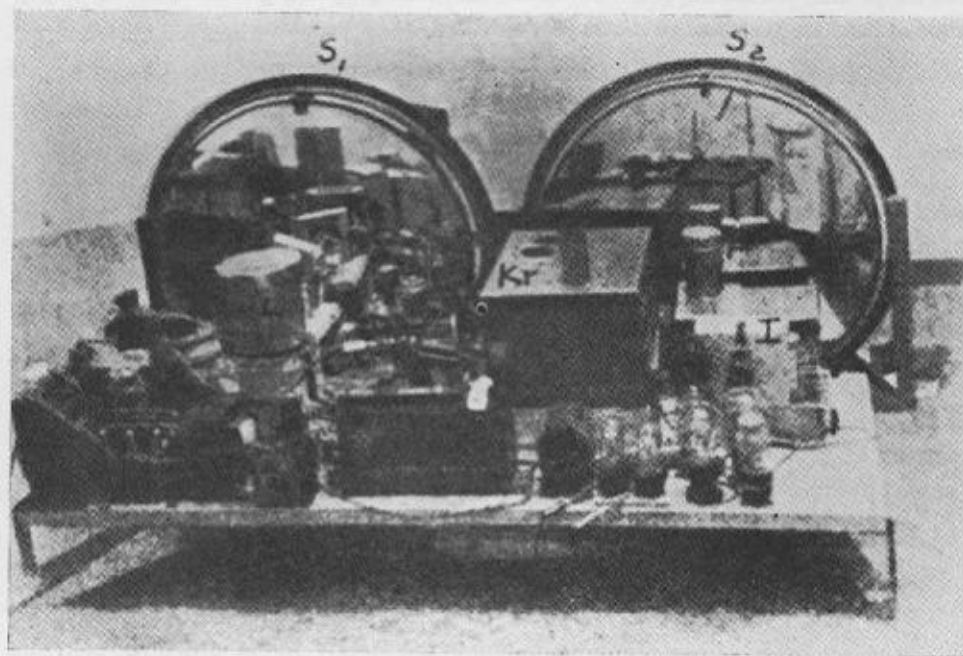
Obr. 8.

a) Bergstrandův geodimetr (obr. 9).

Schema Bergstrandova geodimetru je na obr. 8.

Nejprve si objasníme funkci tohoto přístroje. Žárovka L vysílá čočkami 1 a 2 paprsky vysoké intenzity. Ty procházejí dále Nicolovým hranolem N_1 , Kerrovou buňkou, Nicolovým hranolem N_2 a konečně čočkami 3 a 4 k rozptylovému zrcadlu R_1 . Po odrazu od kulového zrcadla S_1 postupují k druhému bodu základny, kde se odrážejí nazpět od rovinného zrcadla S_3 . Vracejí se zpátky a po odrazu od kulového zrcadla S_2 a rozptylového zrcadla R_2 procházejí žlutozeleným filtrem a spojnou čočkou 5 do fotočlánku F. Proud může procházet fotočlánkem jen tehdy, dopadají-li na jeho katodu světelné paprsky a je-li katoda přitom spojena se záporným pólem oscilátoru Kr. Katoda a anoda fotočlánku má hned kladné nebo zase záporné napětí v souladu s vysokofrekvenčními oscilacemi krystalu Kr. Z toho vyplývá, že proud nemůže

procházet fotočlánkem neustále, ale jen v jedné polovině každé oscilace, kdy katoda má záporné a anoda kladné napětí. Jelikož Kerrova buňka a fotočlánek jsou napájeny stejným střídavým proudem, je fotočlánek pro světlo otevřen jen v rytmu změn napětí v Kerrově buňce a maximální citlivost fotočlánku nastává v okamžiku maximálního napětí v Kerrově buňce. Intenzita vzbuzeného proudu ve fotočlánku odpovídá intenzitě dopadajícího světla. Vzniká velmi slabý proud, jehož měření by činilo potíže. Proto se zesiluje fotonásobičem a zesilovací lampou. Střídavý proud vznikající ve fotočlánku dá se vyjádřit sinusoidou, u které jsou maxima a minima málo výrazná a pro vlastní měření nevhodná.



Obr. 9.

Proto přichází proud fotočlánku po zesílení do zmíněného již filtru, kde jsou dvě lampy, jejichž mřížky jsou ve spojení s nízkofrekvenčním transformátorem, který je zdrojem střídavého napětí s frekvencí 50 c/sec a amplitudou 5000 V. Nízkofrekvenční proud ovlivňuje mřížku lamp filtru tak, že jestliže jedna z nich má maximum kladného napětí, má druhá minimum záporného napětí. Oscilace na mřížkách způsobuje, že elektrický proud z fotočlánku

prochází galvanometrem v první polovině každého nízkofrekvenčního kmitu vždy v jednom směru a druhou polovinu kmitu v opačném směru. Galvanometr je zařízen tak, že měří rozdíl intenzity proudů v obou polovinách periody.

Vzdálenost cílového zrcadla se zjistí ze známé rychlosti světla (způsob jejího měření je popsán v jiném článku) a ze zjištěného rozdílu fází vyslaného a přijatého světla.

Jelikož se světelný paprsek po odrazení od zrcadla vrací téměř po stejné dráze, dochází k interferenci světla. Je-li měřená délka D celistvým násobkem vlnových délek λ (t. j. poslední uzlový bod leží v rovině zrcadla S_3), pak výsledkem interference je dvojnásobně rychlá oscilace v intenzitě světla, ale její průběh je tak pravidelný, že v obou směrech protéká galvanometrem stejný proud, takže na stupnici se ukazuje nula.

Za této podmínky platí základní rovnice geodimetru

$$D = K + \frac{1}{8} (2N - 1) \cdot \lambda,$$

kde D = měřená délka, K = konstanta přístroje (vypočte se z elektrických dat přístroje nebo cejchováním přístroje), N = počet vlnových čtvrtdelek ($1/4 \lambda$), λ = modulovaná vlnová délka kmitů krystalového oscilátoru; při $f = 10^7$ c/sec je $\lambda = 30$ m.

Normálně však uzlový bod nepadne do roviny zrcadla. Tu vznikne interferencí světla nepravidelná oscilace v intenzitě a galvanometrem budou protékat různé proudy a tím se jeho ručička vychýlí a bude ukazovat rozdíl jejich intenzit. U geodimetru existuje zařízení, kterým je umožněno posunout uzlový bod do roviny zrcadla a tím i odstranit výchylku galvanometru.

Je to možné dvojím způsobem:

- změnou modulované vlnové délky,
- posunutím polohy prvního uzlového bodu.

První způsob je umožněn zapojením měnlivého kodensátoru do okruhu oscilátoru, kterým se mění v malých mezích modulovaná vlnová délka λ . Tento způsob je však méně přesný.

Druhý způsob, tak zvaný zpožďovací obvod, spojuje Kerrovu buňku s anodou fotočlátku a posouvá se jím poloha prvního uzlového bodu a tím i celé řady, čímž se mění konstanta K . Dnes se používá výhradně tohoto způsobu. Oba systémy jsou vybaveny stupnicí, na níž se odpočítají příslušné změny.

Původní typ geodimetru vyžadoval, aby veličina N ze základní rovnice přístroje byla nejdříve vypočtena z přibližně určené délky základny (jiným způsobem).

Zlepšený typ přístroje je vybaven ještě druhým krystalovým oscilátorem s frekvencí pozměněnou o jedno procento, a to $f = 1,01 \cdot 10^7$ c/sec. Provede se ještě jedno měření s použitím druhé frekvence a pak podle rozdílu zbytku při obou frekvencích je možno vypočítat neznámé N . Zde postačí jen hrubé určení vzdálenosti D s přesností 1,5 km, neboť po této vzdálenosti nastává možnost obdobného řešení.

Přístroj byl původně určen k měření rychlosti světla. Jedině přesné zjištění jeho rychlosti umožnilo použít geodimetru k zcela obrácené úloze, t. j. k přesnému měření délek.

Zkoušky prokázaly velkou přesnost geodimetru: chyby jsou řádu ± 5 až 6 cm u délek od 10 do 36 km. Protože fázové chyby značně převyšují chyby ve frekvenci, není přesnost prakticky závislá na velikosti měřené délky.

Přesnost měření bude tím větší, čím přesněji krystalový oscilátor dodržuje stanovenou frekvenci.

Bergstrandova metoda má především užití při zlepšování rozměrů trigonometrických sítí. Sítě měřené klasickými způsoby mohou být zpevněny novými délkami, měřenými světelnou metodou. Toto měření lze provést v libovolné hustotě i přes nerovnosti a porost terénu. Vzájemná viditelnost koncových bodů musí být však zachována. Tímto způsobem mohou být klasické triangulace podstatně zlepšeny.

Této metody je dále možno použít k budování délkově měřených sítí (trilateraci). Toto měření spolu s dostatečně hustým měřením astronomických azimutů vytváří síť nejlepších vlastností.

Omezený dosah geodimetru do 40 km není na překážku, neboť vývoj vede ke kratším stranám vzhledem k možnosti využití elektronkových a releových počítacích strojů při vyrovnání sítí.

Využitím geodimetru je možno přímým měřením délek nahradit nákladné pomocné síť.

Konečně má tato metoda užití při různých geodetických úlohách, na př. při vytyčování velkých průmyslových objektů, vytyčování přímé délky mostní osy, při měření v podzemních prostorách. Měření touto metodou je poměrně rychlé a změření jedné délky trvá asi dvě hodiny.

Ve Švédsku firma AGA vyrábí typy NASM - 1, NASM - 2, NASM - 3. Jelikož jeho vlastní konstrukce u nás by se neobešla bez dovozu jeho podstatných částí, naskytá se otázka, zda by nebylo vhodné tento přístroj zakoupit. Mělo by to základní význam pro vývoj vlastního čs. přístroje. Mimo to by bylo možno využít tohoto přístroje pro vlastní kontrolní měření délek trigonometrických stran pro zpevnění trigonometrické síť.

b) Přístroje vzniklé modifikací Bergstrandova geodimetru

Jejich princip je stejný, t. j. spočívá na nepřímém čili fázovém měření času. Svým dosahem, přesností, vahou a velikostí se hodí pro přesnou polygonometrii. V porovnání s geodimetrem byly provedeny různé konstrukční změny. Je to především snížení váhy přístroje, snížení spotřeby elektrické energie, odstranění choullostivých součástí, uzpůsobení pro měření za denního světla a odstranění nutnosti přibližného výpočtu délky.

Doposud jsou známy dvě konstrukce:

1. Sovětský dálkoměr SVV-I (obr. 10).

Rozsah měřených délek je od 500 m do 12 km a přesnost ± 8 cm nezávisle na velikosti měřené délky. V koncovém bodu se umísťuje místo rovinného zrcadla prismatické zrcadlo (ze 7 až 19 hranolů).

Jedno měření (24 pozorování) trvá 30 až 40 minut. K obsluze je zapotřebí čtyř osob.

Přijímací zařízení přístroje má originální řešení, neboť rozdíl fází se pozoruje visuálně v okuláru dalekohledové trubice. Přijímací systém má opačné uspořádání než vysílací systém. Do okuláru přijímacího systému vstupuje klidné světlo, jehož intenzita závisí na velikosti fázového rozdílu mezi vysílaným a přijímaným světlem. Je-li v měřené vzdálenosti obsažen celistvý počet vlnových délek, uvidí pozorovatel v okuláru maximum odraženého světla. Vlastní měření spočívá v tom, že se snažíme dosáhnout změny frekvence modulovaného světla pomocí kondensátoru tak, aby bylo dosaženo maximální neb minimální světelnosti v zorném poli okuláru. Podrobný popis a funkce tohoto přístroje jsou obženy v jiném článku tohoto časopisu.

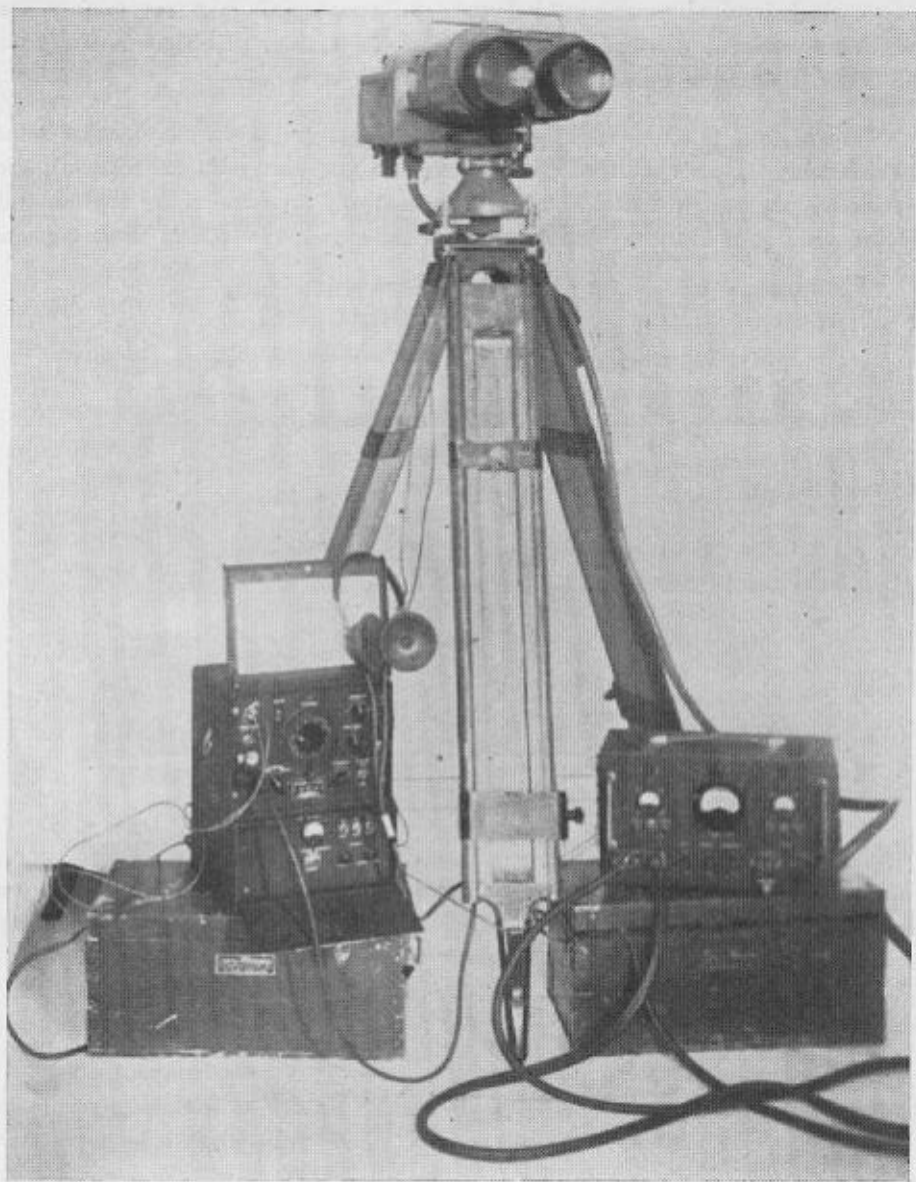
2. Německý přístroj EMc

Tento přístroj byl konstruován pracovníky Institutu pro užitou geodesii ve Frankfurtu n. M. pod vedením E. Gigase.

Ve srovnání se sovětským přístrojem má mnohem menší dosah, a to v mezích 200 m až 2 km (výjimečně do 4 km). Přesnost ± 2 cm není závislá na velikosti délky.

Je konstruován jako součást trojpodstavcové soupravy.

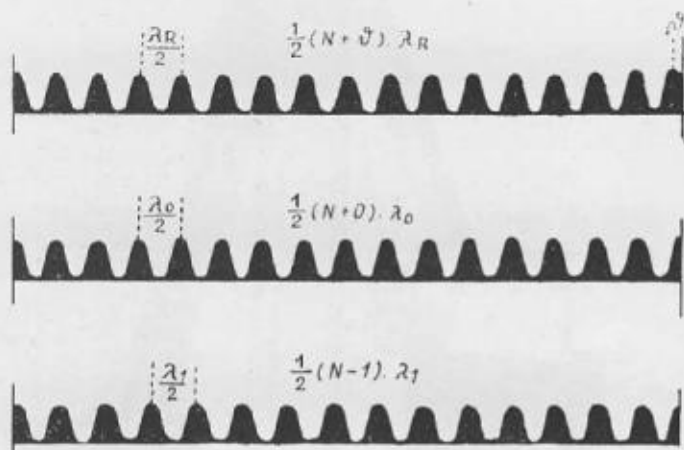
Modulace světla je prováděna opět Kerrovou buňkou. Vzdálenost mezi kondensátory v této buňce byla 10krát snížena, čímž bylo dosaženo toho, že k provozu postačí poměrně malé vysokofrekvenční napětí. Jelikož přístroj byl konstruován pro menší dosah, bylo možno nahradit složitý čočko-zrcadlový systém



Obr. 10.

geodimetru jednoduchou dalekohledovou optikou. Stejně jako sovětský přístroj je vybaven zařízením, které umožňuje vyloučit znalost přibližné hodnoty měřené délky. Princip si vysvětlíme na obr. 11.

V horní řadě je schematický zákres sinusoidy světelné vlny s vlnovou délkou λ_R . Představme si, že uprostřed by bylo zrcadlo (na obr. není zakresleno), které by světelný paprsek odrazilo. K zvětšení názornosti myslíme si, že zpětná dráha světelné vlny je zobrazena vpravo od zrcadla, a pak vykreslený úsek odpovídá



Obr. 11.

dvojnásobné vzdálenosti $2D$. Jak je vidět, v prvním případě tato délka není celistvým násobkem poloviční vlnové délky λ_R , čili při srovnání vyslaného a přijatého světla bude zjištěn fázový rozdíl, který odpovídá zbytku θ . Nyní zvětšíme délku vlny λ_R na λ_0 , takže zbytek θ zmizí. Výsledek vidíme na obrázku v druhé řadě.

$$\text{Zde platí } 2D = \frac{\lambda_0}{2} \cdot N \quad (N \text{ je celé číslo}).$$

Dalším zvětšováním vlnové délky (λ_0 se změní v λ_1), je vzdálenost opět celistvým násobkem poloviční vlnové délky $\frac{\lambda_1}{2}$ (viz třetí řadu na obrázku).

$$2D = \frac{\lambda_1}{2} (N - 1)$$

Dalšími změnami frekvence dostalí bychom další rovnice:

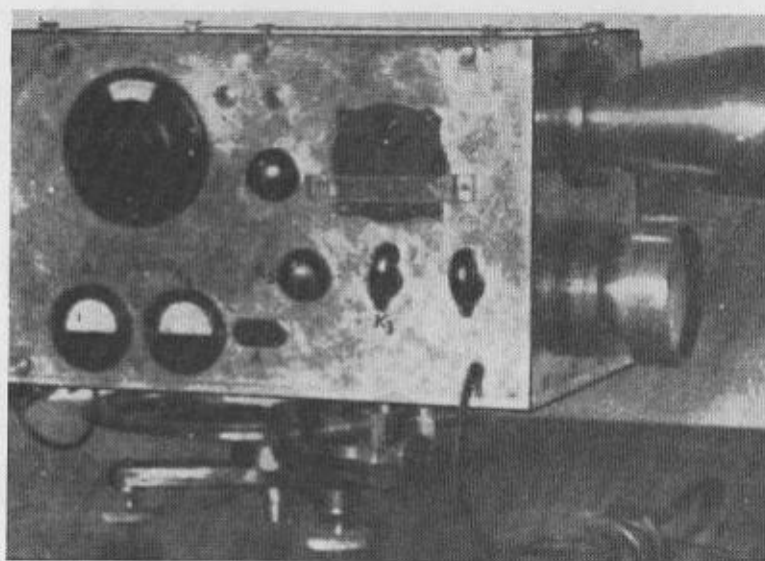
$$2D = \frac{\lambda_2}{2}(N - 2)$$

$$2D = \frac{\lambda_n}{2}(N - n)$$

Z těchto rovnic můžeme pak přímo vypočítat délku D:

$$D = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{2(\lambda_1 - \lambda_0)} = \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_1}{2(\lambda_2 - \lambda_1)} = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_0} \text{ atd.}$$

Vzdálenost se počítá podle tabulek.



Obr. 12.

Toto určování délky se provádí pomocí otočného kondensátoru, kterým ve spojení s oscilátorem je možno spojitě měnit jeho frekvenci ve velkém rozsahu a tím vlnovou délku.

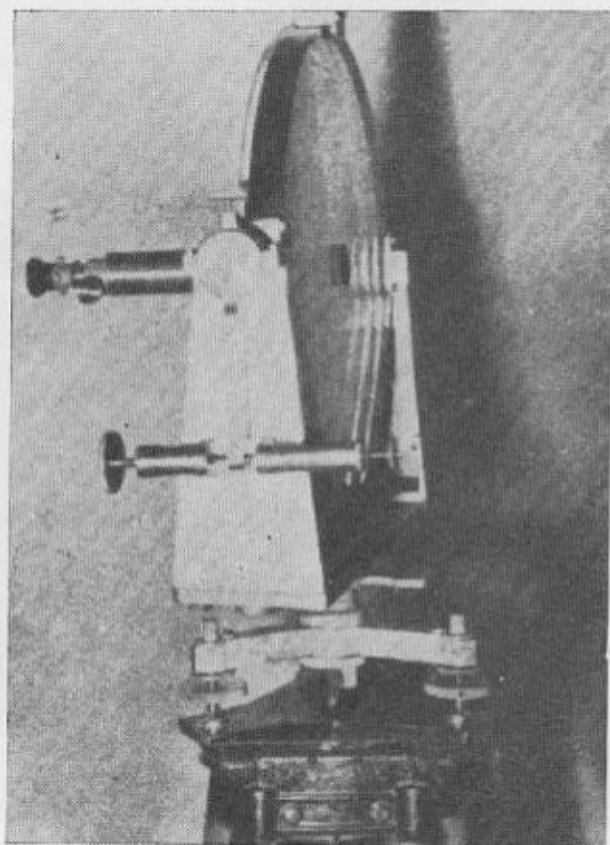
Základní rovnice přístroje je: $D = K + N\lambda_1$

K . . . konstanta (je dána),

λ_1 . . . určíme odečtením na kondensátoru

a platí za předpokladu, že fázový rozdíl vysílaných a odražených modulovaných světelných vln je roven $k \cdot \pi$.

Na obr. 12 je fotografie tohoto přístroje, jehož vzhled a uspořádání se pravděpodobně ještě změní, neboť je to laboratorní prototyp. Spodní objektiv je pro vysílané světlo, horní pro příjem odraženého světla. Uprostřed je umístěn kondensátor, který slouží k změnám frekvence. Vpravo nahoře je indikátor, který umožňuje zjišťovat fázové rozdíly. Přepínací knoflík slouží pro přepnutí přístroje k měření nebo k cejchování.



Obr. 13.

K vlastnímu měřickému úkonu nerozlučně náleží cejchování frekvenční stupnice oscilátoru před měřením i po něm. Při cejchování se srovnává frekvence pracovního oscilátoru s frekvencí křemenného oscilátoru, a to na základě akustických rázů ve sluchátkách. Při cejchování je ve sluchátkách slyšet pískavý tón, který umlkne, jestliže se kmitání křemenného oscilátoru uvede v koincidence s pracovním oscilátorem. To se děje změnou frekvence pracovního osci-

látoru a posunem jeho stupnice. Při cejchování je nutno srovnat alespoň tři body této stupnice. Přesnost nařízené frekvence je řádově $\pm 1 \cdot 10^{-7}$, klesá však s časem. Proto je nutno, aby vlastní měření proběhlo co nejrychleji, a při cejchování po měření nesmí být zjištěna žádná změna frekvence pracovního oscilátoru. V opačném případě se musí měření opakovat. Měření s dvojím cejchováním trvá asi pět minut.

Světelným zdrojem je rtuťová lampa. Celý přístroj je upevněn na normální theodolitové trojnožce, takže se dá přenést na každý stativ normální velikosti. Knoflíkem K_3 se zapíná proud, knoflík K_2 slouží k regulaci nulové polohy. V levém rohu dole jsou dvě stupnice k přezkoušení elektrických hodnot přístroje. Vedle je umístěna zásuvka pro zástrčku přípoje sluchátek.

Vlastní princip činnosti je shodný s geodimetrem. Pouze v přijímacím zařízení je místo elektrického filtru t. zv. fázový můstek k srovnání fází vysílaného a přijímaného světla.

Na obr. 13 je rovinné zrcadlo, které se pomocí tangentového šroubu nastaví kolmo k záměrné přímce. K tomu účelu měřický pomocník zaměřuje zrcadlo pomocným dalekohledem na cílovou lampu měřícího přístroje.

Tento popsany elektrooptický dálkoměr je velmi vhodně konstruován pro plnění měřické práce. Když porovnáme na př. váhu geodimetru (59 kg) s vahou tohoto přístroje (12 kg), vidíme, jak podstatně byla vhodnou konstrukcí váha snížena, což hraje velkou roli pro použitelnost v terénu. Podle posledních zpráv je vyvíjena snaha zvýšit jeho přesnost na ± 2 cm, stejně jako u sovětského přístroje z ± 8 cm na ± 5 cm, což by bylo u sovětského přístroje mnohem větším úspěchem vzhledem k jeho většímu dosahu. Při konstrukci byly činěny též pokusy nahradit dnes vzácné Nicolovy hranoly (z islandského vápence) polarizačními filtry. Tyto pokusy však dosud neuspokojují.

Možnost využití těchto dálkoměrů je široká, především pro přesnou polygonometrii s přímým měřením délek stran, neboť tam je měření délek hlavním problémem.

Využitím těchto elektrooptických dálkoměrů se naskýtá možnost nahradit klasickou triangulací III. až V. řádu metodou přesné polygonometrie. To by mělo mnohé výhody, především větší hospodárnost, ale i možnost lepšího využití těchto bodů, neboť by bylo možno je volit ne jako dosud většinou na nepřístupných kopcích, ale naopak v údolích, u komunikací a ve městech.

c) Ellenbergerův dálkoměr

Na mezinárodním kursu pro geodetické měření délek, konaném v Mnichově roku 1955, uvedl Dr. Ellenberger zcela nový měřický postup, od kterého se, i když je teprve ve vývoji, dají očekávat dobré výsledky.

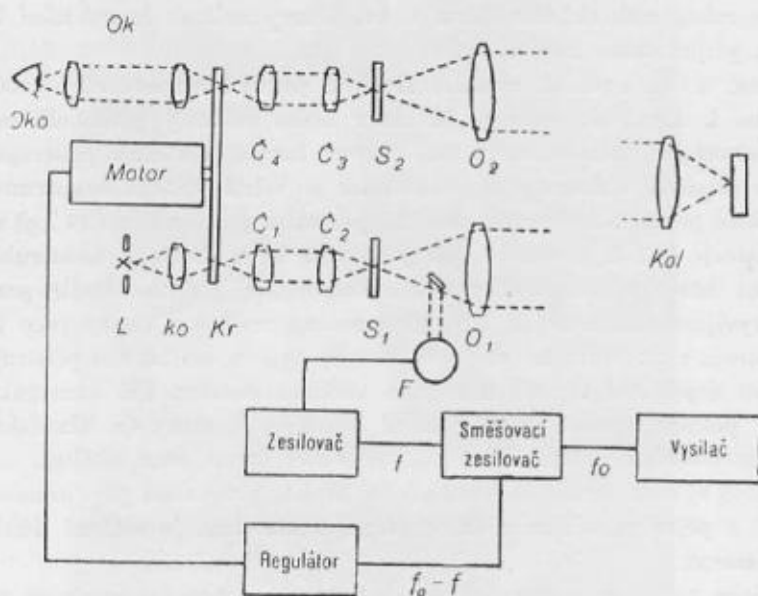
Jeho metoda záleží v tomto:

Světelný paprsek vysílaný světelným zdrojem prochází uzávěrem, který se

periodicky otevírá a zavírá. Tím uzávěr vysílá řadu světelných impulsů ($\lambda =$ vzdálenost počátků dvou po sobě následujících impulsů) a dochází tak k modulaci světla s určenou frekvencí f , t. j. počtem světelných impulsů za vteřinu. Měřená vzdálenost D bude se obecně rovnat násobku délky světelného impulsu $\left(\frac{\lambda}{2}\right) +$ zbytek ϑ .

$$D = (N + \vartheta) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Zbytek ϑ se zmenšuje tak, jak frekvence narůstá. Při elektronkovém měření vzdáleností pomocí světelných impulsů srovnávacím měřítkem je délka impulsu. Ta je pak tím menší, čím je frekvence větší. Jestliže se měřená délka bude



Obr. 14.

rovnat celistvému násobku délky světelného impulsu, pak rozdíl fází je roven nule nebo π a pak $\vartheta = 0$. V okamžiku souhlasu fází (rozdíl fází je roven nule) z uzávěru přístroje vychází světelný impuls a zároveň do něho vstupuje odražený vracející se impuls. Jelikož je v tento okamžik periodický uzávěr otevřený, je možno v okuláru pozorovat maximální světelnost. Lidské oko je však lépe uzpůsobeno k přesnějšímu určení okamžiku maximální tmy. Proto se u přístroje, sestaveného pro tuto metodu, děje měření tak, že otáčením otočného kondensátoru měníme frekvenci do té doby, než v okuláru pozor-

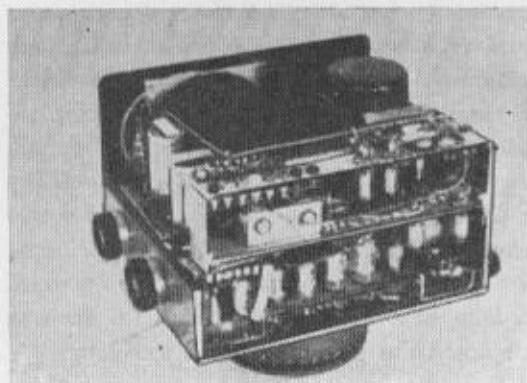
vatel zjistí maximální tmu — v tom okamžiku rozdíl fází je roven π . Při vlastním měření postupným zvyšováním frekvence odečítáme jednotlivé údaje stupnice (odčítáme již přímo hodnotu modulované vlnové délky λ odpovídající nastavené frekvenci) vždy v okamžicích kdy rozdíl fází bude roven π a v okuláru tudíž bude maximální tma.

Pomocí zjištěných hodnot $\lambda_1 \dots \lambda_n$ se určí podle koincidenčních tabulek hodnota násobku N a vzdálenost D . Jako výsledná vzdálenost D se vezme průměr z dvojího měření D . V podstatě při této metodě místo vlastního měření času šíření světelného impulsu po měřené vzdálenosti měříme frekvenci světelných impulsů.

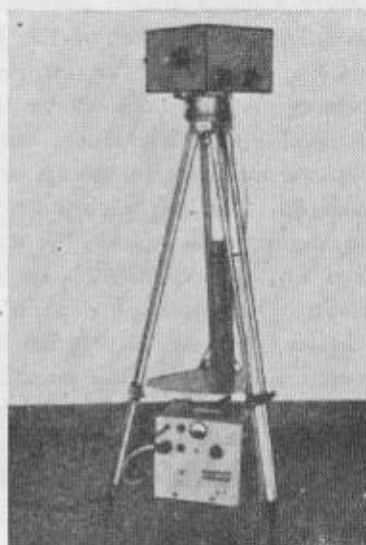
Na obr. 14 se seznámíme s jednotlivými hlavními součástmi měřicí aparatury a jejich dílčími funkcemi. Světelný zdroj L osvětluje přes kondensator Ko stupnici děleného kruhu Kr . Její dělení je promítnuto pomocí dvou čoček \check{C}_1 a \check{C}_2 v měřítku 1:1 na stupnici S_1 , která je pevná. Dělený kruh Kr se otáčí pomocí motoru, takže obraz stupnice děleného kruhu se pohybuje po pevné stupnici S_1 . Jestliže dělení stupnice S_1 odpovídá přesně dělení kruhu Kr , pak popsané zařízení představuje periodický uzávěr. Jestliže obraz čárky dělení kruhu padá na čárku pevné stupnice S_1 , je uzávěr otevřený. Padne-li však obraz čárek do mezer pevné stupnice, je uzávěr uzavřený. Stupnice S_1 leží v ohnisku objektivu O_1 , pomocí něhož jsou světelné impulsy vysílány k druhému bodu základny. Tam jsou po dopadu na kolimátor Kol odraženy a vracejí se do objektivu O_2 a osvětlí stupnici S_2 , která leží opět v ohnisku objektivu O_2 . Dílky stupnice S_2 se promítají pomocí čoček \check{C}_3 a \check{C}_4 na otáčivý dělený kruh Kr v měřítku 1:1. Otáčivý dělený kruh se stupnicí S_2 a čočkami \check{C}_3 a \check{C}_4 tvoří opět periodickou uzávěrku k pozorování vracejících se impulsů. Pozorování provádí oko pozorovatele pomocí okuláru Ok . Oba uzávěry jsou synchronní, t. zn. oba uzávěry mají stejnou frekvenci a ve stejnou dobu jsou otevřeny a uzavřeny.

Jak již bylo řečeno, vlastní měření doby šíření impulsu bylo převedeno na měření frekvence. Frekvence světelných impulsů závisí tudíž na počtu otáček motoru. Proto je k určení vzdálenosti D nutné, aby se počet otoček motoru dal měřitelně měnit. To se děje pomocí fotočlátku, zesilovače, směšovacího zesilovače, vysilače a regulátoru. Fotočlánek F leží v modulovaném světle a dopadajícím světlem je v něm vzbuzován elektrický proud s frekvencí vysílání světelných impulsů f , který se odvádí do zesilovače. Zde je elektrický proud zesílen a přejde s danou frekvencí f do směšovacího zesilovače. Současně vysilač vytváří napětí s frekvencí f_0 , které opět přechází do směšovacího zesilovače. Obě frekvence se zde mísí. Tím vzniká nová nižší frekvence $\Delta f_0 = f_0 - f$, působící na regulátor. Regulátor předává motoru proud určitého napětí a stará se o to, aby otáčivý dělený kruh vytvářel světelné impulsy s frekvencí f , která

s normální frekvencí f_0 tvoří žádanou nižší frekvenci Δf_0 . Tím je dosaženo toho, že frekvence impulsů závisí jedině na normální frekvenci f_0 . Proto k změně frekvence f a tím i k změně délky světelných impulsů je třeba měnit pouze normální frekvenci f_0 . Motor je poháněn určitým napětím U , které se skládá ze stálého napětí U_0 baterie, rušivého napětí ϵ (v důsledku klesání napětí baterie, teplotních změn motoru a jiných rušivých vlivů) a nastavitelného napětí e , které dodává regulátor. Při napětí U má motor určitý počet otáček, které způsobují frekvenci světelných impulsů f . Tato frekvence f je smíšená s normální frekvencí f_0 , čímž vznikne nižší frekvence $f_0 - f$, která regulátor ovlivní do té míry, že v něm vznikne žádané nastavitelné napětí e . Tím je způsobeno, že se frekvence impulsů f liší od normální frekvence f_0 stále o Δf_0 . Tímto reguláto-



Obr. 15a.



Obr. 15b.

rem je umožněno měněním normální frekvence f_0 měřitelně měnit frekvenci f a tím i počet otáček motoru.

Prototyp přístroje (obr. 15) byl předveden na zmíněném kurse pro měření délek. Má tyto údaje: $f = 10^7$ Hz, $\lambda = 30$ až 34 m, přesnost odečítání $\Delta \lambda = 0,1$ mm, dělený kruh má 42 000 dílků a má 12 000 až 14 000 otoček v minutě. Stupnice pro odečítání délky světelného impulsu $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ je uzpůsobena v rozsahu od 15,0000 m do 17,0000 m k odečítání milimetrů a k odhadu desetin milimetru. Přístroj je upevněn na normálním stativu s otáčivou hlavou, zdroj

elektrického proudu je umístěn v dolní části stativu. K měření i velkých vzdáleností až do délky triangulačních stran 1. řádu je vybaven zvlášť silným světelným zdrojem. Je použito výbojek, které i při velké výkonnosti potřebují jen malé zdroje elektrického proudu.

V. FYSIKÁLNÍ REDUKCE

Je zřejmé, že výsledky elektronkového měření budou zatíženy řadou systematických chyb fyzikálního původu. Ty tkví v nestálosti atmosférických podmínek i v nedostacích elektronkové aparatury a musíme je odstranit korekčními výpočty.

Délky do 2 km pro účely přesné polygonometrie nepodléhají ani fyzikální, ani matematické redukci. Fyzikální redukce se provádí vždy před matematickou redukcí. Redukce se provádí hlavně

1. z vlivu změn rychlosti šíření elektromagnetických vln působením atmosférických podmínek;
2. z vlivu tvaru dráhy šíření elektromagnetických vln;
3. z vlivu zpoždování elektrických procesů v přístrojích.

1. K odstranění prvního vlivu se měří na stanovišti teplota, tlak a vlhkost vzduchu a podle nich se určí t. zv. index elektromagnetické refrakce. Musí se vzít v úvahu i frekvence, neboť při vyšší frekvenci je rychlost šíření vyšší. Do výpočtu měření délek nedosazujeme rychlost šíření vln ve vakuu, nýbrž hodnotu odpovídající skutečným podmínkám, vyjádřenou indexem elektromagnetické refrakce.

2. Již dříve bylo známo, že při měření svislých úhlů paprsek nesleduje přímou dráhu, ale zakřivenou. Zde jde jen o rozšíření tohoto poznatku na všechny elektromagnetické vlny. Ty se šíří po dráze, jejíž složitý charakter vystihuje délkově velmi přesně kruhový oblouk o poloměru $k \cdot R$, kde R znamená střední poloměr zemský a k je t. zv. koeficient elektromagnetické refrakce. Koeficient k určuje vlastně zakřivenost dráhy a je závislý hlavně na vlnové délce elektromagnetických vln.

3. Při měření délek dochází v přístrojích k složitým procesům, o kterých se předpokládá, že probíhají bez časových ztrát. Ovšem i jim musíme přisoudit třeba jen velmi krátkou dobu. Tento rušivý zjev ovlivňuje více výsledky u radiových metod, protože se zakládají na přímém měření času. Bylo odvozeno několik empirických korekčních vzorců pro opravu délek získaných radiovými metodami. U světelných metod není většinou nutno zavádět z tohoto vlivu žádné korekce, neboť při cejchování těchto přístrojů jsou již zahrnuty do konstant.

VI. MATEMATICKÁ REDUKCE PODLE B. DELONGA

Výsledek získaný elektronickým měřením délek ještě neodpovídá délce geodetické křivky. Proto je nutno provést určité korekční výpočty, a to převedení délek D kruhového oblouku o poloměru $k \cdot R$ z obecné plochy v prostoru na plochu referenčního elipsoidu na délku geodetické křivky s . S hlediska matematické redukce rozdělujeme elektronkové měření do dvou kategorií, které mají i odlišnou techniku měření:

- do I. kategorie patří délky do 40 km, měřené vesměs světelnými metodami — chyba v měření na př. u geodimetru je asi 1:400 000;
- do II. kategorie zařazujeme délky 100 až 600 km, měření se provádí radiovými metodami z letounu s relativní chybou asi 1:60 000.

Matematické redukce se pro praktické účely provádějí s přesností na 1 cm.

Je několik metod provádění matematické redukce; z nich se zmíním stručně pouze o Delongově metodě, která vlastní řešení rozděljuje do čtyř etap:

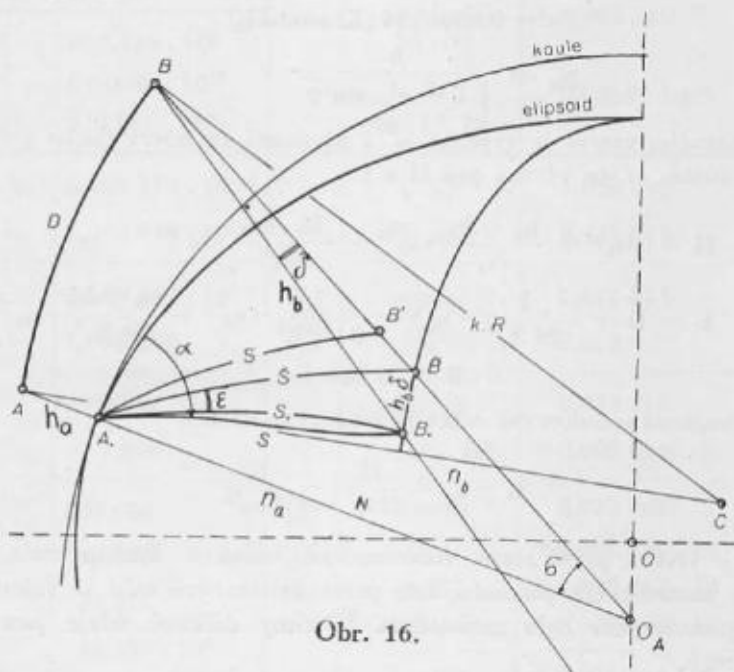
- V první etapě matematické redukce převedeme výsledek elektronkového měření, délku D (po provedení fyzikální redukce), na povrch referenční koule o poloměru N_1 pro zeměpisnou šířku φ_1 počátečního bodu A , čímž dostaneme délku kruhového oblouku s' ;
- v druhé etapě matematické redukce převedeme délku s' na eliptický oblouk referenčního elipsoidu. Oba oblouky leží stále v téže normální rovině jako původní délka D (t. j. v rovině definované normálou k elipsoidu v počátečním bodě a bodem koncovým);
- v třetí etapě matematické redukce převádíme eliptický oblouk \bar{s} na eliptický oblouk s_0 který spojuje paty normál A_0 a B_0 koncových bodů měřené délky A a B ;
- ve čtvrté etapě matematické redukce převádíme eliptický oblouk s_0 na geodetickou křivku s , která je nejkratší spojnici pat obou normál a zároveň představuje výsledek redukce.

V první etapě musíme mimo vlastní výpočet prozkoumat otázku, s jakou přesností musí být určeny výšky h_a a h_b v koncových bodech A a B , aby přesnost redukované délky byla zachována. Výšky v koncových bodech musí být určeny tak přesně, aby jejich vliv v celkové chybě redukované délky nepřesáhl střední chybu přímého délkového měření. Bylo zjištěno, že střední chyba ve výšce m_h nesmí překročit hodnotu

$$m_h = \frac{D}{\Delta h \sqrt{2}} \cdot m_r \quad (m_r = \text{střední chyba elektronkové aparatury}).$$

To znamená, že je-li u Bergstrandovy metody $D = 10$ km, $\Delta h = 1000$ m, střední chyba ve výšce nesmí překročit hodnotu 18 cm; pro $D = 50$ km a $\Delta h = 2000$ m je $m_h = 2,21$ m. Z toho vyplývá, že především u Bergstrandovy metody nelze zaměňovat nadmořské výšky obou koncových bodů s výškami h_a a h_b vztahující se na elipsoid. Pro Shoranovu metodu, je-li $D = 200$ km a $\Delta h = 2000$ m, bude největší přípustná chyba ve výšce $m_h = 236$ m.

První etapa matematické redukce se provádí numericky nebo nomograficky. Při nižších požadavcích na přesnost matematické redukce často postačí jako konečný výsledek nomografická hodnota, která se dá určit naprosto bezpečně s přesností 10 až 20 cm. Jinak se použije nomogramu pro výpočet přibližné délky s'_p , jejíž hodnotu je nutno určit v průběhu numerického řešení první etapy matematické redukce.



Obr. 16.

Druhá etapa matematické redukce se nejčastěji vyčíslí podle nomogramu. U délek I. kategorie dosahuje korekce sotva několika milimetrů, takže se vůbec nezavádí. Uplatní se numericky u délek II. kategorie.

Třetí etapa matematické redukce se provádí opět většinou nomograficky.

Čtvrtá etapa matematické redukce má spíše teoretický význam, neboť sledujeme-li redukci délek s přesností 1 cm, neuplatní se numericky ani pro strany 1000 km dlouhé.

Praktické řešení:

Musíme znát hodnotu D (zbavené fyzikálních vlivů), výšky koncových bodů h_a a h_b nad elipsoidem nebo koulí, zeměpisnou šířku počátečního bodu φ_1 (postačí na minuty) a azimut měřené délky (rovněž na minuty). K určení koeficientu refrakce k musíme znát metodu měření a délku elektromagnetických vln.

Nejdříve určíme přibližnou hodnotu redukované délky s_p' , pro níž platí

$$D = \sqrt{(\Delta h)^2 + s_p'^2 \cdot \left(1 + \frac{h_a + h_b}{N_1} + \frac{h_a \cdot h_b}{N_1^2}\right)},$$

v němž

$$\begin{aligned} \Delta h &= h_b - h_a \\ a &= 6\,378,2 \text{ km (Krasovskij)} \\ e^2 &= 0,0066934 \text{ (Krasovskij)} \end{aligned}$$

$$N_1 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi}}$$

Z uvedeného vzorce se vypočte s_p' s přesností na metry (nebo podle nomogramu) a dosadí se do výrazů pro H a L :

$$H = (\Delta h)^2 + \frac{h_a + h_b}{N_1} \cdot s_p'^2 + \frac{h_a \cdot h_b}{N_1^2} \cdot s_p'^2$$

$$L = D + \frac{1}{24 N_1^2} \cdot s_p'^3 - \frac{1}{24 k^2 R^2} \cdot s_p'^3 + \frac{h_a + h_b}{24 N_1^3} \cdot s_p'^3$$

$$R = 6\,380 \text{ km}$$

Výsledná hodnota redukované délky se stanoví ze vztahu

$$L - s' = \frac{H}{2 s_p'} - \frac{H^2}{8 s_p'^3}$$

Tím je řešena první etapa matematické redukce. Postup bude ještě lépe zřejmý na numerickém příkladu, kde počet desetinných míst je volen tak, aby přesnost jednoho cm byla zachována. Všechny délkové údaje jsou uvedeny v kilometrech.

Číselný příklad byl převzat z Delongovy disertační práce.

Další korekce 2. a 3. etapy se provádějí z nomogramů. Oprava ze čtvrté etapy se nebere v úvahu, je stále nulová.

Výsledkem první etapy matematické redukce je hodnota	$s' = 29\,976,32 \text{ m}$
korekce druhé etapy (z nomogramu)	$\bar{s} - s' = 0,00$
korekce z třetí etapy (z nomogramu)	$s_0 - \bar{s} = + 0,02$
korekce ze čtvrté etapy	<u>0,00</u>

$$s = 29\,976,34 \text{ m}$$

Příklad: $D = 30 \text{ km}$, $h_a = 1\,000 \text{ m}$, $h_b = 2\,000 \text{ m}$, $\varphi_1 = 52^\circ$, $\alpha = 160^\circ$

N_1	6 391,5 km		$\frac{1}{N_1}$	$0,156\,458 \cdot 10^{-3}$	(1)
N_1^2	$40,851 \cdot 10^6$		$\frac{1}{N_1^2}$	$0,024 \cdot 10^{-6}$	(2)
N_1^3	$26,110 \cdot 10^{10}$				
R^2	$40,704 \cdot 10^6$		$\frac{1}{24 \cdot N_1^2}$	$0,001\,020 \cdot 10^{-6}$	(3)
k^2	58,63		$\frac{1}{24 \cdot N_1^3}$	$0,001 \cdot 10^{-10}$	(4)
$k^2 \cdot R^2$	$23,865 \cdot 10^8$		$\frac{1}{24 \cdot k^2 \cdot R^2}$	$0,0017 \cdot 10^{-3}$	(5)
$24 \cdot N_1^2$	$980,424 \cdot 10^6$				
$24 \cdot N_1^3$	$626,640 \cdot 10^{10}$				
$24k^2 \cdot R^2$	$572,760 \cdot 10^8$				
(1) · (h _a + h _b)	$0,469\,374 \cdot 10^{-3}$		$(\Delta h)^2$	1,000 000	
(2) · h _a · h _b	$0,000\,048 \cdot 10^{-3}$		(6) · s _p ' ²	0,421 813	
součet	$0,469\,422 \cdot 10^{-3}$	(6)	součet	1,421 813	H
1 + (6)	1,000 469	(7)	H ²	2,022	
D ²	900,000		(9) · H	0,023 716	
−(Δh) ²	−1,000		−(10) · H ²	−0,000 010	
D ² − (Δh) ²	899,000	(8)	Rozdil	0,023 706	(11)
s _p ' ²	898,579	(8)	+ (3)	$+0,001\,020 \cdot 10^{-6}$	
s _p '	29,976	(7)	− (5)	$-0,000\,017 \cdot 10^{-6}$	
s _p ' ³	$26,936 \cdot 10^3$		+ (4) · (h _a + h _b)	$+0,000\,000 \cdot 10^{-6}$	
2 · s _p '	59,952		Součet	$+0,001\,003 \cdot 10^{-6}$	(12)
8 · s _p ' ³	$215,488 \cdot 10^3$		(12) · s _p ' ³	$+0,027 \cdot 10^{-3}$	
$\frac{1}{2 \cdot s_p'}$	0,016 680	(9)	dtto	+0,000 027	
$\frac{1}{8 \cdot s_p'^3}$	$0,005 \cdot 10^{-3}$	(10)	+ D	30,000 000	
			L	30,000 027	
			− (11)	−0,023 706	
			s'	29,976 321 km.	

VII. DÉLKOVĚ ZAMĚROVANÉ SÍTĚ A ŘETĚZCE

Předcházející redukce jsou bezpodmínečně nutné pro použití délek především k vyrovnání sítí. Vyrovnání délkově měřených sítí má přirozeně své zvláštnosti, ale přesto zůstává nejvhodnější metodou klasická metoda nejmenších čtverců. Vyrovnání délkových sítí se může dít dvojí cestou, a to:

- Vyrovnáním podle zprostředkujících, kde v roli neznámých veličin jsou souřadnice nových bodů sítě, jejich hodnoty není možno přímo určit měřením, a tak se jejich výpočet zprostředkovává pozorováním jiných veličin. Ve funkci zprostředkujících veličin jsou zde měřené délky stran. Jejich počet musí být větší než počet neznámých.
- Vyrovnáním podle závislých. V roli neznámých veličin vystupují vyrovnané hodnoty délek trigonometrických stran. I když délky stran jsou zde přímým předmětem měření, musí vyrovnané délky splňovat určité matematické podmínky, závislé na konfiguraci sítě a na charakteru přebytečných měření. Vyrovnáním získáme opravy, aby těmito podmínkám bylo vyhověno.

Pro volbu mezi těmito oběma způsoby je rozhodující počet normálních rovnic. Při vyrovnání podle zprostředkujících je dán počtem neznámých, t. j. počtem souřadnic hledaných bodů. Při vyrovnání podle závislých je dán počtem přebytečných veličin. Při vyrovnání délkově měřených plošných sítí je výhodnější vyrovnání podle závislých, neboť počet neznámých zpravidla přesahuje počet rovnic závislosti. Tohoto způsobu vyrovnání je také všeobecně používáno. Ovšem v některých případech je vhodnější vyrovnání podle zprostředkujících, hlavně u výplňkových sítí a při zhušťování trigonometrické sítě určováním souřadnic bodu t. zv. protínáním z délek (bod je určen tak, že se v něm stýká n přímo měřených délek). V těchto případech je dána kostra daných bodů a celkový počet určovaných bodů není tak veliký, jako počet rovnic závislosti (jako počet přebytečných veličin).

Pro určení nejvhodnějšího typu sítí a řetězců je důležitým činitelem theorie chyb, kterou zjišťujeme přesnost v poloze bodu zkoumané sítě. Nejvhodnějším typem délkově měřeného řetězce je ten, který se skládá ze čtverců s oběma úhlopříčkami (obecně ze čtyřúhelníků). Tento řetězec má t. zv. největší hustotu podmínek, t. zn. že poměr mezi počtem rovnic závislosti a počtem měřených stran je ve srovnání s normálními typy řetězců maximální. Zkoumáme-li zapojení měřených azimutů do délkově měřeného řetězce, zjistíme, že zapojením jen jednoho azimutu v koncovém bodu řetězce zmenší se příčný posun na polovinu, rovněž podélný posun se značně zmenší. Z toho vyplývá, že budeme-li v délkově měřené síti provádět častá astronomická měření, a to hlavně určování

astronomických azimutů, bude docíleno vysoké kvality sítě. Tuhost těchto sítí se nezvyšuje ve stejné míře zavedením dalších přebytečných délek (druhé úhlopříčky ve čtverci) jako zapojením měřených úhlů a astronomických azimutů. Porovnáme-li pak ještě výsledky u jednoduchého a zdvojeného řetězce, dojdeme k závěru, že zdvojením řetězce se způsobuje sice pokles podélného i příčného posunu, ale celkem asi o tolik, jako zavedením druhého koncového azimutu, což je pro vynaloženou práci neúměrný výsledek. Z předcházejících poznatků jsme došli k závěru, že kombinací přímo měřených úhlů a délek trigonometrických stran dojdeme k nejkvalitnějším sítím. Ovšem při této kombinaci musí být jeden prvek hlavní, měřený v celé síti, a druhý přebytečný. Tu je třeba posoudit, co je přesnější: v úhlově měřeném řetězci měřit přebytečné délky nebo v délkově měřeném řetězci přebytečné úhly. Výzkumem obou těchto případů se došlo k závěru, že při kombinaci přímo měřených délek a úhlů je vhodnější měřit v délkově měřené síti přebytečné úhly než v úhlově měřené síti přebytečné základy, za předpokladu, že přesnost délkového měření neklesne pod 1:300 000. Je to odůvodněno nejen tím, že elektronkově měřené délky se určí s větší přesností než z klasické triangulace, ale i proto, že přebytečné délky v délkově měřených sítích zvyšují přesnost těchto řetězců mnohem více, než naopak geodetické základy zvyšují přesnost úhlově měřených řetězců.

ZÁVĚR

Mimo vlastní geodetické úvahy je nutno k využití nových metod a přístrojů zvládnout i základy elektrotechniky a vytvořit tak vhodné předpoklady pro podrobné seznámení s novými elektronkovými metodami měřených délek a tak co nejlépe připravit geodetické kádry. Tyto nové převratné úspěchy geodesie se nedají obejít setrváním na starých klasických metodách. Jistě v dohledné době budeme mít i možnost prakticky se seznámit s některými z těchto přístrojů a zavést je do geodetické praxe. Popsané typy přístrojů nejsou zdaleka konečné, neboť jsou většinou ve vývojovém stadiu a budou se jistě nadále zlepšovat. Tu je třeba, aby se i u nás zaměřila vědeckovýzkumná činnost v tomto směru.

Předpokládaný článek je informativním souhrnem popisu elektronkových metod a přístrojů pro měření délek a jejich využití v geodesii. Literatura v tomto oboru není příliš bohatá a je vesměs roztržena v různých článkách a přednáškách.

Z připravované literatury bych chtěl upozornit na skripta kand. tech. věd Ing. B. Delonga z Výzkumného ústavu geodesie a kartografie a na práci Ing. Novosada VTA Brno, která vyjde v roce 1957 a umožní podrobné seznámení s fysi-

kální i matematickou stránkou elektronového měření v geodesii. Ke zpracování článku bylo proto využito většiny u nás existujících literatury, která pro většinu čtenářů je dosud těžko dosažitelná. Cílem tohoto článku je seznámit především střední technické kádry s novými metodami v geodesii a vzbudit jejich zájem o ně.

Použitá literatura:

Avdiejev L.: Fizikalnye metody primeňajemye pri izmerenii rasstojanij i ich značenije dlja geodezii.

Benz. F.: Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Entfernungsmessung Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 1952, č. 3, str. 67 až 71.

Blahák V.: Akustické a radiové zaměřování v geodesii a kartografii, Praha 1955.

Delong B.: Použití elctronkového měření délek v geodesii, Praha 1955.

Delong B.: Elektronkové měření výšek, Kartografický přehled, Praha 1955.

Delong B.: Nej přesnější radar v rukou zeměměřiče, Geodetický a kartografický obzor, 1955, číslo 3, strana 54 až 58.

Ellenberger H.: Abschätzung und Entwurf eines lichtelektrischen Entfernungsmessers mit visueller Beobachtung, Zeitschrift für Vermessungswesen, 1956, č. 7 a 8, str. 233 až 241, 304 až 312.

Gerke K.: Die Genauigkeit der Stationshöhen für elektromagnetisch gemessene Strecken, Allgemeine Vermessungsnachrichten, 1954, č. 6, str. 135 až 141.

Gigas E.: Geodätische Entfernungsmessungen, Publikace geodetické komise č. 15, zpráva Institutu pro užitou geodesii ve Frankfurtu n. M., 1954.

Grejm J. A.: Markšejdersko-geodezičeskoje dalnoměry, Moskva 1956.

Kondraškov A. V.: Interferencija sveta i eje priemenenije v geodezii, Geodezizdat, Moskva 1956.

Lichte H.: Entfernungsmessungen mit Radar, Zeitschrift für Vermessungswesen, 1951, č. 9, str. 257 až 265.

Losert W.: Bericht über den Internationalen Kurs für geodätische Streckenmessung in München, 1955, Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 1954, č. 2 a 3, str. 57 až 60 a 82 až 87.

Mitter J.: Der internationale Kurs für geodetische Streckenmessung in München, September 1953, Österreich. Zeitschr. für Vermessungswesen, 1954, č. 2 a 3, str. 57 až 60, 82 až 87.

Měření vzdáleností elektronicko-optickým dálkoměrem a určení rychlosti světla

Přeloženo z ruského originálu «Измерение расстояний светодальнометром и определение скорости распространения света», Геодезия и картография č. 1/1956.

Pojmy číslы označené jsou vysvětleny na konci článku.

Přeložil inženýr plukovník Ing. Dr. Vykutil Josef.

Měření vzdáleností elektronicko-optickým dálkoměrem¹⁾ je založeno na bezprostředním nebo nepřímém měření času, který potřebuje světlo k proběhnutí mezi dvěma body. Tato možnost je dávno známá jako obrácená úloha k měření rychlosti světla. V posledních letech se zdokonalila technika těchto měření tak, že toto řešení je v praxi předmětem velkého zájmu.

V současné době se v geodesii měří vzdálenosti velmi přesně invarovými dráty. Tato měření mají přesnost $\pm 1 \cdot 10^{-6}$, jsou však složitá, pracná, a proto značně nákladná. Ve státní geodetické síti se měří minimální počet základen tak, aby strana trojúhelníka v triangulaci I. řádu, nejvíce vzdálená od základny, byla určena s chybou nejvýše $\pm 5 \cdot 10^{-6}$.

Měření vzdáleností elektronicko-optickým dálkoměrem je organizačně mnohem jednodušší a také levnější. Přesnost nakonec závisí na přesnosti, s jakou známe rychlost světla ve vzduchu v okamžiku měření. Drahá základnová měření je možno nahradit měření stran v triangulaci elektronicko-optickým dálkoměrem.

Použití elektronicko-optického dálkoměru v geodetických pracích dovoluje také řešení vědeckého úkolu: určení rychlosti světla v reálném prostředí. Elektronicko-optické dálkoměry, u kterých jsou v nejvyšší míře vyloučeny podmínky, které působí v měření systematické chyby, umožňují ve spojení s využitím geodetických základen vysoké přesnosti a velké délky vykonat uvedené práce mnohem přesněji, než tomu bylo dosud.

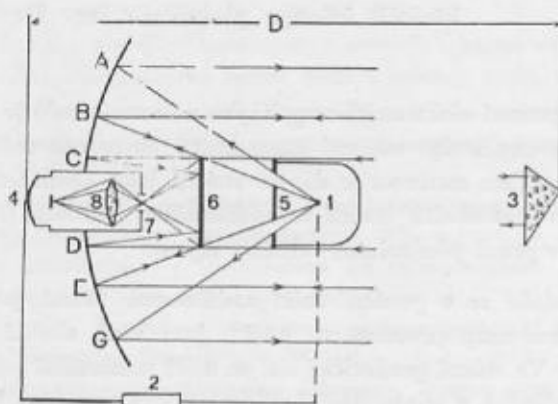
Společné použití elektronicko-optického dálkoměru a radiolokačních přístrojů otvírá nové možnosti určení disperse a refrakce světelných a ultrakrátkých radiových vln.

Měření vzdáleností elektronicko-optickým dálkoměrem

Je-li známa rychlost světla c a čas t , potřebný k tomu, aby světlo dvakrát proběhlo (tam a zpět) neznámou vzdálenost D , je tato vzdálenost dána vztahem

$$D = \frac{1}{2} ct. \quad (1)$$

Schema přístroje pro určení vzdálenosti přímým měřením času je toto: V okamžiku vzplanutí světla v bodě 1 (obr. 1) (několik mikrosekund) objeví se na stínítku elektronové trubice 2, které v tomto případě používáme pro měření času, jasná čárka (impuls), kolmá k přímce (indexu) počítače času. Je-li



Obr. 1

ABCDEG - parabolické zrcadlo; AB a EG - kruhová zóna zrcadla k vysílání světla; BC a DE - kruhová zóna zrcadla pro příjem odraženého světla; 1 - ohnisko parabolického zrcadla (v tomto bodě je umístěn světelný zdroj); 5 - stínítko se štěrbinou; 6 - zrcadlo, současně stínítko; 7 - plášť odrážející světlo (s malým otvorem); 8 - kondensorová čočka; 4 - fotočlánek (fotobuňka se zesilovačem); 2 - elektronová trubice; 3 - trojboký odrazný hranol.

frekvence světelných signálů (v bodě 1) 20 až 25 za vteřinu, zůstává tato světelná čárka stále jasná a nepohyblivá (lidské oko podrží po určitou dobu vyvolaný obraz a stínítko rovněž určitou dobu světélkuje).

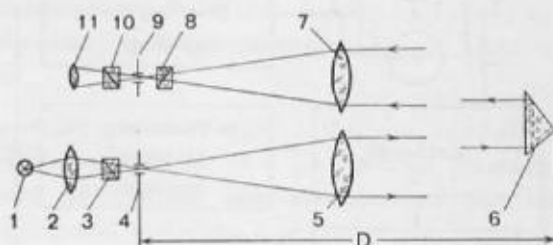
Světlo vyslané přístrojem se odrazí od hranolu (zrcadla) 3, projde zpětnou dráhu a dopadne na fotočlánek 4. Proud vyvolaný odraženým světlem se vede také do elektronové trubice 2, kde se objeví druhá, rovněž stálá a nepohyblivá čárka. V závislosti na čase, který je potřebný k tomu, aby světlo proběhlo danou vzdálenost $2D$, mění se vzdálenost mezi oběma čárkami na stínítku elektronové trubice. Měříme-li tuto vzdálenost v délkové nebo úhlové míře, můžeme

usuzovat na čas, který potřeboval světelný paprsek k proběhnutí dráhy, a považujeme-li rychlost světla za konstantní, můžeme vynést stupnici přístroje přímo v metrech.

Ukázalo se, že tento způsob měření vzdáleností má malou přesnost (průměrně ± 2 až 3 m), nezávislou na měřené délce. Přístroj je prakticky použitelný na vzdálenost 5 až 7 km.

Rozhodující podmínkou pro přesnost tohoto způsobu je synchronisace okamžiku vyslání světelného signálu a okamžiku vzniku impulsu na přímce (indexu) počítače času. Zatím je to možno uskutečnit v mezích setin mikrosekundy, což odpovídá několika metrům vzdálenosti. Kromě toho se nedaří udržet dostatečnou stabilitu impulsů; v důsledku toho je kontura odražených impulsů nejasná, neurčitá a snižuje přesnost čtení.

Značně větší vzdálenosti a s vyšší přesností je možno měřit přístroji založenými na nepřímém, t. zv. fázovém způsobu měření.



Obr. 2

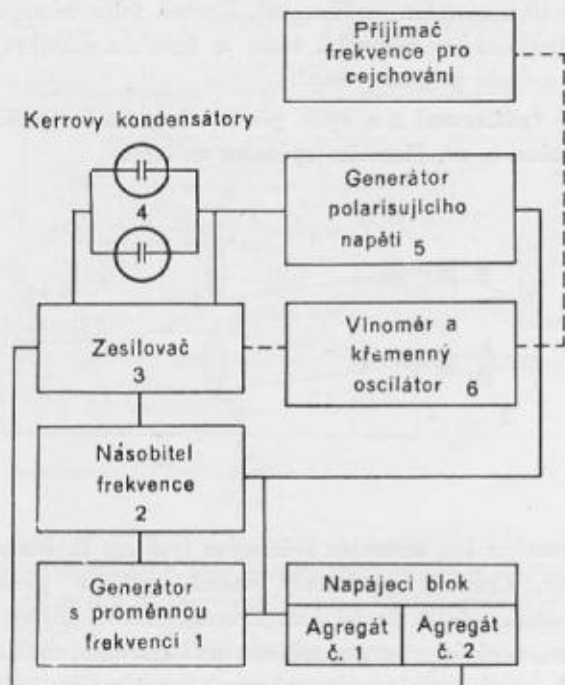
Na tomto principu byl sestaven švédským fyzikem E. Bergstradem přístroj nazvaný geodimetr. Zkoušky prokázaly velmi vysokou přesnost geodimetru: ± 5 až 6 cm u délek od 10 do 36 km. Protože fázové chyby značně převyšují chyby ve frekvenci, nezávisí přesnost měření prakticky na velikosti měřené délky. Z toho je zřejmé, že přístroj je výhodný pro přesné měření větších vzdáleností.

V SSSR se otázkou použití elektronicko-optických dálkoměrů zabývá široký okruh specialistů. Realisují se různé konstrukce elektronicko-optických dálkoměrů. Dále je uveden jeden z fázových systémů. Princip přístroje SVV-1 je na obr. 2 a 3. Optické schema SVV-1 viz na obr. 2.

Světlo lampy 1 se vede pomocí kondensoru 2 do polarisátoru 3, sbíhá se v ohnisku mezi destičkami Kerrova kondensátoru 4³⁾ a objektivem 5 se vysílá na odrazné zrcadlo (hranol) 6. Po odrazu se světlo vrací do objektivu 7, projde polarisátorem 8, sbíhá se v ohnisku mezi destičkami Kerrova kondensátoru 9, projde analysátorem 10 a pozoruje se okulárem 11.

Radiotechnické schema SVV-1 viz na obr. 3.

Elektrický proud vysoké frekvence vysílá generátor 1. Frekvence se zdvojnásobí násobitelem 2 a proud jde do zesilovače 3. Odtud se vede do paralelně a symetricky umístěných Kerrových kondensátorů 4. Světlo procházející mezi destičkami kondensátorů se elektricky polarisuje a mění se v závislosti na frekvenci elektrického napětí. K zlepšení dielektrických vlastností nitrobenzolu v kondensátoru vede se ještě stále polarisující napětí z generátoru 5. Frekvence střídavého napětí generátoru 1 se spojitě mění vlnoměrem 6, jehož stupnice se kalibruje (cejchuje) srovnáním s křemenným oscilátorem.



Obr. 3

Při srovnání s jinými fázovými přístroji podobného typu je v přístroji SVV-1 nové to, že používá demodulující Kerrové buňky v přijímači, plynulé změny frekvence a periodické změny fáze o 180° při frekvenci, která zajišťuje vizuální způsob měření.

Synchronně a symetricky vřazená demodulující Kerrova buňka dovoluje využít oka pozorovatele jako prvku citlivého na světlo. To zjednodušuje konstrukci elektronicko-optického dálkoměru; vysoká citlivost oka dovoluje zmenšení intenzity světla a umožňuje měření ve dne. Kromě toho při použití de-

modulující Kerrovy buňky není nutná etalonáž přístrojů na geodetické základně nebo pomocné kontrolní vzdálenosti a vylučuje se chyba způsobená setrvačností Kerrova efektu, což je zvláště důležité pro určení rychlosti světla. Plynulou změnou frekvence v určitém rozpětí se dosahuje jednoznačného výsledku měření. Součet maxim nebo minim pozorovaného světla v daném rozpětí dovoluje ihned výpočet přesné vzdálenosti.

Změna fázové modulace světla o 180° (při frekvenci, která zajišťuje visuální způsob pozorování) umožňuje zvýšení přesnosti určení fáze třikrát až pětkrát ve srovnání s pozorováním ustálených maxim nebo minim světelného proudu.

Vzdálenost měřená elektronicko-optickým dálkoměrem SVV-1 se počítá ve dvou fázích. Je to

1. výpočet čísla N (počtu vln modulovaného světla v měřené vzdálenosti) z rozdílu frekvencí,

2. výpočet vzdáleností z jednotlivých frekvencí. Takové určení vzdálenosti je nutné proto, abychom dostali jednoznačné řešení. Dále stručně uvedeme teorii tohoto řešení.

Modulovaný světelný paprsek vyjde z Kerrova kondensátoru 4 (obr. 4), dvakrát projde měřenou vzdáleností D a po časovém intervalu τ se vrátí do Kerrova kondensátoru 9. Protože oba kondensátory jsou napájeny stejným generátorem, je fázový rozdíl vyslaného a přijatého paprsku dán vztahem

$$\varphi = 2\pi f\tau, \quad (4)$$

kde f je frekvence modulace.

Zvolme takovou frekvenci modulace f_0 , aby se fázový rozdíl rovnal celému číslu N , násobenému číslem 2π . Je zřejmé, že v tomto případě bude přijímací Kerrovou buňkou procházet maximální množství světla. Nyní změníme frekvenci modulace z hodnoty f_0 na f_1 . Protože vzdálenost D a tedy i doba proběhnutí světla se nemění, změní se fázový rozdíl. Budeme-li plynule měnit frekvenci ($f_1 > f_0$) najdeme takovou její hodnotu, kdy fázový rozdíl bude roven

$$\left(N_0 + \frac{1}{2}\right) \cdot 2\pi,$$

kde N_0 je celé číslo. Této hodnotě frekvence bude odpovídat minimální množství světla procházejícího přijímací Kerrovou buňkou. Při dalším zvyšování frekvence nastane okamžik, kdy (při frekvenci f_1) fázový rozdíl φ_1 bude roven

$$(N_0 + 1) \cdot 2\pi.$$

Pozorovatel určí tento okamžik podle maximálního množství světla procházejícího přijímací Kerrovou buňkou. Budeme-li dále měnit frekvenci a počítat počet n maxim (nebo minim), můžeme psát:

$$\varphi_n = 2\pi(N_0 + n) = 2\pi f_n \tau. \quad (5)$$

Protože

$$\tau = \frac{2D}{c},$$

bude

$$N_0 = f_0 \cdot \frac{2D}{c}, \quad (6)$$

a

$$N_0 + n = f_n \cdot \frac{2D}{c}. \quad (7)$$

Z rovnic (6) a (7) můžeme určit

$$N_0 = n \cdot \frac{f_0}{f_n - f_0}. \quad (8)$$

Ze vzorce (8) je zřejmé, že počet cyklů N se určí tím přesněji, čím větší bude rozdíl frekvencí ($f_n - f_0$). Pokud při měření elektronicko-optickým dálkoměrem sčítáme počet maxim (nebo minim), je maximální chyba při výpočtu čísla N rovna $\pm 1/2$, neboť při této chybě je neurčitá volba čísla N . Toto číslo musí být totiž celé, je-li pozorováno maximum, a celé plus $1/2$, je-li pozorováno minimum světla.

Pro výpočet vzdálenosti D se vzorce (6) a (7) upravují takto:

$$D = \frac{N_0 \cdot c}{2f_0}, \quad (9)$$

$$D = \frac{(N_0 + n) \cdot c}{2f_n}. \quad (10)$$

Rozborem vzorců (9) a (10) zjistíme, že chyba ve vzdálenosti je přímo úměrná chybám ve frekvenci a chybě v přijaté hodnotě pro rychlost světla. Celková chyba frekvence se skládá z chyby frekvence generátoru a vlnoměru a z chyby způsobené nepřesností v určení fáze při měření.

Při měření vzdálenosti do 10 km elektricko-optickým dálkoměrem SVV-1 jsou fázové chyby čtyřikrát vyšší než chyby ve frekvenci. A protože fázová chyba není závislá na vzdálenosti, nezávisí samozřejmě ani přesnost měření na měřené vzdálenosti. Střední kvadratická chyba v určení fáze při jednom čtení je $\pm 4^\circ$ až 5° . V každé serii se provedou čtyři čtení. Chyba v určení fáze v serii je tedy

2° až 3° nebo 10 až 15 cm ve vzdálenosti. Opakováním měření je možno tuto chybu zmenšit úměrně \sqrt{n} , kde n je počet měření. V praxi nemá počet měření být větší než 16, protože další zvyšování počtu měření nepřináší podstatné zvýšení přesnosti výsledku a je také podle teorie nejmenších čtverců neúčelné.

Rychlost světla ve vakuu je dnes pravděpodobně známa s chybou řádu $\pm 3 \cdot 10^{-6}$. S touto chybou se můžeme smířit. V reálných podmínkách zemské atmosféry však rychlost světla závisí na teplotě, tlaku a vlhkosti vzduchu.

Rychlost světla v ve vzduchu je menší než rychlost světla c ve vakuu. Tyto rychlosti jsou vázány vztahem

$$c = \mu \cdot v, \quad (11)$$

kde μ je index lomu světla ve vzduchu.

Hodnota μ závisí na délce vlny použitého světla a na meteorologických podmínkách.

Závislost μ na λ se obvykle vyjadřuje ve tvaru, který udal Cauchy, s opravou zavedenou Rayleighem, pro grupovou rychlost vln,⁴⁾ dostatečně přesněm pro celou viditelnou část spektra:

$$\mu = A + \frac{3B}{\lambda^2} + \frac{5c}{\lambda^4}, \quad (12)$$

kde λ je délka vlny použitého světla.

Ze vzorce (12) můžeme určit závislost μ na λ ve tvaru

$$d\mu = -\frac{1}{\lambda^3} \left(6B + \frac{20c}{\lambda^2} \right) d\lambda. \quad (13)$$

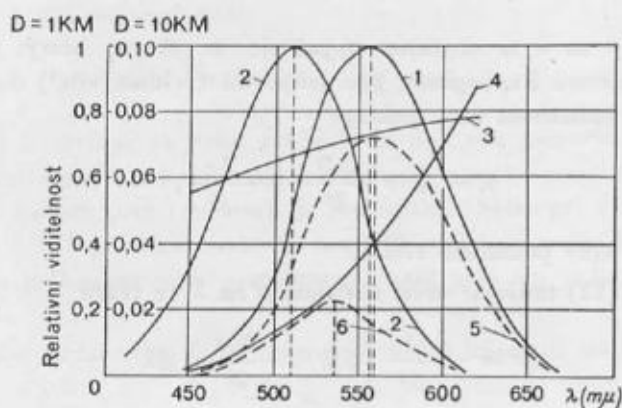
Hodnota dispersní chyby⁵⁾ je dána změnou spektrálních charakteristik oka pozorovatele, atmosféry a spektrální strukturou světla použitého pro měření.

Spektrální citlivost oka pozorovatele se mění v závislosti na hodnotě dopadajícího světla. Na obr. 4 znázorňuje křivka 1 spektrální citlivost oka při denním (čípkovém) vidění a křivka 2 spektrální citlivost při soumrakovém (tyčinkovém) vidění.⁶⁾ Jak je vidět z obrázku, posunuje se maximum spektrální citlivosti při přechodu od denního k soumrakovému vidění směrem ke kratším vlnám s délkou asi 550 m (milimikron). Při měření elektronicko-optickým dálkoměrem jsou světelné proudy malé a maximum spektrální citlivosti oka leží mezi maximem denního a soumrakového vidění.

Změna spektrálního koeficientu průzračnosti atmosféry je rovněž znázorněna na obr. 4: Křivka 3 pro vzdálenost 1 km a křivka 4 pro vzdálenost 10 km. Obě křivky jsou vypočteny pro dobrou viditelnost. Křivka 5 zobrazuje

výslednou spektrální citlivost systému „oko + atmosféra“ pro denní vidění a průzračnost v soulase s křivkou 3, křivka 6 touž hodnotu pro soumrak a křivku 4. Při měření elektronicko-optickým dálkoměrem se hlavně uplatní křivka 6.

Neuvažujeme-li přesnost číselné hodnoty maxima spektrální citlivosti systému „oko + atmosféra“ a použijeme-li pro výpočet vzdálenosti střední hodnoty polohy maxima, které připadá délce vlny $\lambda = 540 \text{ m}\mu$, bude maximální chyba $\pm 20 \text{ m}\mu$. Tato chyba podle vzorce (13) ovlivní chybu v měřené vzdálenosti nejvýše hodnotou $\pm 2 \cdot 10^{-6}$. Je třeba poznamenat, že spektrální charakteristika oka a atmosféry se při zvětšování měřených vzdáleností mění navzájem protichůdně. Proto nastává jistá kompenzace chyb způsobených těmito faktory. Spektrální struktura světla používaného při měření je blízká 530 až 550 $\text{m}\mu$ dosahuje se toho nitrobenzolem, který působí jako žlutý filtr a polaroidy (Nicolovými hranoly), které působí jako zelený filtr.



Obr. 4

Závislost indexu lomu μ na meteorologických podmínkách je podle Kohlrausche dána vztahem

$$\mu = 1 + \frac{\mu_{0,760} - 1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{p}{760} - \frac{55 \cdot 10^{-9}}{1 + \alpha t} \cdot e, \quad (14)$$

kde $\mu_{0,760}$ je index lomu při teplotě 0° a tlaku vzduchu 760 mm,

t — teplota vzduchu ve stupních Celsia,

p — tlak vzduchu v milimetrech,

e — tlak vodních par ve vzduchu v milimetrech,

α — 1:273.

Přijmeme-li pro μ přibližnou hodnotu $\mu \doteq 1,000305$ (pro žlutozelenou část spektra při $t = 0^\circ$ a $p = 760$ mm), bude

$$\frac{d\mu}{dt} = - 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ pro } 1^\circ \text{ C,}$$

$$\frac{d\mu}{dp} = + 0,40 \cdot 10^{-6} \text{ pro } 1 \text{ mm tlaku vzduchu,}$$

$$\frac{d\mu}{de} = - 0,06 \cdot 10^{-6} \text{ pro } 1 \text{ mm tlaku vodních par.}$$

Tento výpočet ukazuje, že při přesných měřeních musí být meteorologické prvky měřeny zvláště přesně. Největší vliv má teplota vzduchu. Chyba $\pm 1^\circ$ v určení teploty způsobí ve vzdálenosti chybu velikosti $1 \cdot 10^{-6}$. Určit střední teplotu vzduchu po celé dráze světelného paprsku s touto přesností není vždy možné. Reálná přesnost, s kterou známe teplotu, je obvykle $\pm 2^\circ$ až 3° , což způsobí v hodnotě μ chybu řádu 2 až $3 \cdot 10^{-6}$. Avšak tyto chyby jsou většinou nahodilé a kompensují se při větším počtu měření vykonaných v různé době za různých meteorologických podmínek. Změna atmosférického tlaku o 2,5 mm působí chybu $1 \cdot 10^{-6}$. Změna tlaku vodních par o 17 mm dává rovněž chybu $1 \cdot 10^{-6}$, t. j. tlak vodních par možno prakticky brát střední pro danou krajinu a změny vlhkosti možno zanedbat.

Zde je vhodné srovnat vliv meteorologických prvků na rychlost světla a na rychlost radiových vln.

1. Vliv teploty vzduchu na rychlost šíření radiových vln se projevuje hodnotou $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ na 1° , t. j. stejně, jako u světla.

2. Vliv vzdušného tlaku na rychlost radiových vln je dán hodnotou $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ na 3 mm tlaku, t. j. stejného řádu, jako u světla.

3. Vliv vlhkosti vzduchu na rychlost radiových vln se projevuje hodnotou $1 \cdot 10^{-6}$ na 0,2 mm, t. j. víc než 80krát převyšuje vliv vlhkosti vzduchu na rychlost světla (různí autoři udávají tento vliv různě) a je dvakrát až pětikrát větší než vliv teploty, prvku, který nejsilněji působí na rychlost světla.

Je zřejmé, že určení vlhkosti vzduchu podél dráhy radiové vlny je mnohem složitější úloha než určení teploty a tlaku vzduchu. Proto se vzdálenosti elektronicko-optickým dálkoměrem měří mohem přesněji než methodou radiolokační.

Lámavost světelného paprsku ve vzduchu nemá takový vliv na rychlost světla, porušuje však dráhu světelného paprsku. Při měření v přízemních vrstvách prochází světlo částmi atmosféry s různou hustotou, které mají různé indexy lomu. Jak známo, vrstvy vzduchu stejné hustoty v přízemní vrstvě ob-

vykle (do jisté míry) sledují relief terénu. Dráha světelného paprsku je v tomto případě složitá křivka, jejíž praktické vyšetření je současnými prostředky téměř nemožné. Představu o řádu opravy ze zakřivení dráhy paprsku můžeme získat, přijmeme-li pro zemskou refrakci jednu z hypotéz o rozdělení hustoty vzduchu. Nejlépe je propracována geocentrická theorie, podle které se vrstvy vzduchu stejné hustoty předpokládají jako koncentrické a uvažuje se normální refrakce, t. j. index lomu vzduchu se zmenšuje s výškou.

Podle theorie geocentrické zemské refrakce je

$$\varrho = \frac{R}{\varkappa},$$

kde ϱ = poloměr křivosti dráhy světelného paprsku,

R = poloměr křivosti Země,

\varkappa = koeficient určený z měření.

Veličina \varkappa je pro střední evropské kraje rovna 0,10 až 0,20; poloměr křivosti dráhy světelného paprsku je tedy 5krát až 10krát větší než poloměr Země. Rozdíl mezi délkou l oblouku na kouli a délkou tětivy a , může být napsán ve tvaru

$$l - a = \frac{l^3}{24\varrho^2},$$

kde ϱ je poloměr křivosti dráhy světelného paprsku. Na příklad pro $l = 30$ km (střední délka strany trigonometrické sítě) a $\varrho = 30\,000$ km dostaneme

$$l - a = 1,2 \text{ mm.}$$

Chyby z refrakce jsou v praxi vyšší, neboť v přízemní vrstvě se vzduch zahřívá nerovnoměrně a dráha světelného paprsku se více zakřivuje, než odpovídá theorii geocentrické refrakce.

Je třeba též poznamenat, že chyba z refrakce vždy zvětšuje hodnotu měřené vzdálenosti. Měříme-li kratší vzdálenost (10 až 15 km), můžeme tuto chybu zanedbat, neboť měříme prakticky v přímce.

Elektronicko optickým dálkoměrem SVV-1 bylo provedeno mnoho pokusných měření i měření pro praxi. V tabulce 1 jsou uvedeny výsledky měření délek stran triangulace I. řádu. Srovnáme-li délky stran, získané elektronicko-optickým dálkoměrem, s délkami určenými trigonometricky v triangulaci, můžeme usuzovat o přesnosti přístroje a také vypočítat rychlost světla.

Měření byla vykonána ve středních krajinách evropské části SSSR v září a říjnu 1954. Viditelnost byla v době měření uspokojivá. Delší dobu bylo suché počasí, teplota i atmosférický tlak měly nevelký denní výkyv. Při měření se

elektronicko-optický dálkoměr a odrazová zrcadla stavěla na stoly geodetických signálů. Světelný paprsek probíhal nejméně 25 m nad zemí a nejméně 4 m nad terénními překážkami (les, budova atd.). Teplota a tlak vzduchu se měřily na bodě, kde byl postaven dálkoměr, ve výšce záměrného paprsku. Délky trigonometrických stran se měřily ve 24 až 30 seriích. Změření délky jedné strany trvalo průměrně 40 až 50 minut.

Frekvence křemenných oscilátorů se etalonovala téměř každý den jejich srovnáním s velmi stálou frekvencí radiové stanice PB-71.

Při výpočtech byla uvažována rychlost světla ve vakuu hodnotou 299 793 km/sec. Naměřené hodnoty se opravily o tyto opravy:

1. Konstantu elektronicko-optického dálkoměru δ_1 , složenou z oprav:
 - a) z excentricity dálkoměru a odrazového zrcadla;
 - b) z průchodu světelného paprsku objektivem, odrazovým a polarisujícím zařízením;
 - c) z průchodu světelného paprsku nitrobenzolem;
2. ze změny rychlosti světla v závislosti na teplotě, tlaku a vlhkosti vzduchu ($\delta_{t,p}$). Dispersní oprava byla počítána pro $\lambda = 530 \text{ m}\mu$ pro grupovou rychlost vln;
3. z převodu měřených vzdáleností ke stabilizačním kamenům bodů ($\delta_{c,r}$);
4. z redukce měřené šikmé vzdálenosti na tětivu, odpovídající oblouku některé hladinové plochy (δ_a);
5. z redukce tětivy do nulové hladiny (δ_H);
6. z přechodu od tětivy k oblouku na kouli (δ_s);
7. z přechodu do roviny Gaussových pravoúhlých souřadnic (δ_r).

Z tabulky 1 je zřejmé, že rozdělení skutečných chyb se velmi blíží rozdělení nahodilých chyb podle Gaussova zákona. Odchytky nepřekračují hodnotu trojnásobné střední chyby.

Délky stran z triangulace byly při výpočtech považovány za přesné. Ve skutečnosti mají tyto délky chyby v mezích $\pm 2 \text{ cm}$ a tedy střední chyba měření dálkoměrem je poněkud menší. Pravděpodobnější je patrně hodnota chyby vypočtené jako průměr absolutních hodnot rozdílů v , t. j. $\pm 0,09 \text{ m}$.

Relativní chyba pro střední délku strany 8 km je asi 1:90 000.

Výpočet rychlosti světla

Jak již bylo řečeno, byly strany vypočteny za předpokladu, že rychlost světla ve vakuu je rovna c . Protože c se používá jako koeficient při výpočtu vzdáleností, přenáší se relativní chyba v přijaté hodnotě c do určené vzdálenosti. Proto je pro přesná měření volba výchozí hodnoty c a vůbec určení rychlosti světla z geodetických měření velmi aktuální.

TABULKA 1.

Číslo strany	Výsledek z měření elektronicko-optickým dálkoměrem D_d m	Výsledek z měření triangulačních D_t m	Rozdíl $v = D_t - D_d$ m	Relativní chyba $\frac{v}{D}$
1	4789,71	4789,81	- 0,10	1: 48 000
2	6514,56	6514,41	+ 0,15	1: 44 000
3	7910,78	7910,79	- 0,01	1: 790 000
4	10882,98	10882,82	+ 0,16	1: 68 000
5	7839,30	7839,37	- 0,07	1: 110 000
6	5473,37	5473,29	+ 0,08	1: 68 000
7	11149,93	11150,12	- 0,19	1: 59 000
8	9375,41	9375,30	+ 0,11	1: 85 000
9	7235,04	7235,01	+ 0,03	1: 240 000
10	6909,86	6910,10	- 0,24	1: 29 000
11	7939,84	7939,85	- 0,01	1: 794 000
12	10364,62	10364,54	+ 0,08	1: 130 000
13	7553,11	7553,24	- 0,13	1: 58 000
14	5240,25	5240,33	- 0,08	1: 65 000
14	5240,27	5240,33	- 0,06	1: 87 000
14	5240,28	5240,33	- 0,05	1: 105 000
14	5240,30	5240,33	- 0,03	1: 175 000

Střední chyba měřené délky je $\pm 0,11$ m.

Průměrná chyba měřené délky je $\pm 0,09$ m.

Čistě praktický význam má volba c pro sestavení tabulek pro výpočty při délkových měřeních elektronicko-optickým dálkoměrem.

Použijeme-li hodnot v v tabulce 1, můžeme formulovat úlohu určení rychlosti světla takto: Najít hodnotu c , která nejlépe vyhovuje všem měřeným vzdálenostem. Přitom předpokládáme, že měření elektronicko-optickým dálkoměrem nejsou zatížena systematickými chybami.

Hodnota c může být z každé délky vypočtena podle vzorce

$$c = c_0 + c_0 \cdot \frac{1}{M},$$

kde c_0 je rychlost světla ve vakuu, přijatá pro výpočty délek. M je jmenovatel relativní chyby vypočtené ze srovnání výsledku měření elektronicko-optickým dálkoměrem a etalonem.

TABULKA 2.

Číslo strany	$\frac{1}{M}$	$c \cdot \frac{1}{M}$ km/sec	P	$Pc \frac{1}{M}$	v
1	+ 1: 48 000	+ 6,2	0,48	+ 2,98	+ 2,29
2	- 1: 44 000	- 7,2	0,65	- 4,68	- 5,37
3	+ 1: 790 000	+ 0,4	0,79	+ 0,32	- 0,37
4	- 1: 68 000	- 4,4	1,09	- 4,80	- 5,49
5	+ 1: 110 000	+ 2,7	0,78	+ 2,11	+ 1,52
6	- 1: 68 000	- 4,5	0,55	- 2,48	- 3,17
7	+ 1: 59 000	- 5,1	1,12	+ 5,71	+ 5,02
8	- 1: 85 000	- 3,5	0,94	- 3,29	- 3,98
9	- 1: 240 000	- 1,2	0,72	- 0,86	- 1,55
10	+ 1: 29 000	+ 11,0	0,69	+ 7,59	+ 6,90
11	+ 1: 794 000	+ 0,4	0,79	+ 0,32	- 0,37
12	- 1: 130 000	- 2,3	1,04	- 2,39	- 3,08
13	+ 1: 58 000	+ 5,5	0,76	+ 4,18	+ 3,49
14	+ 1: 65 000	+ 4,9	0,52	+ 2,55	+ 1,86
14	+ 1: 87 000	+ 3,7	0,52	+ 1,92	+ 1,23
14	+ 1: 105 000	+ 3,0	0,52	+ 1,56	+ 0,87
14	+ 1: 175 000	+ 1,8	0,52	+ 0,94	+ 0,25

$$\Sigma = 12,48 \quad + 11,68 \quad \Sigma P v^2 = + 193,36$$

Střední chyba v určení hodnoty c , bereme-li odděleně výsledky jednotlivých měření a jejich přesnost, je

$$m_c = \pm 3,1 \text{ km/sec.}$$

Použití různých délek dovolí zmenšit tuto chybu úměrně \sqrt{n} , kde n je počet měřených délek.

V tabulce 2 jsou uvedeny výsledky výpočtů rychlosti světla. Váhy měření P jsou úměrné měřeným délkám. Při rozboru výsledku, který jsme dostali: $c = 299\,793,9 \pm 1,0 \text{ km/sec}$, je třeba uvážit, že všechny vzdálenosti použité jako etalon, jsou vypočteny ze stejné geodetické základny. Nahodilá chyba v délce základny, přípustná při jejím měření, zde se projeví jako chyba systematická. Chyba použité základny nebude vyšší než $\pm 2 \cdot 10^6$; můžeme tedy očekávat, že systematická chyba v určení rychlosti světla není větší než $0,6 \text{ km/sec}$.

TABULKA 3.

Rok určení	Autor (země)	Použitá metoda	Rychlost světla km/sec
1950	Essen (Anglie)	Resonátor	299 792,5 ± 1
1950	Bergstrand (Švédsko)	Kerrová buňka, fotočlánek	793,1 ± 0,25
1950	Hansen a Boll (Anglie)	Resonátor	794,2 ± 1,4
1951	Aslakson (USA)	Radiolokace	794,2 ± 1,1
1952	Froome (USA)	Radiointerferometr	792,6 ± 0,7
1952	Froome (USA)	Radiointerferometr	793,0 ± 0,3
1954	Veličko a Vasiljev (SSSR)	Synchronisovaná Kerrová buňka, oko	793,9 ± 1,0
			299 792,6 ± 0,6

K hodnotě přijaté při výpočtech pro rychlost světla je třeba připojit opravu

$$\frac{\sum P c \cdot \frac{1}{M}}{\sum P} = + \frac{11,68}{12,48} = + 0,9 \text{ km/sec.}$$

Střední chyba v určení rychlosti světla

$$M = + \sqrt{\frac{\sum P v^2}{\sum P (n-1)}} = \pm 1,0 \text{ km/sec.}$$

Rychlost světla ve vakuu je tedy rovna

$$299\,793 + 0,9 = 299\,793,9 \pm 1,0 \text{ km/sec.}$$

V tabulce 3 je porovnán dosažený výsledek s výsledky jiných autorů, kteří použili k určení rychlosti světla různých metod.

V tabulce jsou uvedeny nejpřesnější výsledky z poslední doby. Nápadný souhlas výsledků získaných různými metodami ostře kontrastuje s tím, co udávali fyzikové do roku 1950. V serii měření se více odchyloje jen výsledek Hansena a Bolla. Podle našeho názoru je v nynější době třeba za nejpravděpodobnější hodnotu rychlosti světla považovat průměr výsledků v tabulce 3. Zavedení vah jednotlivých výsledků lze stěží odůvodnit; důkladnost a pečlivost (přesnost) jednotlivých určení nezbuzuje pochyb a není žádný objektivní důvod k pochybnostem o hodnověrnosti publikovaných výsledků.

Rychlost světla $c = 299\,792,6 \pm 0,6 \text{ km/sec,}$

kteřou jsme vypočetli, se podstatně liší od hodnoty 299 790,2 km/sec, udávané v oficiálních tabulkách a příručkách fyzikálních veličin; tato hodnota je zřejmě malá. Kdybychom přijali tuto hodnotu za pravděpodobnější, museli bychom v našich měřeních buď změnit hodnotu konstantní opravy elektronicko-optického dálkoměru v průměru o 6 cm nebo změnit délku výchozí geodetické základny o 1.10^{-5} .

Konstantní oprava dálkoměru je určena s jistotou: maximální chyba v jejím určení je ± 2 cm. Změna délky výchozí geodetické základny je naprosto nemožná, neboť v tom případě bychom museli pochybovat o metronomické službě, která komparuje invarové dráty pro základnová měření.

V závěru vyslovujeme přesvědčení, že další vývoj elektronicko-optických dálkoměrů a jejich použití při geodetických pracích dovolí určit rychlost světla ještě přesněji. Autoři budou zcela spokojeni, přispěla-li jejich práce ke zpřesnění hodnoty této základní fyzikální konstanty.

Přeložil: inž. plk. prof. Dr. V y k u t i l

Vysvětlivky překladatele:

1) Přístroj se jmenuje rusky „světodalnoměr“; autoři článku v poznámce říkají, že výstižnější název je „elektronno-optičeskij dalnoměr“.

2) Elektronová trubice je vzduchoprázdná trubice s kathodou žhavenou elektrickým proudem. Proud elektronů, který kathoda vysílá, se usměřňuje elektrickým a magnetickým polem vyvolaným elektricky napájenou mřížkou nebo destičkami. Tak se vytváří elektronový paprsek, který světélkuje při dopadu na fluorescenční dno (stínítko) trubice.

3) Kerrův kondensátor (Kerrová buňka) je nádoba s dvěma elektrodami, naplněná nitrobenzolem. Kerrová buňka se vkládá mezi dva Nicolovy hranoly. Toto zařízení moduluje vysílané světlo. Světlo, které vychází z prvního Nicolova hranolu, je polarisováno (kmitá jen v jedné rovině). Kerrová buňka vyvolává u polarisovaného světla kmitů v rovině svého elektrického pole, t. j. kolmo k elektrodám. Amplituda těchto kmitů je závislá na rozdílu potenciálu mezi oběma elektrodami. Rovina elektrického pole Kerrový buňky svírá s polarizačními rovinami obou Nicolových hranolů úhel 45° . Z druhého Nicolova hranolu potom vychází modulované světlo s délkou vlny, závislou na napětí elektrod Kerrový buňky.

4) Grupová rychlost světla: Světla různých barev spektra mají různou vlnovou délku. Bílé světlo je směs paprsků různých barev, t. j. směs vln různé délky. Jednotlivá vlnění se šíří různými rychlostmi. Grupovou rychlostí světla se rozumí rychlost, kterou se šíří maximum kmitů, překládají-li se tato různá vlnění přes sebe.

5) Disperse světla: Světlo různé barvy (různé vlnové délky) se při průchodu prostředím různě láme; má tedy různý index lomu. Dispersní chyba je chyba v určení indexu lomu v důsledku disperse.

6) V lidském oku jsou na světlo citlivé tyčinky a čípky, umístěné na sítnici. Čípky jsou méně citlivé a vyžadují silného osvětlení; umožňují však rozlišovat barvy a podrobnosti. Po dráždění čípků vzniká „denní vidění“. Tyčinky jsou mnohem citlivější než čípky, nedovolují však rozlišovat barvy. Při slabém osvětlení jsou drážděny tyčinky a vzniká „soumrakové vidění“.

Příspěvek k praktickému překreslování

A. ÚVOD

Podstatou překreslování je fotografické převedení strmého nebo šikmého leteckého snímku na obraz jemu perspektivně přidružený, který odpovídá situaci fotografovaného území. Praxe překreslování je tedy založena na optickém promítnutí snímkového negativu do vhodně umístěné promítací roviny a na fotografickém zachycení promítnutého obrazu. Využití překreslovací metody je v současné fotogrammetrii v zásadě dvojitě: jednak slouží k sestavování fotoplánů pro nejrůznější účely a jednak tvoří základ situačního vyhodnocování v sovětské diferencované metodě. K oběma těmto účelům se používá přístrojů nejrůznější konstrukce; dají se však rozdělit na dvě hlavní skupiny, na přístroje se stálou vnitřní orientací a na přístroje s proměnnou vnitřní orientací.

Jestliže k překreslování použijeme přístroje první skupiny, kdy promítaný snímek spolu s promítacím objektivem má stejnou vnitřní orientaci jako fotografická komora, kterou byl snímek pořízen,¹⁾ dosáhneme překreslení pouhým zavedením obecného sklonu snímku a případnou úpravou zvětšení. Obnovujeme tím vnější orientaci snímku, kterou měl v okamžiku expozice.

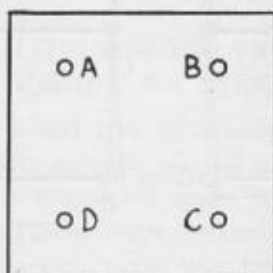
Překreslovat však lze i na přístrojích druhé skupiny, které nezachovávají stálou vnitřní orientaci. Přitom je však třeba dodržet známou základní geometrickou podmínku překreslování, která žádá, aby snímková úběžnice byla vzdálena od středu promítání stále o konstantní hodnotu $\frac{f}{\sin \nu}$, kde f je konstanta fotografické komory a ν nadírová distance snímku. K překreslení snímku je v takovém případě třeba kromě sklonu snímku a promítací roviny a kromě změny zvětšení zavést ještě dodatečný posun snímku v jeho rovině ve směru hlavní spádnice vůči konstrukční ose přístroje. Obdobný posun je třeba zavádět i u přístrojů první skupiny, jestliže jejich promítací konstanta není totožná s konstantou fotografické komory. Velikost posunu závisí na nadírové distanci překreslovaného snímku (někdy na pracovním zvětšení) a na konstrukci přístroje, takže posun je pro různé druhy přístrojů různý.

1) Sem patří i případ, kdy promítaný snímek je zmenšen ve stejném poměru jako konstanta promítání vůči konstantě fotografické komory.

Příkladem přístrojů první skupiny je projektor multiplexu; přístroje druhé skupiny jsou mnohem rozšířenější a označujeme je názvem překreslovače.

Ve fotogrammetrické praxi se používá řady překreslovačů, které se navzájem liší celkovou stavbou, uspořádáním a počtem t. zv. stupňů volnosti, konstrukčním provedením dílčích pohyblivých částí, stupněm jejich automatického řízení a funkčním rozsahem.

Všimněme si krátce, jak mohou být u překreslovačů uspořádány jednotlivé pohyblivé části, jejichž změnou docílujeme překreslení snímku. Základním proměnným prvkem u každého překreslovače je změna zvětšení; u moderních strojů bývá spojena s automatickým řízením optického zaostřování. Dalším prvkem společným všem překreslovačům je sklon promítacího stolu, se kterým je opět s ohledem na ostré zobrazení automaticky spřažen odpovídající sklon snímku či

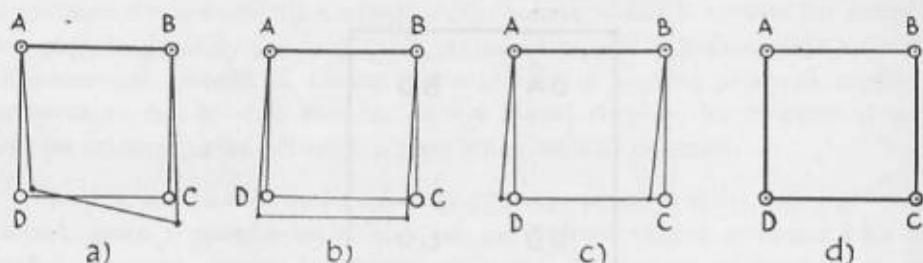


Obr. 1.

objektivu. Třetím proměnným prvkem bývá pootočení snímku v jeho vlastní rovině, což umožňuje nastavit hlavní snímkovou vertikálu, danou jeho vnější orientací při fotografování, do směru hlavní spádnice snímkové roviny při překreslování. U některých překreslovačů je tento požadavek realizován sekundárním sklonem promítacího stolu kolem osy kolmé k ose základního sklonu. Poslední změnou nutnou pro překreslování je zmíněný snímkový posun ve směru hlavní spádnice roviny snímku. U většiny moderních překreslovačů můžeme snímek posunovat nejen ve směru jeho hlavní spádnice, ale ve dvou směrech na sebe kolmých, což umožňuje posun ve směru obecném. Tento konstrukční prvek znamená pro překreslovač nadbytečný stupeň volnosti a rozšiřuje možnost jeho použití i pro snímky terénu stejnoměrně skloněného. Kromě toho není nutné, aby snímkový negativ byl před překreslováním zakládán do snímkového rámu překreslovače centricky vůči jeho konstrukční ose, a postačí založení přibližné. Do patřičné polohy vůči konstrukční ose pak můžeme snímek vždy uvést jeho obecným posunem v průběhu překreslovacího postupu.

Překreslování snímku uskutečňujeme prakticky tím, že se snažíme pomocí možných změn v nastavení jednotlivých částí překreslovače ztotožnit postupně čtyři nebo pět promítnutých snímkových bodů s jejich situačně správnou polohou určenou předem a vynesenu v určitém měřítku na t. zv. vlíčovací podklad. V praxi byla vypracována řada postupů, které stanoví nejúčelnější pořadí a velikost zaváděných změn, aby bylo možné rychlé překreslení snímku v obecném případě.

Nejrozšířenější postup používaný v praxi a uváděný nejčastěji v literatuře potřebuje pro překreslení snímku čtyři vlíčovací body rozložené tak, jak je uvedeno na obr. 1. Dva z těchto bodů, A a B, slouží k úpravě měřítka promítnutého obrazu, což se děje po každé změně v nastavení některého z proměnných prvků tím, že ztotožníme oba promítnuté body s body podkladu. Označujeme v dalším textu takové vlíčovací body jako základní. Podle situačních odchylek



Obr. 2.

zbývajících promítnutých bodů, C a D, vzhledem k bodům vneseným, zavádíme pak jednotlivé změny v nastaveních (budou uvedeny obecně pro různé typy překreslovačů).

a) Nejdříve se snažíme sklonem promítacího stolu dosáhnout toho, aby promítnutá strana CD byla stejně dlouhá s vnesenou (viz obr. 2a).

b) V dalším postupu použijeme sklonu stolu v druhém směru nebo otočení snímku tak, aby po úpravě měřítka byly promítnutá a vnesená strana CD nejen stejně dlouhé, ale i vzájemně rovnoběžné (viz obr. 2b).

c) Situační nesouhlysy u bodů C a D jsou nyní stejné co do směru i velikosti a odstraníme je obecným posunem snímku (ve dvou vzájemně kolmých složkách).

Zde dochází v literatuře i v praxi k určité nejasnosti. Postup uváděný na př. prof. Buchholtzem (viz [2] str. 164), kdy jedním posunem snímku změníme situační nesouhlas podle obr. 2c a druhým posunem jej odstraníme úplně (viz obr. 2d), předpokládá u promítacího stolu určitý směr hlavního spádu vůči

spojnici základních bodů. Je tedy řešením pro zvláštní případ překreslení, zatím co v případě obecném nevede k cíli ani účelně, ani jednoznačně. Obdobně neúplné postupy jsou popsány i u autorů Konšina ([6] str. 111) a Dejneka ([3] str. 288), ještě větší nepřesnosti se dopouští Finsterwalder ([4] str. 347—8), Gál ([5] str. 288) a Bonč-Brujevič ([1] str. 304). V praxi se tento nedostatek projevuje tím, že zaváděný snímkový posun nemá předpokládaný účinek a vede k přesnému překreslení až po mnohém opakování postupu, takže pracovník často ztrácí přehled o zavedených opravách, opouští při práci pevný systém a řídí se převážně citem, získaným jen dlouhou zkušeností.

Účelem této práce je objasnit vzájemný vztah mezi obecným posunem snímku a obecným sklonem promítacího stolu, resp. směrem hlavní snímkové vertikály, na jedné straně a mezi deformací promítnutého obrazu na straně druhé. Závěrem bude navržen překreslovací způsob, který upřesňuje postup odstavce c) pro obecný případ.

B. ZMĚNA PROMÍTNUTÉHO OBRAZU PŘI ZAVEDENÍ OBECNÉHO POSUNU SNÍMKU NA PŘEKRESLOVAČI

Zjednodušíme nejprve situaci tím, že nebudeme uvažovat o určitém typu překreslovače, a optické vztahy na překreslovači nahradíme geometrickými vztahy mezi dvěma rovinami σ a π svírajícími spolu malý úhel μ . Posun snímku ve směru kolmém na průsečnici obou rovin označme jako podélný posun p' , posun ve směru rovnoběžném s průsečnicí rovin jako příčný posun q' .

1. Vliv podélného posunu p'

Na obr. 3a jsou znázorněny v normálním řezu roviny σ a π . Svírají spolu úhel μ . Střed promítání S je vzdálen od roviny σ o hodnotu a . V rovině σ mějme rozloženy body H' , A' , B' , C' a D' podle schematu v obr. 3b tak, aby spojnice $B'D'$ byla rovnoběžná s průsečnicí rovin σ a π . Promítněme tyto body do roviny π . Promítnutá úsečka BD je zvětšená z -násobně, promítnutá úsečka HA má velikost

$$\overline{HA} = r + \Delta_A = z \cdot r' + \Delta_A$$

a obdobně pro \overline{HC} bude

$$\overline{HC} = r - \Delta_C = z \cdot r' - \Delta_C.$$

Hodnotu Δ_A odvodíme z pomocného trojúhelníka o stranách Δ_A a t a úhlech β , δ , π (viz obr. 3c). Protože t tvoří základnu rovnoramenného trojúhelníka o vrcholovém úhlu v bodě H , platí

$$\delta = \alpha + \frac{\mu}{2},$$

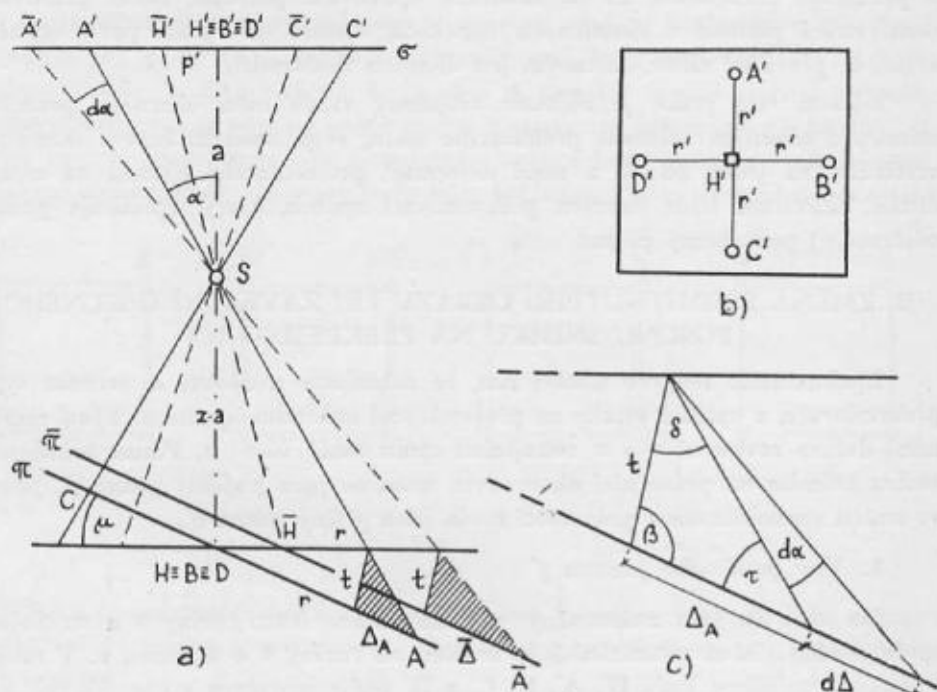
$$\tau = 90^\circ - (\alpha + \mu),$$

dále přibližně

$$t \doteq r \cdot \mu = z \cdot r' \cdot \mu$$

a konečně

$$\Delta_A = t \frac{\sin \delta}{\sin \tau} \doteq z \cdot r' \cdot \mu \frac{\sin \left(\alpha + \frac{\mu}{2} \right)}{\cos \left(\alpha + \mu \right)}$$



Obr. 3.

Obdobně platí

$$\Delta_C \doteq z \cdot r' \cdot \mu \frac{\sin \left(\alpha - \frac{\mu}{2} \right)}{\cos \left(\alpha - \mu \right)}$$

a protože úhel μ je vůči úhlu α malý, můžeme napsat

$$\Delta_A \doteq \Delta_C \doteq \Delta \doteq z \cdot r' \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (1)$$

Vysuneme-li snímek ze základní polohy ve směru podélném o malou hodnotu p' , zaujme hlavní bod polohu H' . Chceme-li zachovat při promítnutí stejné zvětšení pro úsečku \overline{BD} , musíme posunout promítací rovinu do polohy $\bar{\pi}$. Úhel μ přitom zůstává nezměněn.

Bodu \bar{A}' odpovídá v rovině $\bar{\pi}$ bod \bar{A} , úsečka $\bar{H}\bar{A}$ je dána vztahem

$$\bar{H}\bar{A} = r + \bar{\Delta} = z \cdot r' + \Delta + d\Delta.$$

$\bar{\Delta}$ je podle obr. 3 a, c stranou v trojúhelníku s úhly $\beta, \delta + d\alpha, \tau - d\alpha$; strana t zůstává i zde nezměněna. Považujeme-li $d\Delta$ za diferenciální změnu hodnoty Δ a bereme-li v úvahu, že hodnoty z, r' a μ z rovnice (1) jsou stále konstantní, bude

$$d\Delta \doteq z \cdot r' \cdot \mu \frac{d\alpha}{\cos^2\alpha}, \quad (2)$$

kde změna $d\alpha$ je vyvolána posunem p' podle vztahu

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{r'}{a},$$

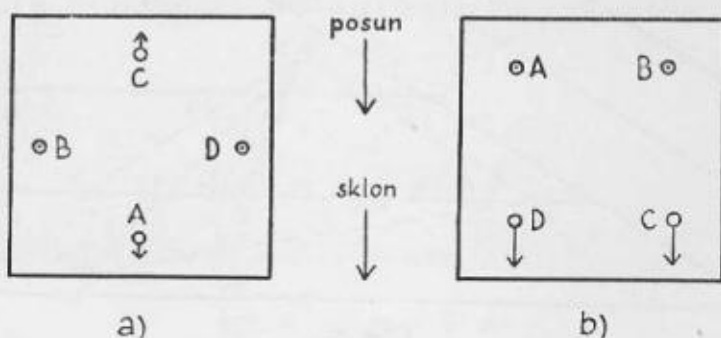
odkud

$$\frac{d\alpha}{\cos^2\alpha} \doteq \frac{p'}{a} \quad (3)$$

a po dosazení (3) do (2)

$$d\Delta \doteq \frac{r'}{a} \cdot z \cdot \mu \cdot p' = \Delta \frac{p'}{r'} = K \cdot p', \quad (4)$$

kde K značí pro určitý bod konstantu.



Obr. 4.

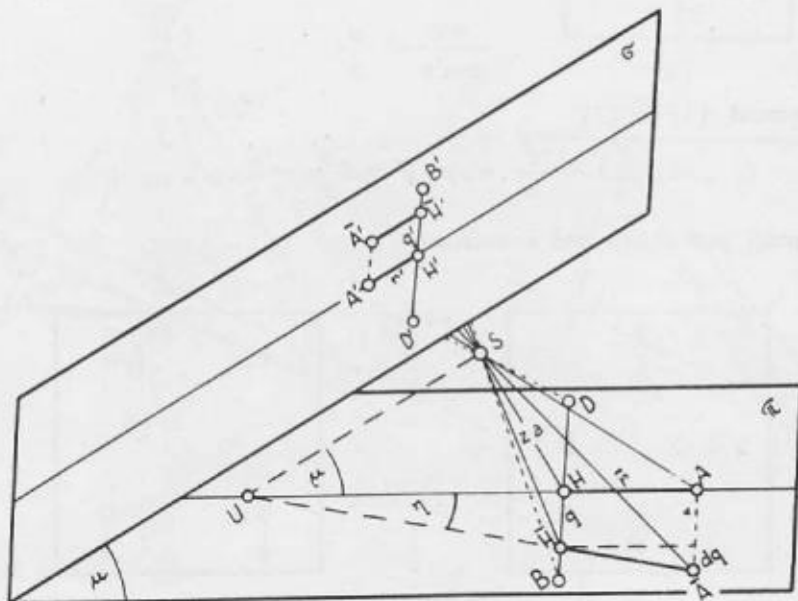
Upravená rovnice (4) ukazuje, že změna $d\Delta$ je v prvním přiblížení přímo úměrná podélnému posunu p' . Pro bod \bar{C} má změna $d\Delta$ opačné znaménko. Graficky je změna $d\Delta$ znázorněna na obr. 4a. Sklon roviny $\bar{\pi}$ je vyznačen šipkou, která určuje směr hlavní spádnice; šipkou je rovněž označen směr, ve kterém se posune promítnutý obraz.

Bereme-li v úvahu obvyklejší rozmístění vlivovacích bodů v rozích snímku, bude spojnice základních bodů dvakrát vzdálenější od zbývajících bodů než v předchozím případě. Do vzorce (4) je pak třeba dosadit za tuto vzdálenost hodnotu $2r'$, takže změna $d\Delta$ bude rovněž dvojnásobná (viz obr. 4b).

Výsledek (4) odvozený z geometrických vztahů platí i pro překreslovače, a to tím přesněji, čím menší jsou na nich nastavené sklony a podélný posun p' ; grafické znázornění deformace obrazu jako hrubé vyjádření vztahu (4) platí samozřejmě bez omezení na malé hodnoty. Opačnému posunu odpovídají rovněž opačné změny.

2. Vliv příčného posunu q'

Na obr. 5 sledujme, jak se u těchto bodů projeví příčný posun snímku q' . Přitom předpokládejme i nadále, že úhel μ je malý. V základní poloze snímku se promítnou body H' , A' , B' a D' tak, že spojnice \overline{HA} je kolmá na spojnici \overline{BD} .



Obr. 5.

Přitom se délka \overline{BD} promítá v z -násobném zvětšení a pro délku \overline{HA} platí

$$\overline{HA} = \overline{r} = z \cdot r' + \Delta \doteq z \cdot r'. \quad (5)$$

Při posunu snímku o hodnotu q' se H' dostane do polohy $\overline{H'}$, vzdálenost $\overline{HH'}$ bude rovna

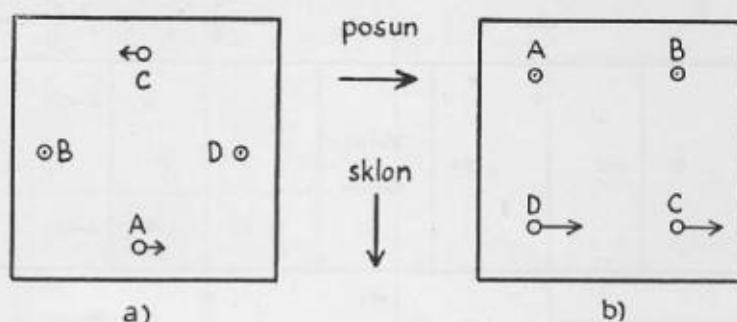
$$q = z \cdot q'. \quad (6)$$

Protože posun q' je rovnoběžný s průsečnicí rovin σ a π , zůstane zvětšení promítnuté délky BD zachováno. Promítnutá délka \overline{HA} však změní svůj směr, takže nyní svírá s původním průmětem \overline{HA} úhel η . Vzdálenost bodu \overline{A} od jeho původní polohy A je

$$\overline{A\overline{A}} = \overline{q} = q + dq,$$

kde

$$dq = \overline{r} \cdot \operatorname{tg} \eta. \quad (7)$$



Obr. 6.

Směry \overline{AH} a $\overline{A\overline{H}}$ se sbíhají v úběžníku U , takže podle obr. 5 platí

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{q}{HU}, \quad (8)$$

kde

$$HU = \frac{z \cdot a}{\sin \mu} \doteq \frac{z \cdot a}{\mu}. \quad (9)$$

Po dosazení vztahů (6) a (9) do (8) dostaneme

$$\operatorname{tg} \eta \doteq \frac{z \cdot q'}{z \cdot a} \mu = \frac{q'}{a} \mu, \quad (8a)$$

takže rovnici (7) můžeme upravit substitucí (5) a (8a) na tvar

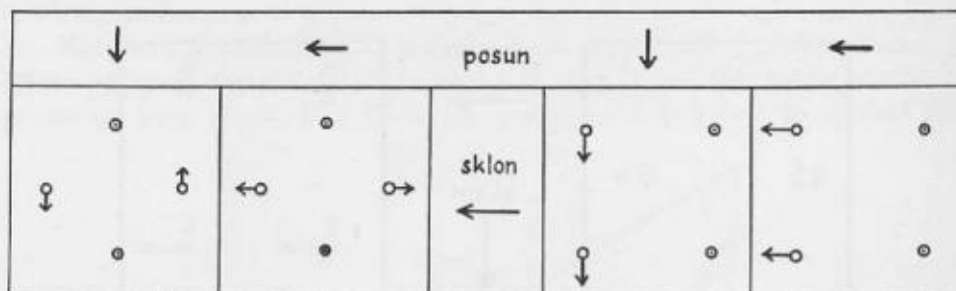
$$dq \doteq \frac{r'}{a} z \cdot \mu \cdot q' = K \cdot q'. \quad (7a)$$

Změna dq je v prvním přiblížení rovněž přímo úměrná hodnotě zavedeného posunu q' , při čemž konstantní součinitel K je v rovnici (7a) tentýž jako v rovnici (4). To znamená, že příčný posun snímku působí co do velikosti stejné změny

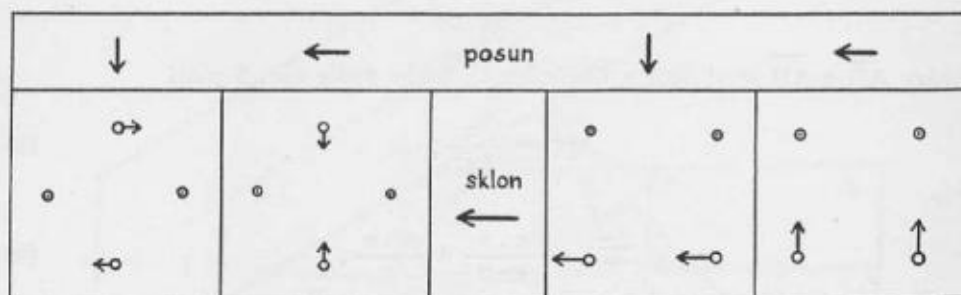
promítnutého obrazu jako posun podélný. Jak se tato deformace dq projevuje směrově, ukazuje obr. 6 a, b pro obojí dříve uvažované rozmístění snímkových bodů. V obr. 6b jsou deformace opět dvojnásobné vůči obr. 6a.

3. Grafické vyjádření vlivu obecného posunu

V uvažovaných případech, znázorňujících vliv snímkového posunu v obr. 4 a 6, jsme zatím předpokládali, že směr hlavní spádnice překreslovacího stolu, po případě snímku, leží kolmo ke spojnici obou základních vlicovacích bodů.



a)

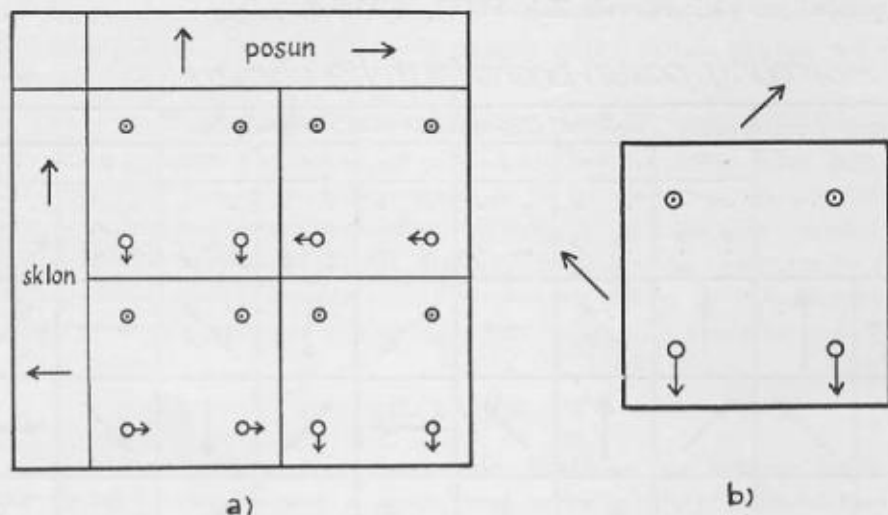


b)

Obr. 7.

Odvodme nyní změny promítnutého obrazu za jiného předpokladu, kdy hlavní spádnice stolu bude ležet ve směru daném spojnicí promítnutých základních bodů. Otočením schemat v obr. 4 a 6 o 90° dostaneme schemata uvedená v obr. 7a. Jestliže zvolíme za základní body překreslování jinou dvojici, než je v obr. 7a naznačeno (čehož na překreslovači dosáhneme malým pootočením a posunem vlicovacího podkladu, po případě malou změnou pracovního zvětšení), odvodíme situační odchylky promítnutých bodů podle obr. 7b.

Poznámka. Takto vyjádřené vztahy odpovídají nejen překreslovačům se sklonem stolu ve dvou směrech, kde je možné u promítacího stolu měnit směr sklonu, zatím co směr spojnice základních bodů je v snímkové rovině neměnný, ale i překreslovačům s jediným sklonem stolu, kde se pootočením snímku upravuje opět směr spojnice základních vřícovacích bodů. Pro jednotnost a přehlednější grafické vyjádření budeme v textu brát v úvahu první případ s proměnným směrem hlavního spádu u promítacího stolu (na př. u překreslovače Zeiss SEG IV, který je u nás nejrozšířenější).



Obr. 8.

V obecném případě, kdy hlavní spádnice promítacího stolu má libovolnou polohu vzhledem k promítnutým základním bodům, můžeme směr hlavního spádu vektorově rozložit na pravouhlé složky, které odpovídají uvedeným přel-pokladům, a situační změny u promítnutých bodů pak dostaneme rovněž vektorovým součtem dílčích změn. Tak se na příklad 4 dílčí vlivy v obr. 8a vektorově sčítají ve schema 8b.

Podobně se dá geometricky odvodit vliv libovolného snímkového posunu při libovolné poloze hlavní spádnice stolu, takže ve vhodné tabulce můžeme graficky vyjádřit obecnou závislost deformace promítnutého snímku na sklonu stolu a snímkovém posunu.

Prakticky nás taková závislost zajímá i s druhé stránky. Při překreslování podle zásad uvedených v oddíle A dojdeme úpravou sklonu stolu k takovému rozmístění promítaných bodů, kdy je třeba při daném sklonu stolu zavést určitý, vhodný posun snímku, kterým bychom dosáhli konečného překreslení.

Takto vyjádřená závislost je zachycena v tabulce I, podle které je možné pro určité schema odchylek promítnutých vřícovacích bodů a pro odhadnutý směr hlavní spádnice promítacího stolu vůči spojnici základních vřícovacích bodů určit směr potřebného obecného posunu a nastavit tento posun na přístroji v obou jeho složkách bezprostředně za sebou.

Úprava tabulky odpovídá konstrukci překreslovačů se sklonem stolu ve dvou směrech; lze jí však použít i pro překreslovače s jedním sklonem a pootočením (na příklad pro překreslovače Zeiss SEG I, Wild E 2).

Potřebný posun promítnutého obrazu

		Směr odchylek promítnutých bodů								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
		· · ↑ ↑	· · ↗ ↗	· · → →	· · ↘ ↘	· · ↓ ↓	· · ↙ ↙	· · ← ←	· · ↖ ↖	
Směr hlavní spádnice	0	↑	↑	↗	→	↘	↓	↙	←	↖
	1	↗	↖	↑	↗	→	↘	↓	↙	←
	2	→	←	↖	↑	↗	→	↘	↓	↙
	3	↘	↖	←	↖	↑	↗	→	↘	↓
	4	↓	↓	↖	←	↖	↑	↗	→	↘
	5	↙	↘	↓	↖	←	↖	↑	↗	→
	6	←	→	↘	↓	↖	←	↖	↑	↗
	7	↖	↗	→	↘	↓	↖	←	↖	↑

Tabulka I.

V tabulce je šipkami vyznačen potřebný posun promítnutého obrazu (nikoli snímku), směr hlavní spádnice promítacího stolu a schema odchylek promítnutých vřícovacích bodů před zavedením posunu. Tak na příklad pro směr hlavní spádnice, označený číslem 4, a schema 2 je třeba posunout promítnutý obraz ve směru doleva (\leftarrow), což odpovídá zavedení příčného snímkového posunu. Směru hlavní spádnice 6 a schematu 3 odpovídá posun promítnutého obrazu ve směru doleva a dolů (\swarrow), což značí snímkový posun v obou složkách, podélné i příčné. Podle potřeby je samozřejmě možné v tabulce také plošně interpolovat. Velikost celkového posunu volíme přitom zkusmo v několika přiblíženích.

Vztahy dané tabulkou můžeme odvozovat i z paměti, přisoudíme-li směrům šipek určité hodnoty. Posuzujme na příklad všechny tři druhy šipek jako geometrické směrníky a označme je hodnotami od 0° do 400° . Směrník pro hledaný posun promítnutého obrazu dostaneme, odečteme-li od směrníku označujícího chybnou polohu promítaných bodů směrník hlavní spádnice promítacího stolu. Označení směrů může být ovšem zcela libovolné, na příklad číselnými hodnotami od nuly do osmi (oktantové rozdělení), podle hodinového číselníku a podobně.

C. ZÁVĚR

Na základě uvedených rozborů bylo dokázáno, že v praxi používaný překreslovací postup, citovaný v úvodu, není úplný a tedy ani obecně správný, protože vyhovuje pouze ve zvláštních případech. Zásady, odvozené v této stati pomáhají tento nedostatek odstranit a dovolují uplatnit na celý postup překreslování v každém případě žádoucí jednoznačný systém. Praktické zkoušky ukázaly, že popsaný postup je zcela spolehlivý a vede rychle k cíli.

Literatura:

- [1] M. D. Bonč-Brujevič: Aerofotosjemka gorodov, Moskva 1953;
- [2] A. Buchholtz: Photogrammetrie, Berlin 1954;
- [3] V. F. Dejnko: Aerofotogeodezija, Moskva 1955;
- [4] R. Finsterwalder: Photogrammetrie, Berlin 1952;
- [5] P. Gál: Fotogrametria, Bratislava 1954;
- [6] M. D. Konšin: Aerofototopografija, Moskva 1952.

Vojenské topografické mapy Francie

Jednotky topografické služby za boje obvykle používají map vlastního i cizího území, zhotovovaných ve vlastních kartografických ústavech. Někdy jsou však jednotky nuceny používat k plnění svých úkolů cizích nebo ukořistěných map v původní úpravě.

Je proto prospěšné, aby jednotky topografické služby znaly nejen náplň vlastního mapového díla, ale aby se rovněž tak seznamovaly s mapovými díly okolních států.

Proto považují za účelné seznámit v tomto článku čtenáře blíže s vojenskými topografickými mapami Francie, a to s jejich geodetickými a mapovými podklady, jakož i se zhodnocením francouzského mapového díla.

I. GEODETICKÉ PODKLADY

1. Triangulace

Stará triangulace V letech 1818—55 byly na území Francie rozvinuty základní trigonometrické řetězce v polednikovém i rovnoběžkovém směru ve tvaru čtyřúhelníků o stranách asi 200 km. Základem celé řetězcové sítě byly tři hlavní řetězce, a to pařížský polednikový řetězec, změřený v letech 1792—99 Delambrem a Mechainem za účelem stanovení mezinárodního metru, dále rovnoběžkový řetězec Brest—Strasbourg (pařížský) a střední rovnoběžkový řetězec Clairmont, oba změřené v letech 1811—23. Na tyto řetězce byla navázána trigonometrická síť I., II. a III. řádu. Celá síť byla orientována jedním azimutem. V důsledku toho, že řetězce nebyly celkově vyrovnány, vznikly značné chyby délkové a směrové. V místech styků řetězců dosahovaly souřadnicové odchylky hodnot 20 až 30 m. Z těchto důvodů bylo výsledku měření použito pro novou triangulaci jen z částí.

Tato triangulace byla podkladem těchto map: map Francie v měřítkách 1:80 000, 1:50 000, 1:40 000 a dále map 1:100 000, 1:200 000, 1:320 000 a 1:600 000.

Nová triangulace. Nová francouzská triangulační síť, budovaná od roku 1870 do roku 1942, je tvořena základní a odvozenou sítí. Základní síť tvoří trigonometrické řetězce s body I., II. a III. řádu. K srovnání a pro přechod staré triangulace do nové byly vypočteny převáděcí vzorce a tabulky. Nová francouzská triangulace je dostatečně přesná pro vojenské a technické účely. Srov-

náním se starou triangulací byly zjištěny situační rozdíly dosahující až 150 m. Těsně před druhou světovou válkou byla obnovena v severovýchodní Francii trigonometrická síť II. řádu pro zavedení severní jednotné souřadnicové soustavy.

Za okupace Francie vybudovali Němci podél pobřeží Atlantického oceánu zhušťovací síť I. a II. řádu. Hydrografická služba Francie zřídila podél středozemního a atlantického pobřeží dalších 11 místních sítí; všechny byly připojeny na novou francouzskou triangulaci.

Nová triangulace byla podkladem těchto map: map Francie v měřítkách 1:10 000 a 1:20 000, dále nových map 1:50 000, 1:500 000 a map 1:1 000 000.

2. Základní poledník a referenční elipsoidy

Pro staré i nové geodetické základy byl ponechán jako základní pařížský poledník, probíhající osou jižní fasády středního pavilonu pařížské hvězdárny (zeměpisné délky na západ jsou kladné, na východ záporné).

Astronomicky zjištěný rozdíl mezi Greenwiche—Paříž je $2^{\circ} 20' 13'',95$, t. j. 29596898 východně Greenwiche.

Pro starou francouzskou triangulaci byl zvolen referenční elipsoid Delambreův s rozměry

$$a = 6,376\,989 \text{ m}, \quad i = \frac{1}{308,64}$$

délka kvadrantu = 10,000 724 m.

Základní bod sítě: Kříž Pantheonu v Paříži

$$\varphi = 54^{\circ}27'42,55$$

$$\lambda = 0^{\circ}01'06,81 \text{ vých. Paříže}$$

Azimut: Pantheon — Belle-Assise měřeno od jihu přes západ

$$A = 305^{\circ}33'15,0$$

Později bylo pro starou triangulaci použito modifikovaného referenčního elipsoidu Plessisova s rozměry

$$a = 6\,376\,523,3 \text{ m}, \quad i = \frac{1}{308,64}$$

délka kvadrantu = 10,000 000 m.

Inženýr Plessis vypočítal pro rohy listů mapy 1:80 000 pravoúhlé rovinné Bonneovy souřadnice a sestavil je do tabulek.

Na Delambreův elipsoid jsou vztaženy zeměpisné souřadnice trigonometrických bodů a na modifikovaný elipsoid Plessisův zeměpisné i pravouhlé souřadnice rohů listů map.

Od r. 1910 je ve Francii zaveden referenční elipsoid Clarkův (z r. 1880) s rozměry

$$a = 6\,378\,249,2 \text{ m}, \quad i = 0,00340754952.$$

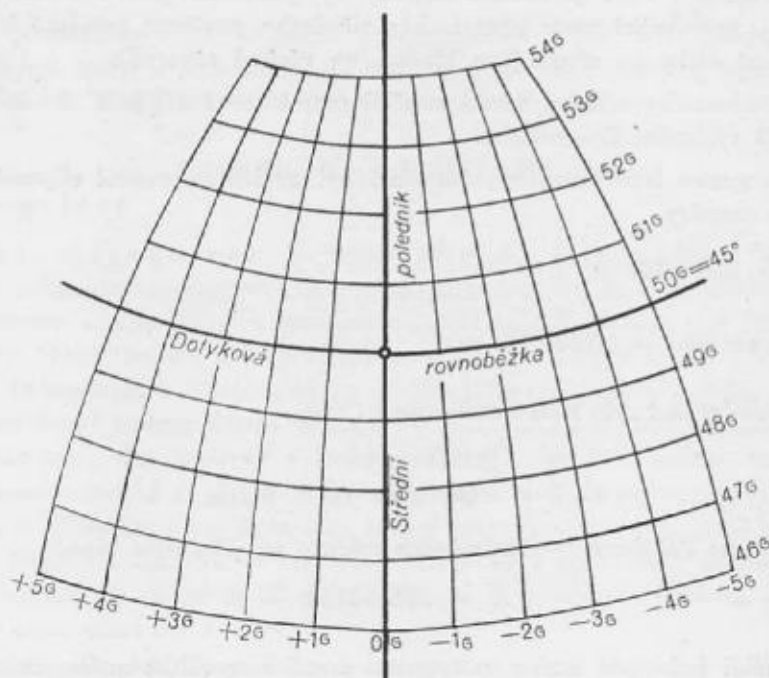
Základní bod sítě: Kříž Pantheonu v Paříži,

$$\varphi = 54^{\circ}27'36,18'',$$

$$\lambda = 0^{\circ}01'06,93'' \text{ vých. Paříže.}$$

Azimut: Pantheon—Rosny, $A = 281^{\circ}6'27,28''$.

1:500 000



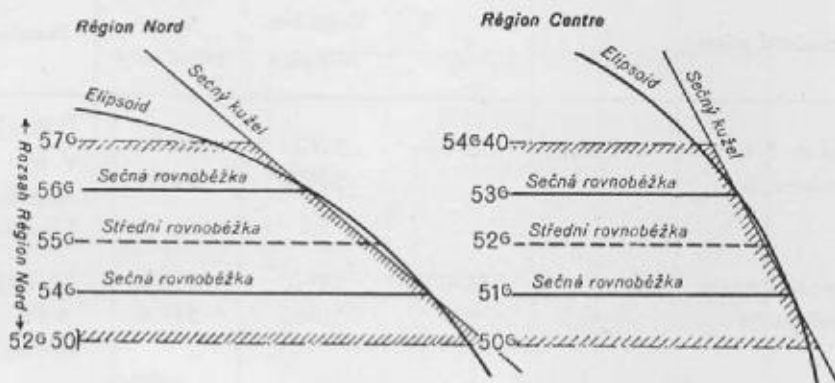
Obr. 1.

3. Zobrazení a souřadnice

Staré francouzské mapové dílo je v plochojevném Bonneově zobrazení, v němž rovnoběžky tvoří soustředné kružnice, střední poledník přímku, ostatní poledníky jsou křivky vyššího řádu. Střední poledník projekce je poledník pařížský, dotyková rovnoběžka je $50^{\circ} = 45^{\circ}$ severní šířky (obr. 1).

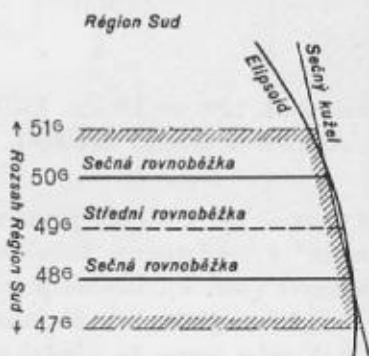
Úhlové skreslení na okrajích listů mapy 1:80 000 činí 17' (30^c), čemuž odpovídá posun bodů o 5 m na 1 km. V Bonneově zobrazení byla založena také souřadnicová síť.

Pravouhelná souřadnicová síť Bonneova měla nulový bod na průsečíku pařížského poledníku s dotykovou rovnoběžkou, t. j. 2° 20' 14" vých. Greenwiche; X-ová osa je kolmá na střední poledník v nulovém bodě, Y-ová osa je totožná se středním poledníkem.



Obr. 2.

Obr. 3.



Obr. 4.

Nové francouzské mapové dílo je od r. 1920 v úhlojevném normálním kuželovém zobrazení Lambertově, v němž rovnoběžky jsou soustředné kružnice se středem ve vrcholu kužele a poledníky jsou přímky.

S ohledem na růst skreslení od dotykové rovnoběžky bylo území Francie rozděleno na tři rovnoběžkové pásy (Région) široké 4^q, při čemž každý pás je převáděn do roviny pomocí samostatného dotykového kužele. K zmenšení

skreslení na okrajích pásů byla zavedena redukce měřítka (koeficient redukce $k_0 = 0,9998775$), takže kužel dotkový přechází v sečný. Podél rovnoběžky je skreslení konstantní.

Pásmo mohou být libovolně rozšiřována na východ i na západ, aniž dochází ke skreslení. Vzdálenost bodu od střední rovnoběžky je vždy menší než 150 km. Základní údaje jsou sestaveny do tabulky (obr. 2, 3, 4, 5).

Označení pásu	λ_0	φ_0	Vnější hranice pásu	Sečné rovnoběžky	Poznámky
Région Nord Lambert I	0° Paříž	55°00	57°00 52°50	56°00 54°00	Počítaje v to Alsasko- Lotrinsko
Région Centre Lambert II	0°	52°00	54°40 50°00	53°00 51°00	Počítaje v to Bretagne
Région Sud Lambert III	0°	49°00	51°00 47°00	50°00 48°00	

Úhlové skreslení je maximálně 12^{se} na 10 km. Délkové skreslení na hranicích je 1:6250, v jižním Alsasku a severní Bretagni, kam jsou pásma protažena, činí až 1:2000.

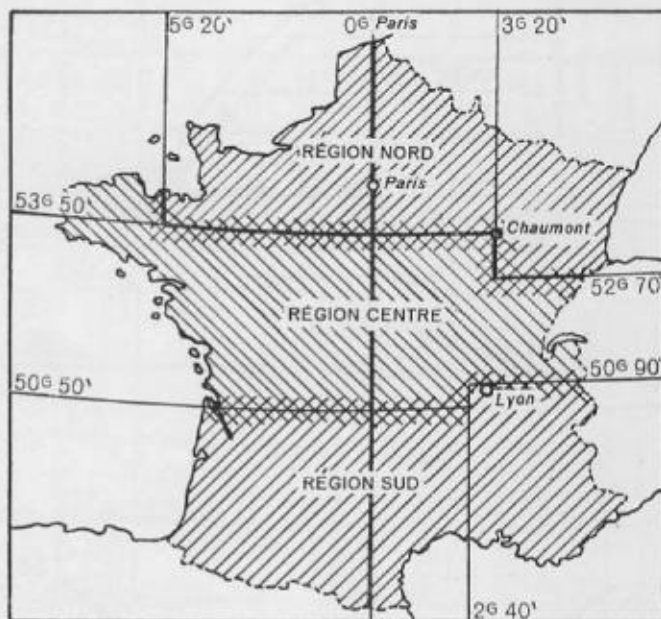
Pro území severovýchodní Francie byl v období první světové války vytvořen systém zvaný „Nord de Guerre“ v konformním kuželovém zobrazení Lambertově na starém elipsoidu Plessisově (obr. 6). Střední poledník tohoto regiónu je 6° východně Paříže, střední rovnoběžka je 55°. Souřadnicová soustava má osu Y na středním poledníku a osu X jako tečnu ke střední rovnoběžce v nulových bodě (obr.7). Zhotovením nové francouzské triangulace se nahrazuje systém „Nord de Guerre“ systémem „Région Nord“, po případě „Région Centre“.

Současný pravoúhlý souřadnicový systém Lambertův má počátek v průsečíku pařížského poledníku (2° 20' 14" vých. Greenwiche) se střední rovnoběžkou příslušného rovnoběžkového pásu. X-ová osa je tečnou ke střední rovnoběžce v nulovém bodě, Y-ová osa je totožná s pařížským poledníkem.

Počátek souřadnicových systémů každého rovnoběžkového pásu je posunut o 200 000 m na jih a o 600 000 m na západ (obr. 8).

4. Stabilisace trigonometrických bodů

Ve staré francouzské triangulaci byly trigonometrické body I. řádu stabilisovány žulovým kamenem s kovovou trubkou 60 cm dlouhou, zapuštěnou do země a cihlovým pilířem obestavěným kolem kamene do výše 1,30 m nad zemí. Trigonometrické body II. a III. řádu byly stabilisovány nadzemní značkou a žulovým jehlanem, podzemní stabilisace není známa.

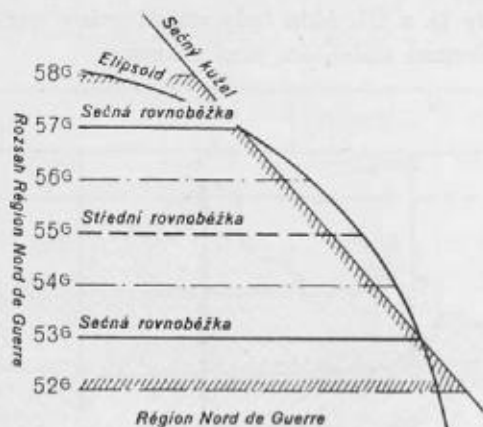


Obr. 5.

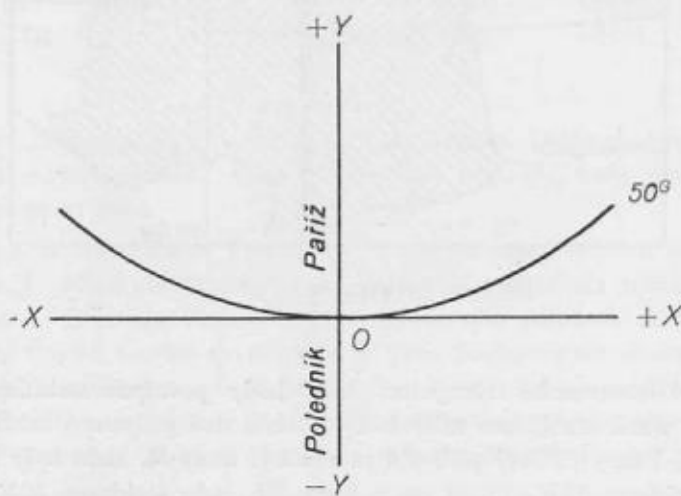
V nové francouzské triangulaci byly body postupně stabilisovány dvěma způsoby. U starší stabilisace měly body I. řádu dvě podzemní značky ve zdivu, nad nimiž byl dutý cihlový pilíř 0,6 m vysoký. Body II. řádu byly stabilisovány žulovým kvádrem 30 X 30 X 80 cm a body III. řádu kvádrem 20 X 20 X 60 cm; kvádry byly opatřeny písmeny SG. U nové stabilisace jsou body I. řádu stabilisovány žulovým kamenem 35 X 35 X 100 cm a mají dvojí podzemní značku (desku a trubku). Body II. řádu mají žulový kámen 25 X 25 X 85 cm, jako podzemní značku trubku, a body III. řádu žulový kámen 20 X 20 X 70 cm s písmeny IGN.

5. Výškový systém.

Stará francouzská nivelace byla prováděna v letech 1880—1926. Nová nivelace I. až III. řádu byla dokončena v roce 1938. Nivelace IV. řádu byla



Obr. 6.

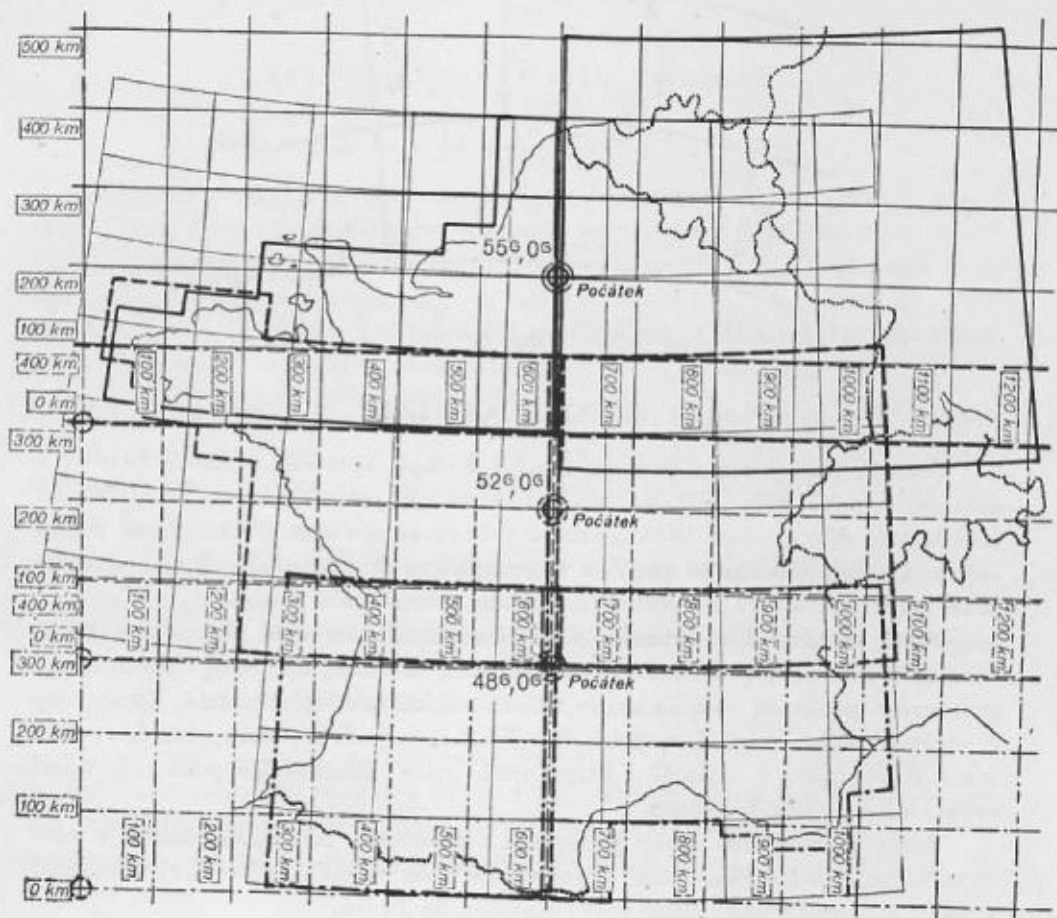


Obr. 7.

dokončena jen v severovýchodní Francii. Niveláčnická síť I. řádu, vedená většinou po železnici, tvoří pořady v délce asi 500 km. Každý pořad v síti I. řádu je označen písmenem; hlavní body pořadů jsou označovány čísly.

Nadmořské výšky bodů ve starém francouzském mapovém díle (1:80 000) byly většinou stanoveny trigonometricky a vztaheny na střední hladinu Atlantického oceánu a Středozemního moře k sedmi různým základním výškovým bodům ležícím v přístavech Francie.

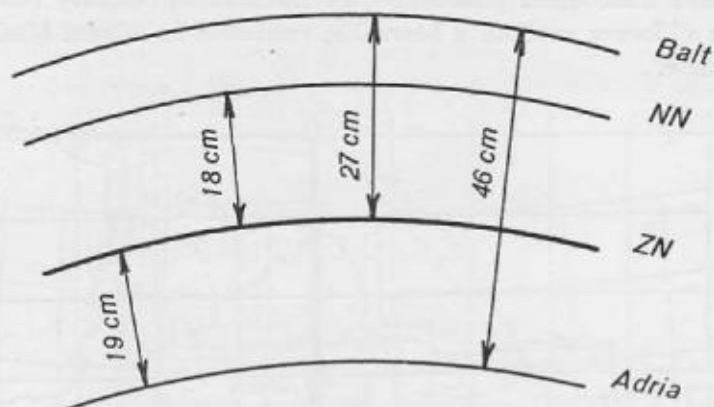
Současná francouzská přesná nivelace má základní výškový bod ZN (Zéro Normal) s výškovou značkou u Marseille, vztahenou na střední hladinu Středozemního moře.



Obr. 8.

Francouzské nadmořské výšky jsou průměrně o 18 cm vyšší než německé nadmořské výšky (základní bod NN = Normal Null Berlin) vztahené na střední hladinu Severního moře v Amsterdamu.

Jsou tedy nadmořské výšky nového francouzského mapového díla průměrně o 19 cm nižší než výšky vztahené na hladinu Adriatického moře a o 27 cm vyšší než výšky vztahené na hladinu Baltského moře (obr. 9).



Obr. 9.

II. MAPOVÉ PODKLADY

Francie, jako jedna z prvních zemí v Evropě, vytvořila v letech 1818—78 souvislé mapové dílo velkého měřítka, 1:80 000, zvané Carte d'État Major. Jelikož toto dílo po roce 1900 přestává vyhovovat novějším požadavkům, začíná vojenská zeměpisná služba (Service Geographique de l'Armée) v Paříži vytvářet nové mapové dílo, jež má nahradit původní francouzské mapy.

Nové mapové dílo Francie však dosud zdaleka není dokončeno, takže v místech, kde není provedeno nové mapování, užívá se ještě map starých, které jsou co do přesnosti a způsobu vyjádření náplně značně zastaralé. Tvoří tedy v současné době souvislé mapové dílo Francie v podstatě mapy staré, vzniklé v minulém století, a částečně i mapy nové, jejichž zhotovování postupuje velmi zvolna od východu k západu.

Podle nejnovějších zpráv přistupuje francouzská zeměpisná služba v roce 1956 k mapování celého území Francouzské Unie na podkladě leteckých snímků a počítá s dohotovením celého mapového díla do 20 let.

Mapové podklady Francie můžeme podle geodetických základů rozdělit na staré mapové dílo Francie — vzniklé na podkladě referenčních elipsoidů Delambre a Plessis, staré triangulace a nepravého kuželového zobrazení Bonneova — obsahující mapy Francie v měřících 1:80 000, 1:50 000 a 1:40 000, zvané Carte d'État Major, a mapy 1:100 000, 1:200 000, 1:320 000 a 1:600 000;

nové mapové dílo Francie — vzniklé na podkladě referenčního elipsoidu Clarkova, nové triangulace a úhlojevného kuželového zobrazení Lambertova — obsahující mapy Francie v měřítkách 1:20 000 a 1:10000, zvané Plans directeurs, mapy 1:50 000 a 1:500 000, zvané Nouvelle Carte de France, a mapy 1:1 000 000, zvané Carte Générales a Carte de l'Europe.

Pro staré i nové mapové dílo Francie je charakteristické, že jsou na mapách vyznačeny úhlové údaje vedle stupňového dělení, ještě v dělení gradovém.

Staré mapové dílo Francie

Mapa Francie 1:80 000 — Carte d'État Major

Mapa byla vytvářena a vydávána jako mapa generálního štábu v letech 1818—78 a byla v pravidelných obdobích revidována a doplňována, takže Francie poměrně brzy měla k dispozici celistvé mapové dílo. Tato mapa však byla a dosud zůstala jedinou mapou velkého měřítka, vypracovanou pro celé území Francie na podkladě klasického vyměřování. Celkem bylo pro území Francie a Korsiky vytvořeno mědirytinou a vydáno 274 listů map.

Jednotlivé listy map jsou ohraničeny pravoúhlou souřadnicovou sítí. Rozměr jednoho listu je v rovnoběžkovém směru 64 km (80 cm) a v poledníkovém směru 40 km (50 cm). Základní poledník je pařížský, který je totožný s osou Y (obr. 10).

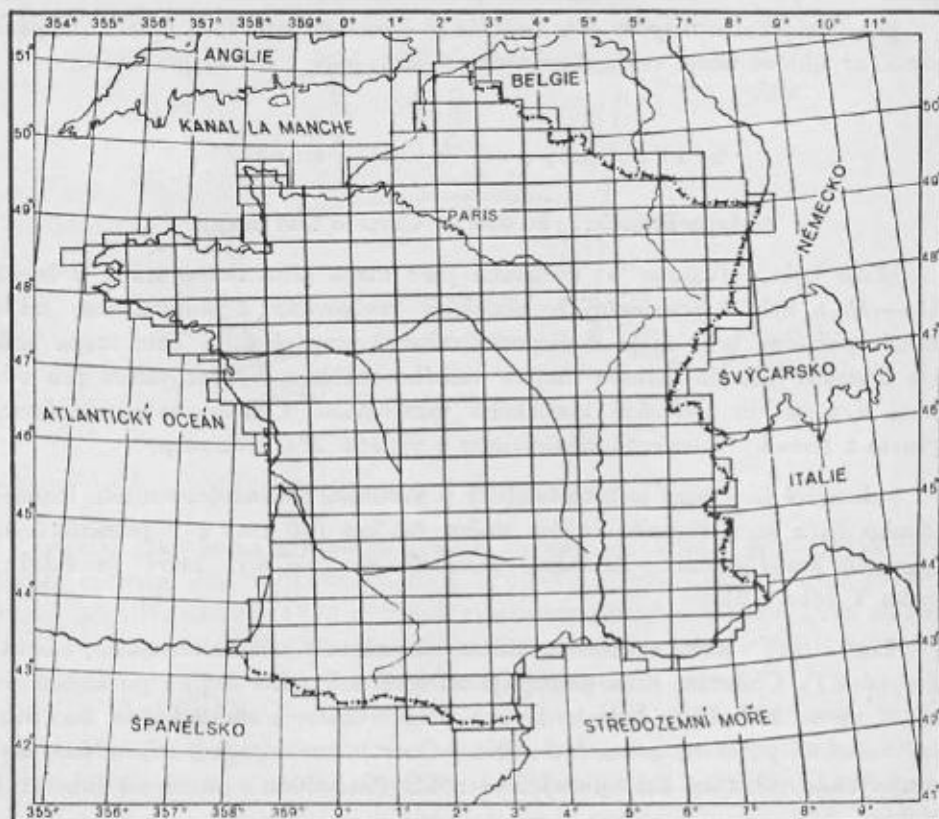
Listy map jsou označeny číslem a názvem nejdůležitějšího sídliště (Troyes - 82). Číslování listů postupuje od severu Francie k jihu po řadách od čísla 1 až do 274. Listy byly vydávány po čtvrtkách, z nichž každá má označení velkými písmeny, a to NO (Nord-Ouest) severozápad, NE (Nord-Est) severovýchod, SE (Sud-Est) jihovýchod a SO (Sud-Ouest) jihozápad (obr. 11).

Čtyři listy mapy 1:80 000 tvoří list mapy 1:200 000. Geografická síť je vyznačena na rámu, jakož i v rozích listů mapy ve starém i v novém dělení, při čemž síť v setinném dělení je vykreslena po celém listě. Pravoúhlé souřadnice jsou vyznačeny ve starých francouzských Bonneových souřadnicích jen v rozích listu.

Mapa 1:80 000 je jednobarevná (černá) a terén je na ní znázorněn šrafami. Mapa tvořila podklad pro mapy 1:100 000, 1:200 000, 1:320 000 a 1:600 000.

Podle mapy 1:80 000 bylo současně z prostoru Alp vydáno pro účely železniční asi 15 listů vícebarevných map zvaných „Carte spéciale de la frontière des Alpes 1:80 000“, v nichž byl terén vyznačen vrstevnicemi ve vrstvách 10 a 20 m.

V letech 1926—39 byly vydány jednobarevné soutisky čtyř listů map 1:80 000 v počtu celkem 11 soutisků. Němci v letech 1940—43 dokončili vydání zbývajících soutisků, které nazvali „Französische Einheitsblatt (1¼ cm Karte)“, takže jsou vypracovány pro celé území Francie.



1:80 000

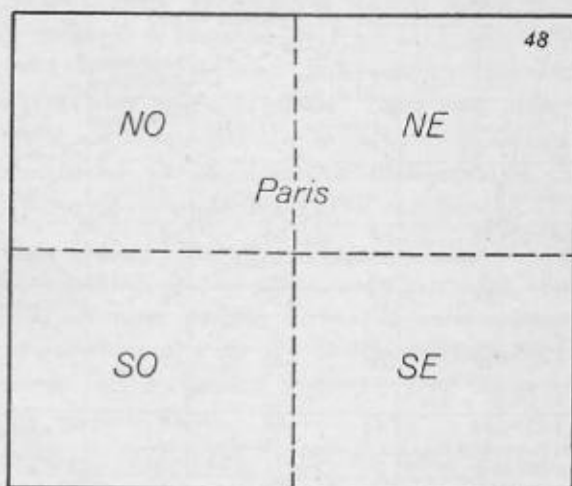
Obr. 10.

Mapa Francie 1:50 000, jednobarevná — Carte de France monochrome

Tato mapa byla vydána v počtu 949 listů pro celé území Francie. Mapa byla odvozena zvětšením mapy Carte d'État Major 1:80 000 a má tutěž obsahovou náplň, označení listů a souřadnicovou síť. Mapa znázorňuje území čtvrtiny listu mapy 1:80 000. Jednotlivé listy mapy 1:50 000 jsou označeny číslem a ná-

zvem listu mapy 1:80 000 a označením čtvrtky N-O, N-E, S-O, S-E, na př. Dijon-112-N-O. Do některých listů mapy byla dotisknuta kilometrová Lambertova síť.

Jednobarevná mapa Francie 1:50 000 byla vydávána jako nouzová pomůcka, která nahrazuje novou mapu Francie — Nouvelle carte 1:50 000 a je jí dosud ve Francii používáno pro území, v němž ještě není nová mapa zhotovena.



1:80 000

Obr. 11.

Mapa Francie 1:40 000 — Reproduktions des Minutes originales en courbes

Tato mapa s orohydrografickou náplní tvořila původně podklad pro kresbu šraf v mapě 1:80 000. Vrstevnice jsou zde jako pomocné čáry vyznačeny ve vrstvách po 10 m.

Mapa byla vydána jako jednobarevná v kladu listů mapy 1:80 000 s vyznačenou geografickou sítí po 10 minutách a souřadnicovou pravoúhlou sítí po 2,5 km.

Mapa 1:100 000. — Carte du service Vicinal au 1:100 000 ou Carte du Ministère de l'Interieur

Tato mapa nebyla původně vydána jako úřední mapa Francie. Se zhotovením mapy započalo ministerstvo vnitra v r. 1878 ve vícebarevném vydání. V r. 1922 bylo vydávání této mapy podřízeno vojenskému zeměpisnému ústavu. Mapa má úpravu mapy komunikační se zvýrazněnými hlavními silničními a železničními dopravními spoji, tvoří úplné mapové dílo, je zastaralá a doplňovala

mapu 1:200 000. Byla odvozena z mapy 1:80 000. Rozměry listů jsou 30' zeměpisné délky a 15' zeměpisné šířky. Rámec listu tvoří poledníky a rovnoběžky. Mapa je vytvořena ze čtyř listů původní mapy 1:50 000. Geografická síť je ozna-



1:200 000

Obr. 12.

čena na rámu po 5' a je vztažena k poledníku Greenwiche. Mapa je pětibarevná: situace a písmo jsou tištěny černě, vodstvo modře, lesy zeleně a silnice červeně. Terén je vyjádřen pouze šedým stínováním bez vrstevnic.

Mapa Francie 1:200 000 — Carte de France et des frontières

Tato mapa byla do druhé světové války sestavena a vydána ve dvou typech: původní vydání z roku 1880, zvané „Type 1880“ a další vydání z roku 1912, zvané „Type 1912“. Toto bylo ve skutečnosti revidovaným a doplněným vydáním typu 1880. V období druhé světové války vzniká další zlepšené vydání této mapy, zvané „Type 1912—1942“ (obr. 12).

Mapa 1:200 000, která je současně mapou operační, je nejpoužívanější mapou středních měřítek ve Francii. Byla po prvé vydána v letech 1880—95 (Type 1880) pro celé území Francie a Korsiky v celkovém počtu 85 listů. Je odvozena ze čtyř listů mapy 1:80 000. Listy map jsou ohraničeny pravoúhlo souřadnicovou sítí Bonneovou. Geografická síť je označena na rámu mapy po 20 setinných minutách nového dělení. Souřadnicová síť chybí. Kresba originálů map byla vyhotovena v měřících 1:100 000, později 1:160 000.

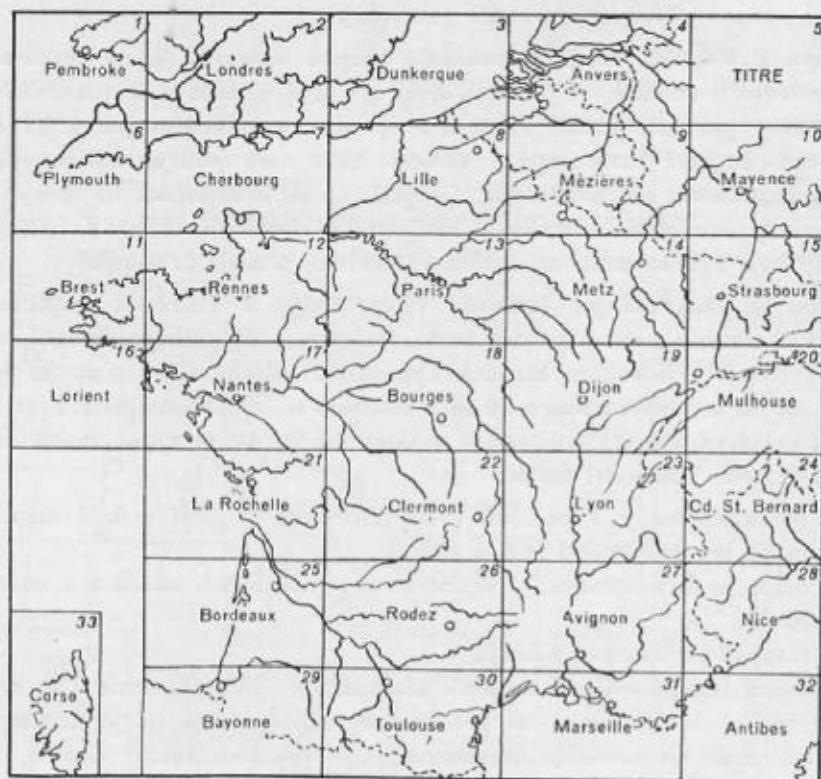
Mapa je 6barevná až 7barevná (Type 1880) a 7barevná až 8barevná (Type 1912 s touto náplní. situace černá, vodstvo modré, silnice červené, a lesy zelené. Terén je vyjádřen na mapách Type 1880 šrafami a vrstevnicemi hnědě po vrstvách 40 m v rovinatém a 20 m v ostatním území. Na mapách Type 1912 je terén vyjádřen jen vrstevnicemi s výškou vrstvy 40 m v rovinatém území, 20 a 10 m podle členitosti území.

Na podkladě mapy Type 1880 vyšla tato další zvláštní vydání map:

- mapa bez znázornění lesů a terénu,
- mapa orohydrografická s terénem ve vrstevnicích hnědě a s vodstvem modře,
- mapa departementů a krajů,
- mapa letecká - Carte normale aéronautique internationale - se zvýrazněnými údaji důležitými pro letectvo. Geografická síť je vztažena na poledník Greenwiche. Obsah mapy je vyjádřen takto: situace, železnice a údaje důležité pro letectvo černě, silnice a sídliště červeně, vodstvo modře a lesy zeleně,
- mapa automobilní - Carte Michelin - s podrobnou a zvýrazněnou klasifikovanou silniční sítí; náplň této mapy: sídliště, údaje na komunikacích s očíslováním a poměry stoupání černě, silniční síť klasifikovaná dvoučarě vyznačena černě s výplní červenou a žlutou, vody modře, lesy zeleně, terén vypuštěn.

Dosud bylo vydáno 33 listů map Type 1880, 28 listů map Type 1912. Nejnovější mapa Francie 1:200 000 Type 1912—42 byla zhotovena v počtu asi 40 listů a pokrývá téměř celé území severní a východní Francie a Bretagne, což činí z celkového území státu téměř 50 % map. V dalším vypracování map 1:200 000 se pokračuje.

Mapa Type 1912—42 je doplňována podle nové mapy Francie 1:50 000. Rozměr listu činí 80×128 km. Geografická síť je vyznačena na mapě po 20 setinných minutách. V tomto vydání ve srovnání s předchozími typy je náplň mapy vyjádřena přesněji a podrobněji, hlavně u sídlišť. K zvýšení čitelnosti bylo písmo zvětšeno, vodní plochy byly vytištěny tmavší modří.



1:320 000

Obr. 13

Mapa tohoto typu je šestibarevná. Jednotlivé prvky náplně mapy jsou vyjádřeny takto: situace a písmo černě (rovněž tak u sídlišť počet obyvatel v tisících), vody modře, lesy zeleně, silniční cestní síť, jakož i sídliště červeně, vrstevnice se základní výškou vrstvy 20 m hnědě a stínování šedohnědě.

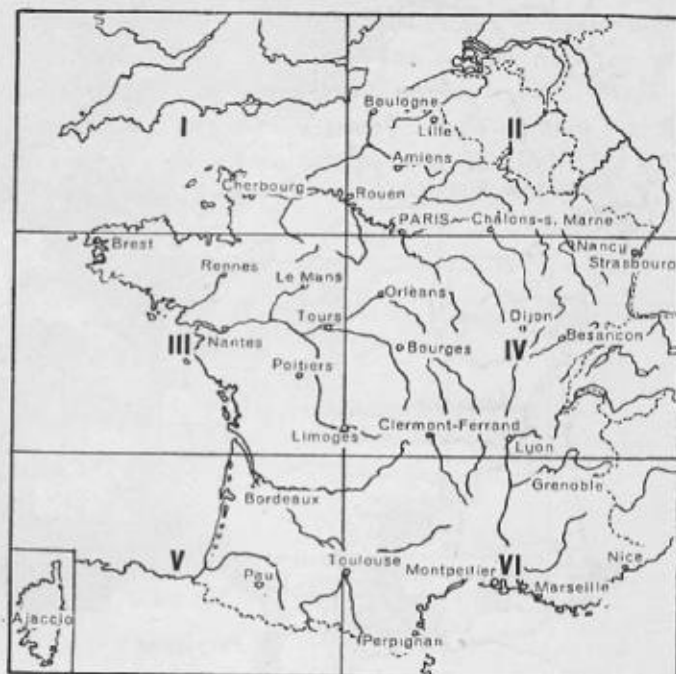
Mapa Francie 1:320 000 — Carte générale

Mapové dílo vydané v letech 1852—86 pro celé území Francie v celkovém počtu 33 listů v Bonneově zobrazení je pořadného významu. Mapa byla

odvozena z mapy 1:80 000 a vydána jako mapa železniční v jednobarevné úpravě s terénem šrafováním. Pro území Alp je terén vyjádřen vrstevnicemi s vrstvou 40 m s názvem *Carte spéciale de la frontière des Alpes au 320 000 en courbes* (obr. 13).

Mapa Francie 1:600 000 — Carte de France

Mapa byla vydána v letech 1872—87 a revidována v roce 1891. Celý soubor map pro území Francie tvoří 6 listů. Mapa byla rovněž odvozena z mapy 1:80 000 a vydána v jednobarevné úpravě se šrafováním terénem (obr. 14).



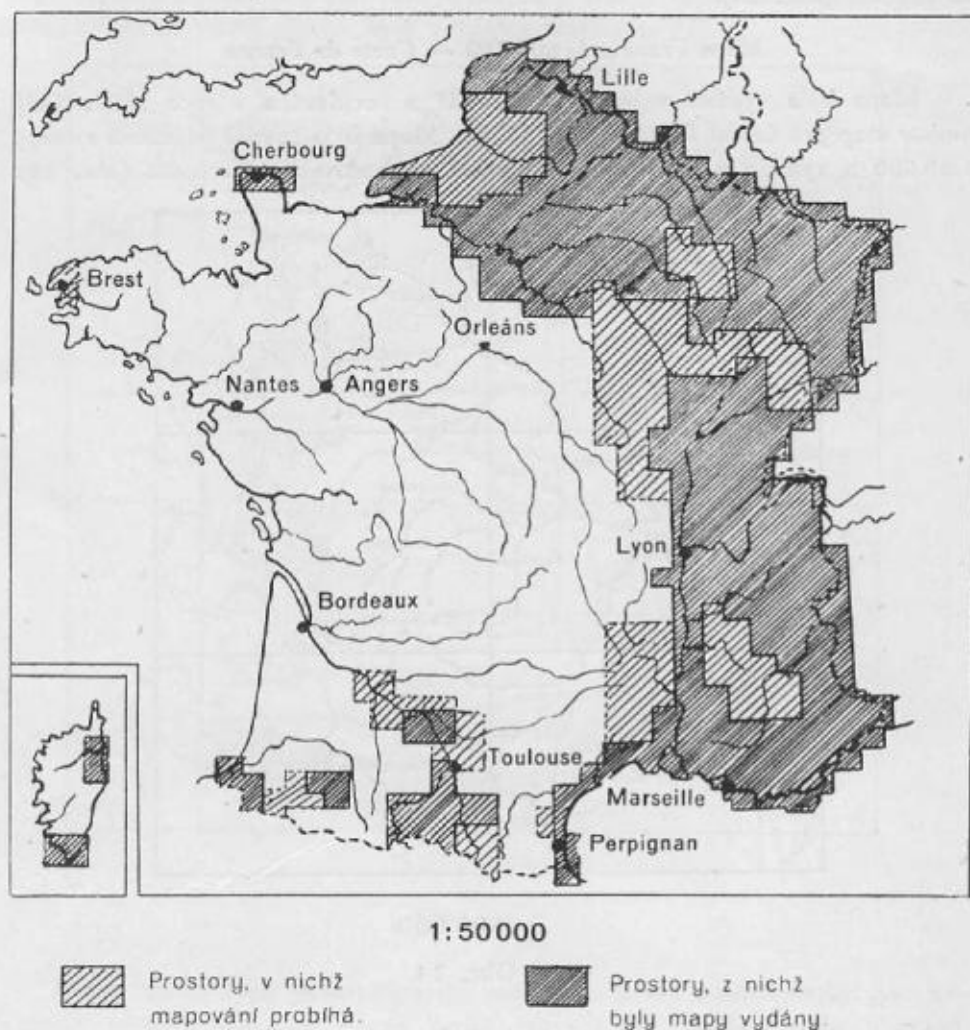
1:600 000

Obr. 14.

Nové mapové dílo Francie

Vyhotovování nových francouzských map na nových geodetických základech bylo zahájeno r. 1898; přitom mělo být zmapováno celé území Francie v měřítku 1:10 000 na území rovinatém a středohorském a v měřítku 1:20 000 na území hornatém. Na tomto podkladě měla být vypracována nová mapa Francie 1:50 000. Zhotovení nového mapového díla bylo rozvrženo na 30 let, avšak

termín byl za existujících podmínek příliš krátký. Na větší části území Francie se ještě dosud používá map starého mapového díla. Zhotovování nových map pokračuje od první světové války velmi zvolna. V současné době jsou vydá-



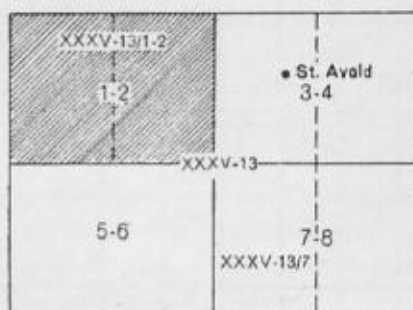
Obr. 15

vány nové mapy vojensky důležitých oblastí, převážně podél hranic s Itálií, Švýcarskem, Německem a Belgií. V ostatním území postupuje mapování zvolna od východu k západu.

Mapa Francie 1:20 000 — Plans directeurs

Mapa 1:20 000 je zhotovována buď fotogrammetrickou metodou, vyhodnocováním leteckých snímků pořízených v měřítku 1:25 000 na stereotopografu Poivillier a provedením doplňkových měření v terénu, nebo vzniká odvozením (zvětšením) mapy 1:10 000. Dosud bylo dokončeno více než 28 % veškerého počtu listů map normálního vydání. Do r. 1949 bylo vydáno celkem 1531 listů (obr. 15).

Mapa je ohraničena zeměpisnou sítí, která je vyznačena na rámu listu a vztahena na pařížský poledník. Lambertova souřadnicová síť je vykreslena po 1 km (5 cm). Klad listů map 1:20 000 je odvozen z kladů map nové mapy Francie 1:50 000. Rozdělením této mapy na 8 dílů nebo na 4 díly vzniká mapa 1:20 000 v normálním nebo dvoulistovém vydání. Mapa je označena číslem mapy 1:50 000 a dále číslicemi 1 až 8 nebo dvojčíslicím 1-2, 3-4, 5-6 a 7-8. Příklad označení map obou vydání: mapa normální XXXV-13/7 nebo dvoulistová XXXV-13/1-2 (obr. 16).



1:20 000

Obr. 16.

Mapa 1:20 000 je zhotovena ve dvou vydáních: Normální vydání mapy s rozměry listů 10 setinných minut zeměpisné délky a 10 setinných minut zeměpisné šířky, zobrazující území 10×7 km s očíslováním listů 1 až 8, je čtyřbarevné, a to situace a názvosloví v barvě černé, vody a vrstevnice na ledovcích modré, terén s vrstvou 5 a 10 m hnědě a skály šrafovány šedě.

Dvoulistové vydání mapy s rozměry listů 20 setinných minut zeměpisné délky a 10 setinných minut zeměpisné šířky, zobrazující území 10×14 kilometrů s očíslováním listů 1-2, 3-4, 5-6, 7-8; mapy jsou buď v jednobarevné nebo třibarevné úpravě.

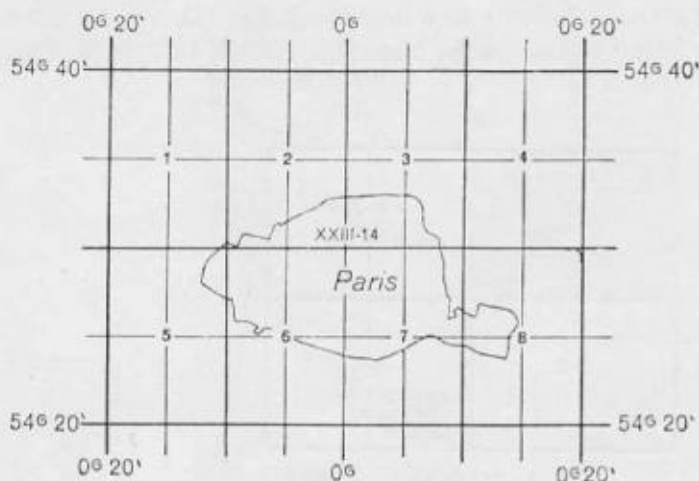
Terén na mapách obou vydání je vyjádřen vrstevnicemi se základní vrstvou v rovinném území 5 m a v horském území 10 m. Pro prostory větších měst

jsou mapy vydány až v pěti barvách, jako Carte de la région de Paris, s použitím rumělkového rastru pro sídliště a barvy zelené pro lesy. Pro kresbu terénu bylo použito jednak map 1:40 000, jednak šrafovaných map 1:80 000.

Mapy 1:20 000 jsou dosud zhotoveny pro území ležící podél severních a východních hranic Francie. Kromě toho jsou zmapovány oblasti větších měst, jako Paříž, Lyon a pod. a důležité oblasti v Pyrenejích, Bretagni a Normandii.

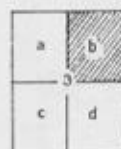
Mapa Francie 1:10 000 — Plans directeurs

Mapa 1:10 000 je podkladem pro technicko-hospodářské projektování, plánování a výstavbu na území Francie. Je zhotovena buď přímým měřením s použitím leteckých snímků nebo odvozena zvětšením mapy 1:20 000.



1:10 000

Obr. 17.



1:10 000

Obr. 18.

Rozdělením mapy 1:20 000 normálního vydání na 4 díly vzniká mapa 1:10 000 s rozměry 5 setinných minut zeměpisné šířky a 5 setinných minut zeměpisné délky. Mapa je označena číslem mapy 1:50 000, dále číslem mapy 1:20 000 a malým písmenem a, b, c, d (příklad XXIII-14-3-b; obr. 17 a 18).

Mapa 1:10 000 je ohraničena zeměpisnou sítí, která je vyznačena na rámu listu a vztažena na pařížský poledník. Pravoúhlá souřadnicová síť Lambertova je vyznačena na mapě po 1 km (10 cm). Na okraji mapy jsou vyznačeny: lineární měřítko, údaje o zpracovateli mapy, régionu, elipsoidu, nivelaci, roku vydání a roku revise. Zvláštností mapy je, že náplň mapy přesahuje rám listu mapy o 10 až 12 milimetrů, čímž se dosahuje navázání se sousedním listem.

Mapy 1:10 000 jsou vydány v jednobarevné i vícebarevné úpravě. V úpravě o 3 až 5 barvách byly zhotoveny mapy okolí Paříže jako pětibarevné a mapy v jihozápadní Francii jako třibarevné se situací a terénem vyjádřenými černě, vodstvem modře a lesy zeleně. Terén je vyznačen vrstevnicemi se základní vrstvou 5 m a výškovými údaji.

Z celého území Francie bylo dosud zpracováno více než 5 % map z celkového počtu listů, a to převážně z prostorů, v nichž je zhotovována mapa 1:20 000.

Nová mapa Francie 1:50 000 — Nouvelle carte de France en couleurs.

Nová mapa 1:50 000 je základním topografickým dílem Francie, zhotovovaným od r. 1897. Je současně základní taktickou mapou postupně nahrazující původní taktickou mapu 1:80 000. Tato mapa vzniká odvozením z mapových děl 1:10 000 a 1:20 000.

Klad listů této mapy je vytvořen tak, že prostor Francie je od počátku voleného na 57^a severní šířky a 9^a západní délky od Paříže rozdělen zeměpisnou sítí od západu k východu na sloupce po 40 setinných minutách, označené I až XLIII, a od severu k jihu na řady po 20 setinných minutách, označené čísly 1 až 56. Každý list má označení číslem řady a sloupce s názvem největšího sídliště. Příklad: XXVII-13-Epernay.

Rozměry listů jsou tedy 20 setinných minut zeměpisné šířky a 40 setinných minut zeměpisné délky. List mapy 1:50 000 obsahuje 4 dvoulistové nebo 8 normálních listů mapy 1:20 000, nebo 32 listů mapy 1:10 000.

Mapa 1:50 000 byla zhotovována ve třech vydáních. Do první světové války byly vydány mapy „Type 1900“ v projekci polyedrické, po první světové válce mapy „Type 1922“ a počínaje rokem 1931 ve zlepšené úpravě mapy „Type spécial 1922“ v kuželovém zobrazení Lambertově.

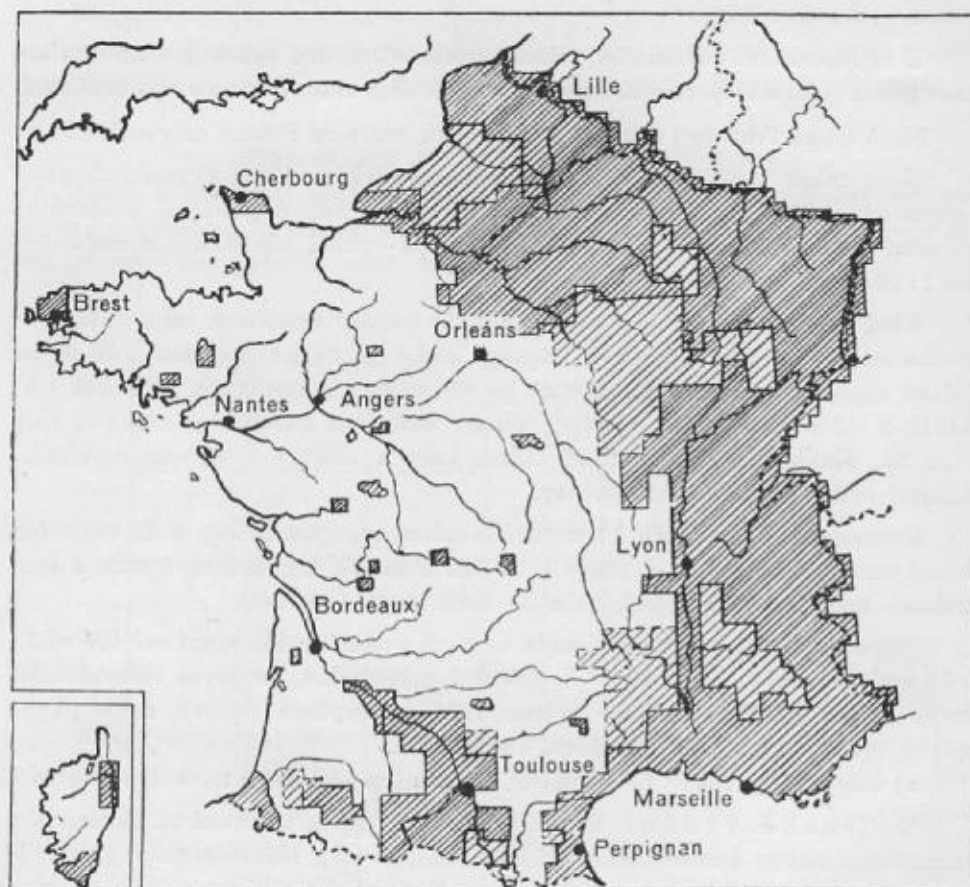
a) Mapy „Type 1900“ byly vydány v počtu jen 16 listů, a to ve dvoji úpravě:

Vojenské vydání map (zjednodušené) je 3barevné až 5barevné se zakreslenou novou Lambertovou sítí po 1 km (2 cm). Název regionu (zóny) je vyznačen na pravém horním okraji mapy. Geografická síť je označena na kraji mapy v setinném dělení po 10 setinných minutách. Na mapě je vyznačena situace a písmo černě, vodstvo modře, vrstevnice hnědě; v pětibarevném vydání lesy zeleně a stínování šedohnědě.

Normální vydání map je 8barevné až 12barevné, rovněž se zakreslenou novou Lambertovou sítí. Ostatní náplň mapy je totožná s vojenským vydáním mapy. Tato mapa neuspokojuje přílišnou barevností náplně.

b) Mapy „Type 1922“ jsou pětibarevné a byly vydány ze všech typů map v největším počtu listů. Geografická síť je vyznačena na rámu mapy v šedesátiném i setinném dělení.

c) Mapy „Type spécial 1922” jsou šestibarevné. Zlepšení tohoto typu spočívá v tom, že sídliště, hlavní komunikace a jiné důležité terénní předměty jsou vytištěny červeně. Celkem bylo zhotoveno jen několik desítek těchto listů, neboť bylo později upuštěno od nátisků sídlišť a komunikací červeně.



1:20 000



Prostory, v nichž
mapování probíhá.



Prostory, z nichž
byly mapy vydány.

Obr. 19.

Základní prvky náplně nové mapy 1:50 000 jsou vyjádřeny takto: situace, písmo, souřadnicová síť a sídliště černě, vodstvo a vrstevnice na ledových modře, lesy, louky a vinice zeleně (odstupňováno rastry), vrstevnice a skály hnědě, stínování a částečné lavování šedohnědě, sídliště a komunikace jen na některých

listech (v okolí Paříže, Lyonu, Lille a pod.) červeně. Terén je vyjádřen na mapách všech typů vrstevnicemi se základní vrstvou 5 m a 10 m, nebo 20 m, podle druhu území.

Z celkového počtu 1120 listů map i s Korsikou bylo zhotoveno do roku 1934 celkem 121 listů, do roku 1939 celkem 161 listů, do roku 1948 celkem 222 listů; dosud bylo zhotoveno více než 330 listů map v úzkém kruhu území podél severovýchodních a východních hranic Francie a v okolí měst Paříže, Lyonu, Cherbourgu, Pergignanu a pod. Vypracování nového mapového díla pokračuje i po druhé světové válce bez přerušení ve zvýšeném tempu, avšak původní plán vypracování 50 listů map ročně nebyl dosud překročen. V dnešní době je již zmapováno více než 30 % celkového území Francie počítaje v to Korsiku a v dalším vydávání listů se urychleně pokračuje (obr. 19).

Mapa Francie 1:500 000 — Nouvelle Carte de la France et des Pays limitrophes

Mapa 1:500 000 vnika rozdělením mezinárodní mapy světa 1:1 000 000 na 4 díly, s označením jednotlivých částí velkými písmeny NO (Nord Ouest), NE (Nord Est), SE (Sud Est) a SO (Sud Ouest). Před označení mezinárodní mapy se připojuje N nebo S podle umístění listu na polokouli. Označení listu mapy 1:500 000 Toulouse je tedy NK-31-NO. Rozměry listu mapy jsou 3° zeměpisné délky a 2° zeměpisné šířky. Celkem bylo vydáno 22 listů této mapy (obr. 20).

Pro mapu bylo použito Bonneova zobrazení. Na okraji mapy je vyznačena jednak geografická síť vztažená k poledníku Greenwiche ve stupňovém dělení a dále geografická síť vztažená k poledníku Paříž v setinném dělení.

Původně byla mapa 1:500 000 vydána jako jednobarevná s výškami vyjádřenými šrafováním. Druhé pětibarevné vydání mapy bylo zhotoveno po roce 1925. Obsah náplně mapy byl: situace i se silnicemi černě, vody modře, lesy zeleně, vrstevnice s výškou vrstvy 100 m hnědě a stínování šedě. Třetí šestibarevné vydání zhotovené po roce 1932 bylo odlišné ve vyjádření silnic a cest červeně a terénu, který je kombinací stínování a šrafování (bez vrstevnic) v barvě šedé.

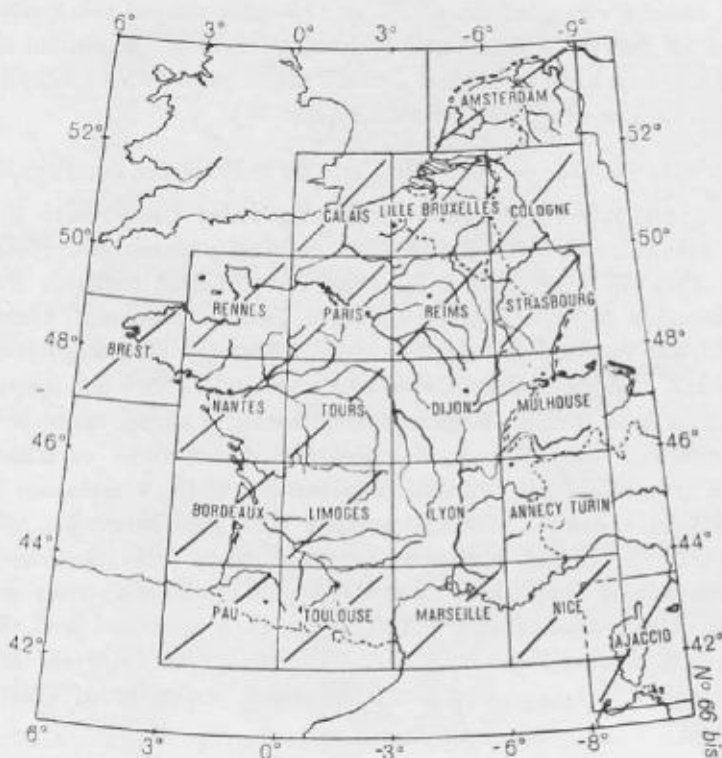
Letecká mapa Francie 1:500 000 — Type Aviation

Letecká mapa Francie byla zhotovena ve 21 listech na podkladě předcházející mapy s dotištěnými údaji důležitými pro letectvo, jako jsou letiště, majáky, vysílací stanice a pod.

Terén na těchto mapách je vyjádřen stínováním bez vrstevnic. Lesy jsou vyznačeny zeleně, řeky, silnice a železniční tratě jsou zvýrazněny. Do mapy je fialově dotištěna letecká hlásná síť. Zvláštní vydání této mapy celkem o 7 listech má název „Tourisme aérien“.

Mapy Francie 1:1 000 000 — Carte internationale du Monde

Mezinárodní mapa světa pro území Francie byla vypracována v letech 1910 až 1928 v počtu celkem 9 listů. K zhotovení mapy podle výsledků konferencí v Paříži v roce 1913 a v Londýně v roce 1919 a 1928 bylo použito polykonického zobrazení. Jako podkladu pro vypracování této mapy bylo použito map 1:200 000, 1:500 000 a rovněž tak map Carte du Nivellement générale de France. Tato mapa je někdy označována Carte Générale (obr. 21).

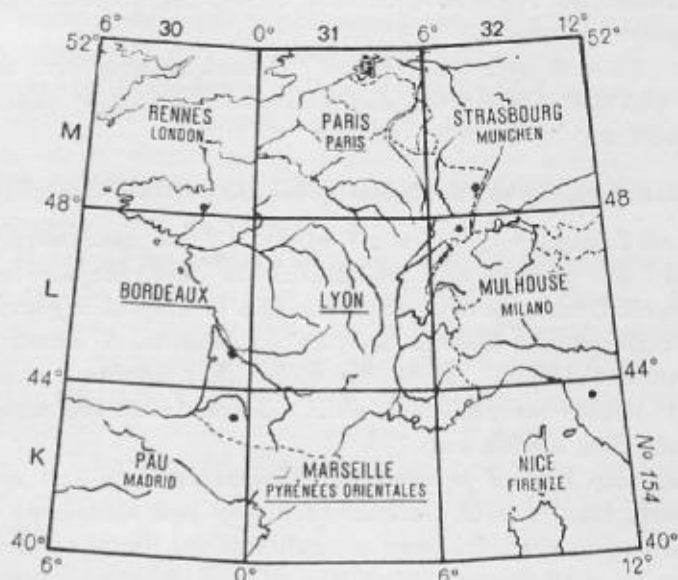


Obr. 20.

Rozměry jednotlivých listů jsou 6° zeměpisné délky, 4° zeměpisné šířky. Označení listů je totožné jako u všech mezinárodních map světa (příklad: NK-31 Marseille). Geografická síť je na rámu mapy vyznačena ve stupních a minutách (šedesátinné dělení) a je vztažena k poledniku Greenwiche.

Mapa 1:1 000 000 je 11barevná až 17barevná podle území (situace a písmo černě, vody modře, lesy zeleně, silnice červeně a vrstevnice černě). Terén je na

mapě vyjádřen barevnou hypsometrií takto: vrstvy s nadmořskými výškami 0 až 100 m, a 100 až 200 m zeleným odstínem a vrstvy 200 až 400 m, 400 až 600 m, 600 až 800 m, 800 až 1000 m, 1000 až 1200 m, 1200 až 1600 m, 1600 až 2000 m, 2000 až 2400 m, 2400 až 3000 a dále po 600 m hnědým odstínem. Kromě toho je na rámu listu červeně vtištěna orientační síť po 30', označená v řadách od severu k jihu velkými písmeny A—H a ve sloupcích od západu k východu arabskými čísly 1—12.



1:1000000

Obr. 21.

Pro území Evropy byla zhotovena na podkladě mezinárodní mapy světa mapa zvaná „Carte de l'Europe au 1 000 000” v Lambertově kuželovém sečném zobrazení pro rovnoběžky 52° 48' a 36° zeměpisné šířky. Mapa byla vydána jako sedmibarevná.

Pro území Francie a Evropy byly po roce 1934 zhotoveny v měřítku 1:1 000 000 letecké mapy — Cartes aéronautiques:

— Carte Normale Aéronautique Internationale au 1 000 000. Tato mapa byla zhotovena v zobrazení polykonickém na podkladě mezinárodní mapy světa. Byla vydána jako sedmibarevná s dotištěnými lesy a vrstevnicemi po 100 m, isogonami a údaji důležitými pro letectvo. Tato mapa byla rovněž vydávána v soutiscích 4 listů map.

— Carte de l'Europe au 1 000 000 — Type Aviation. Mapa byla zhotovena v Lambertově kuželovém sečném zobrazení pro rovnoběžky $52^{\circ} 48'$ a 36° zeměpisné šířky. Byla vydána jako osmibarevná na podkladě mezinárodní mapy světa. V mapě je vyjádřena situace černě, silnice červeně, vody modře, lesy zeleně, vrstevnice hnědě po 100 m a terén v barevné hypsometrii.

Pro účely dopravní byla v tomto měřítku sestavena přehledná mapa na dvou listech, zvaná „Carte de France 1:1 000 000“ se zvýrazněnou a klasifikovanou železniční sítí vyjádřenou černě a silniční sítí červeně. Mapa je zhotovena v Bonneově zobrazení.

V letech 1936—39 byla ještě vydána podrobná automobilová mapa „Carte Michelin 1:1 000 000“, která tvoří jako přehledná mapa cenný doplněk k automobilové mapě Carte Michelin 1:200 000.

III. ZHODNOCENÍ FRANCOUZSKÉHO MAPOVÉHO DÍLA

Staré i nové mapové dílo Francie vykazuje četné nedostatky, které jsou charakteristické pro mapová díla kapitalistických států. Stupnice měřítek, použité jak u starého, tak u nového mapového díla je neúplná a postrádá celkové souvislosti při přechodu z jednoho měřítko do druhého. V soustavě úředních map chybí mapa 1:100 000, která by mohla být odvozena z nových map 1:20 000 a 1:50 000 bez zvláštních obtíží. Mapa 1:200 000 není dosud zapojena do kladu listů nových map.

Klad listů map Francie je nesourodý a nezaručuje spojitost mezi mapami různých měřítek. Listy starých francouzských map jsou ohraničeny pravoúhlou souřadnicovou sítí, listy nových map geografickou sítí. Rovněž tak formát jednotlivých map je značně rozmanitý. Označení listů map není sice složité, ale je rozdílné pro mapy starého a nového mapového díla, takže ztěžuje vyhledávání potřebných map.

Klíč smluvených značek s poměrně malým počtem 152 grafických a 157 písemných značek dosahuje jen 47 % počtu značek našeho značkového klíče a umožňuje pouze chudé vyjádření charakteristiky území.

Barevná úprava map Francie je ve starém mapovém díle přiměřená, zatím co v novém mapovém díle je u některých mapových souborů mimořádně velký počet barev, jako na př. u mapy 1:50 000 Type 1900 s 8 až 12 barvami. U novějších vydání je přílišná barevnost snižována na průměrný počet 5 až 6 barev. Mímorámové údaje jsou u francouzských map poměrně chudé. Chybí zde údaje o poledníkové konvergenci, sklonové měřítko, hypsometrický přehled, stupnice vrstevnic atd.

Charakteristickou zvláštností francouzských map je, že u map velkých měřítek náplň mapy přesahuje rám listu mapy o 5 až 12 mm, čímž má být zajištěno navázání na listy sousední.

Zeměpisné souřadnice rohů listů a zeměpisná síť na rámech map je označována v obou úhlových soustavách nebo pouze v nové setinné soustavě. Převod setinné soustavy do stupňové je: $10^{\text{e}} = 9^{\circ}$, $1^{\text{e}} = 54'$, 1 setinná minuta = $32''4$, 1 setinná vteřina = $0''324$.

Číslování sítě zeměpisných délek je na většině map vztaženo u setinné soustavy k pařížskému, u stupňové soustavy ke greenwichskému poledníku. Rozdíl mezi poledníky Paříž—Greenwiche činí $2^{\circ} 20' 14''$. Hodnota magnetické deklinace se uvádí v desetinné soustavě. Souřadnicová síť na mapách je sestrojena v hranicích každého pásu samostatně bez navázání s jinými pásy (regiony).

Náplň francouzských topografických map neobsahuje mnoho údajů o situaci, terénu, vodstvu a o porostech. Smluvené značky pro mapy různých měřítek nejsou stejné. Sídlíště a komunikace jsou na francouzských mapách klasifikovány. Popis názvů větších sídlíšť je doplněn číslicí udávající počet obyvatel v tisících. Chybějí však údaje o počtu domů, o mostech, šířce komunikací, druzích vozovky, relativních výškách a pod.

Terén je ve starých mapách vyjádřen většinou šrafami, v nových vrstevnicemi. Na nových mapách je terén vyjádřen dosti podrobně. Údaje o výšce vrstvy chybí. Vodstvo je zakresleno bez doplňující charakteristiky. Mosty nejsou klasifikovány a jsou znázorněny jednou smluvenou značkou. Porosty jsou vyjádřeny bez podrobné charakteristiky jednotlivých druhů porostů (lesy, křovina, močálový porost, louky, plantáže, písčiny a pod.)

Názvosloví francouzských map je různorodé a nespojuje mapy všech měřítek. Jedině mapy měřítek 1:20 000 a 1:50 000 mají názvosloví stejného druhu.

Použitá literatura:

1. K. Kuchař a Fr. Melichar: Základní mapy evropských států, 1935.
2. I. A. Bubnov, A. I. Kreml, C. I. Folimonov: Vojennaja topografija, Moskva 1953.
3. Sališčev: Osnovy kartovedeniija, Moskva 1948.
4. M. K. Kudrjavcev: Standardisace základních topografických map po stránce jejich měřítek, projekcí, kladu listů a smluvených značek. Praha 1953 v publikaci Úspěchy sovětské geodesie a kartografie.
5. A. Šadrin: Sovětské topografické mapy. Vojenské vyměřování a mapování, sešit č. 4, 1951.
6. G. N. Lidt: Nauka o mapách, 1954.
7. Catalogue des Cartes — Institut Geographique National, Paris 1943.
8. Travaux topographiques et Cartographiques exécutés de 1938 a 1948. Institut Geographique National, 1949.
9. Notice sur les principales publications de l'Institut Geographique National. Institut Geographique National, 1951.
10. World Cartography, Volume II, New York, Cartography in France, 1952.
11. Planheft: Frankreich und französische Nordafrika, Berlin 1943.
12. Zeitschrift für Vermessungswesen 1950. Böhme: Gegenwärtiger Stand der amtlichen Kartographie in Frankreich.
13. Zeitschrift für Vermessungswesen 1955. Meine und Melchers: Die amtliche Kartographie in Frankreich und ihre geschichtliche Entwicklung.

Lihový rozmnožovač LR-54 a jeho využití

Lihový rozmnožovač LR-54 velikosti tiskové plochy 45×55 cm byl zhotoven speciálně pro rozmnožování bojových grafických dokumentů a k dotiskování barevné kresby do map. Mnozí uživatelé však tento přístroj odmítají. Ukazují na nedostatky rozmnožených dokumentů po stránce estetické, dále na malou výkonnost lihového rozmnožovače a na nedokonalé vřícování při tisku barevné kresby do map. Praxe potvrzuje, že výtisk z lihového rozmnožovače není tak kvalitní, jako dobře provedený zákres barevnými tušemi do map nebo tušová kresba rozmnožená ofsetovým tiskem. Je však třeba přiznat, že může být docíleno téže kvality, jako při zákresu barevnými tuškami.

Způsob tisku na lihovém rozmnožovači na papír je jednoduchý. Vyžaduje pouze dobře zhotovenou matici a zachování správného pracovního postupu při tisku. Méně snadné je však dotiskování barevné kresby do map. Proto je třeba, aby se uživatelé přístroje seznámili s postupem, jakým lze dosáhnout při této práci lepších výsledků.

Princip rozmnožování. Rozmnožování lihovým rozmnožovačem je založeno na pozvolném rozpouštění a snímání vrstvy barviva, naneseného na křídovém papíře (matrici), na lihem navlhčený papír procházející přístrojem. Barvivo je vyrobeno z velmi vydatných pigmentů a je spojeno voskem, aby bylo možno přenést z karbonového papíru co nejlustší vrstvu barviva na matici. Hektografické karbonové papíry velikosti A3 nebo A4 mají barviva živých odstínů a jsou modrofialové, modré, karmínově červené, hnědé, zelené, žluté a černé. Pro rozmnožování u nás jsou pouze modrofialové, karmínově červené a černé (neutrální). Dříve u nás vyráběné hektografické inkousty, kterými lze kreslit přímo na papír (matrici), se v současné době nevyrábějí.

Matrice. Pro zhotovení matrice se používá tenčího křídového papíru, většinou s vrstvou křídý na jedné straně. Není-li počet výtisků velký (10 až 30 kusů), může se matrice pořídít na dobře klíženém hladkém papíře.

Matrice se zhotoví tak, že se položí hektografický papír vrstvou barviva nahoru a na něj se položí papír křídovou vrstvou dolů. Na křídový papír se přichytí lepenkovou páskou originál, na př. mapa s kresbou nebo průsvítka. Má-li se vřícování při vtiskování barevné kresby do map usnadnit, je nutné, aby křídový papír měl tytéž rozměry jako mapa, do níž se bude vtiskovat. Kreslí se ostrou tvrdou tužkou nebo tupou litografickou jehlou na hladké, tvrdé pod-

ložce (astralon, fatroid, plech, sklo). Použití tvrdé podložky je nutné, protože se protlačení přes dva papíry kresba na měkké podložce příliš rozšíří. Podkládáním hektografických papírů různých barev se získá několikabarevná stranově obrácená matrice a z ní se pak jedním projetím přístrojem zhotoví několikabarevný výtisk. Opravy na matici se provádějí lehkým seškrábnutím chybné kresby nebo odškrábnutím tlusté kresby litografickou škrabkou nebo žiletkou. Větší části chybné kresby se mohou přelepit tenkou lepicí páskou nebo vyříznout a do výřezu se může vlepit kus křídového papíru, na němž se pak provede správná kresba. Při kresbě matrice na tenčí papír nebo mapu může být podle potřeby podložen ještě jeden křídový papír nebo mapa s hektografickými papíry, čímž se získají současně matrice dvě. Kresba je ovšem tlustší. Matici lze za nouzových podmínek zhotovit na různé druhy papírů, po případě i na jiné hmoty. Nejlépe však se osvědčil křídový papír, protože na něm vrstva přeneseného barviva dobře drží.

Tisk barevné kresby do map. Pro získání praxe při vtiskování barevné kresby do map je vhodné provést nejdříve tuto zkoušku:

1. Na zadní stranu cvičné mapy se pomocí hektografického papíru zakreslí smyšlené schema v barvě červené, modrofialové a černé; dále se zakreslí čtyři rohy vnitřního rámu mapy a několik průsečíků kilometrové sítě.
2. Hotová matrice se v záhlaví odřízne tak, aby zůstal pouze 1 cm široký proužek papíru od vnitřního rámu mapy.
3. Přezkouší se stav lihu v nádrži rozmnožovače, podle potřeby se doplní a průměrně se nasytí vlhčící plst.
4. Protáhne se jeden nebo více archů papíru přístrojem a přezkouší se vlhkost plsti. Příliš nassátá plst by poškodila matici, takže by pak bylo možno zhotovit nejvýše 10 až 20 nekvalitních otisků.
5. Matrice se zasune horním okrajem asi 5 mm pod lištu na tiskovém válci tak, aby levý okraj matrice přesně licoval s levým okrajem tiskového válce, upevní se a navine na válec. Pak se přilepí na dolním okraji lepicí páskou nebo leukoplastem, aby se na válci nemohla pohybovat a tím ztěžovat lícování. Při upevňování matrice na tiskový válec je nutno řídit se zásadou, že části kresby v záhlaví matrice musí být co nejbliže upevňovací lišty na válci. Pro tisk postačí vzdálenost 2 mm od lištového zářezu. Tímto umístěním matrice na válci se získá dostačující vzdálenost pro zasunutí papíru nebo mapy, procházející přístrojem, mezi tiskový válec a tlakový gumový váleček. Tím se vyloučí posun papíru a následkem toho i nepřesné vlicování vtiskované kresby.

6. Na pravítku nakládacího plechu se vyryje čárka asi 1 cm od horního nýtu (směrem dolů), kolmá na hranu pravítka. Ta bude trvale sloužit jako znaménko pro přesné nakládání map nebo papíru do přístroje.
7. Na levém okraji mapy, do níž se bude kresba s matrice vtiskovat, vyznačí se čárka, vzdálená od hořejšího (levého) vnitřního rohu mapy 16,5 cm.
8. Otočením klikou se otočí válec tak, aby upevňovací lišta na matrici byla asi v místě styku tiskového válce s gumovým válečkem (klika v nulové západce). Levou rukou se smáčkne zvedací zařízení (na levé straně tiskového válce mezi válcem a postranicí — směrem k nakládacímu plechu), čímž se zvedne vlhčící plst, zatím co se pravou rukou položí mapa na nakládací plech, přirazí se těsně k pravítku a zasune mezi tiskový a tlakový válec tak daleko, až čárka vyznačená na levém okraji mapy licuje s vyrytou čárkou na nakládacím pravítku. Pak se zvedací zařízení spustí.
9. Zatím, co se mapa přidrží na nakládacím plechu, přitiskne se rukojetí umístěnou vně levé postranice tlakový gumový válec k tiskovému válci, čímž je mapa naložena do přístroje.

Pomalým projetím mapy mezi dvěma válci se získá výtisk, který na šířku mapy přesně licuje, na výšku však může být mírně posunut. Toto posunutí se opraví při dalším naložení mapy tím, že se vzdálenost 16,5 cm zkrátí nebo prodlouží. Nelicuje-li kresba při správném nakládání na šířku, je třeba šířku levého okraje mapy přeměřit a mapy podle potřeby oříznout. Je-li procházející papír málo klížený (na př. některé listy map staršího vydání), je nutno čerstvý výtisk rychle osušit, aby se kresba v příliš nassátém papíře nerozpila. K osušení výtisku dobře poslouží malá tiskařská korouhvička (z leklé lepenky na dřevěné rukojeti); práce se však sušením výtisků zdržuje. Tlak na gumový váleček se zvětšuje a rychlost otáčení se řídí počtem potřebných výtisků. Při větším tlaku a pomalém projetí mapy přístrojem se získá velmi sytý tisk, matrice však se brzy opotřebuje. Je věci praxe a daných podmínek, jakého způsobu je třeba použít.

Byla-li zkouška provedena pečlivě, budou výtisky dobré. Vtištěná kresba má syté barvy, v mapě je dobře viditelná, a jestliže se stane, že některé části nebo poslední výtisky nemají dostatečnou sytost, opraví se pastelou nebo tuší.

Výhody a nedostatky lihového rozmnožovače LR-54.

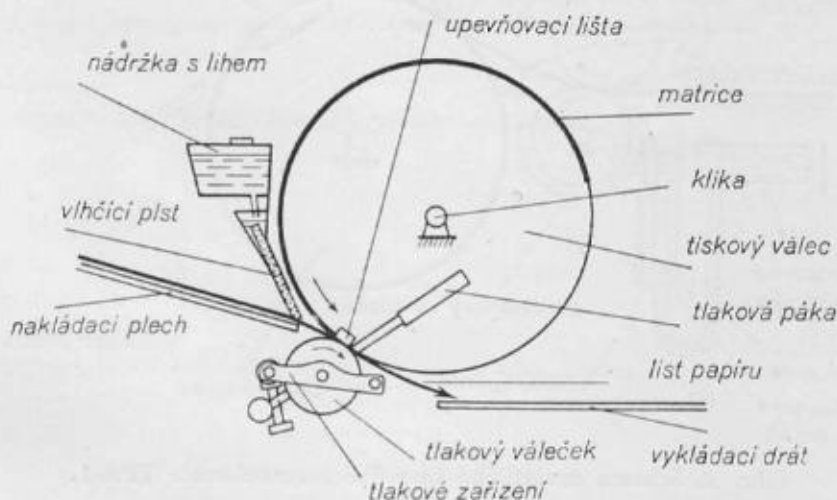
Výhody:

- snadné a rychlé zhotovení několikabarevných výtisků čárové kresby;
- rozmnožování může být úspěšně prováděno za polních podmínek, horko ani mráz nejsou překážkou;

- malé množství provozního materiálu. Jsou to: nádoba s lihem, hektografické papíry a křídový papír, který může být za nouzových podmínek nahrazen dobře klíženým papírem nebo přímo mapou.

Nedostatky:

- horší kvalita výtisků;
- možnost zhotovení pouze malého počtu výtisků (20 až 80 kusů) z jedné matrice;
- obtížnější vlícování barevné kresby do map, protože potiskovaný papír je vlhčen lihem, což značně ovlivňuje jeho rozměrovou stálost;
- možnost rozmnožovat pouze čarovou hrubší kresbu;
- poměrně velká váha přístroje (40 kg).



Obr. 1. Schema lihového rozmnožovače LR-54.

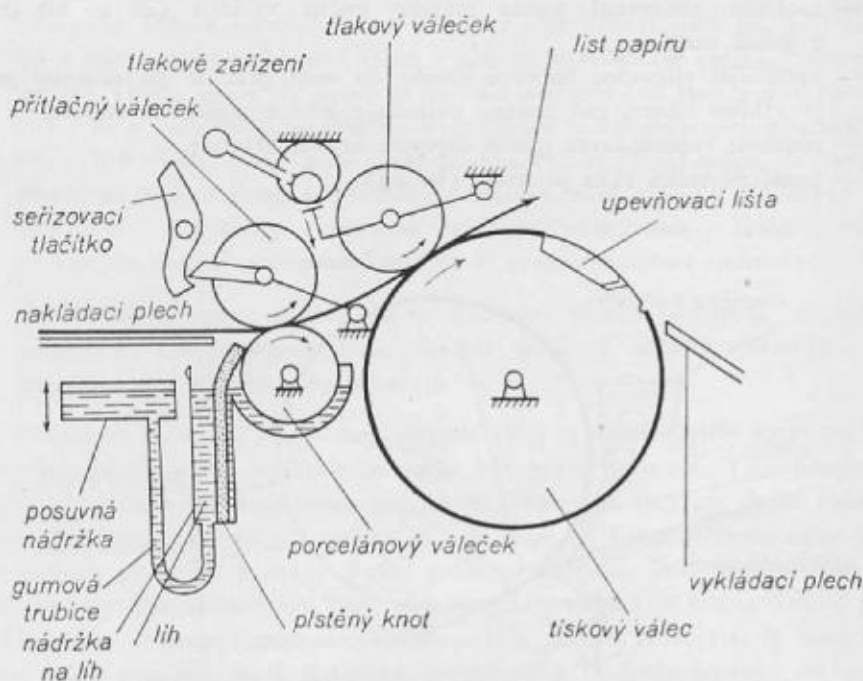
Pro informaci uvedu ještě popis sovětského lihového rozmnožovače TPA-1 (obr. 2).

Hlavní části přístroje: základnový rám, tiskový válec na upevnění matrice, tlakový váleček, vlhčicí zařízení, posunovací váleček, porcelánový vlhčicí váleček, nakládací a vykládací plech.

Základnový rám přístroje má dřevěný podstavec a celokovovou konstrukci skládající se ze dvou postranic pevně spojených kovovými trubkami. Tiskový válec je dutý s hladkým povrchem a je upevněn v postranicích na dvou hřídelích. Na povrchu válce je vmontováno záchytné zařízení k upevnění matrice.

Na levé straně válce je seřizovací kolečko, kterým se upravuje poloha posuvného válečku. Tlakový váleček je kovový, opatřený gumovým povlakem.

Vlhčicí zařízení se skládá z porcelánového válečku, nádoby na lih, vlhčícího plstěného knotu a posuvné nádržky na pohyblivé tyči s upevňovacím šroubem. Posuvná nádržka a nádoba na lih jsou spojeny gumovou trubicí na prin-



Obr. 2. Schema sovětského lihového rozmnožovače TPA-1.

cipu spojených nádob. Při zvednutí nádoby s lihem do vyšší polohy postupuje vlhčicí roztok do nádržky, kde nasatí plstěný knot. Z něho se přenese na porcelánový váleček a ten navlhčí procházející papír. Přitisknutí plstěného knotu k porcelánovému válečku se řídí plochými pružinkami umístěnými na nádrži. Hladce obroušený porcelánový váleček má tu výhodu, že stejnoměrně navlhčí papír, takže nevzniknou nenavlhčená místa, jako je tomu u jiných druhů lihových rozmnožovačů. Výhodnější je také způsob vlhčení zdola, který vylučuje přílišné nasátí procházejícího papíru a tím rychlé opotřebování matrice. Konstrukce umožňuje řídit podle potřeby různý stupeň vlhčení papíru.

V příslušenství přístroje jsou tři druhy plstěných knotů, v délce 20, 30 a 50 cm; lze je vyměnit při tisku na různý formát papíru. Posuvný váleček spolu s porcelánovým válečkem usnadňuje přichycení a posun papíru při tisku.

Nakládání papíru do přístroje je podobné jako u rozmnožovače LR-54. Výkon je o něco vyšší, protože vlhčení potiskovaného papíru je stejnoměrnější a matrice se pomaleji opotřebovává. Přístroj váží 42 kg, s obalem váží 52 kg.

Při zavádění sovětského přístroje TPA-1 byly zajisté dobře uváženy jak jeho nedostatky, tak i jeho přednosti proti jiným jednoduchým rozmnožovacím prostředkům. (Podobný lihový rozmnožovač je zaveden i v jiných armádách, na příklad USA.)

Nutno říci, že jednoduché rozmnožovací prostředky pro rychlé a úspěšné rozmnožení barevné kresby jsou stále problémem. Je třeba, aby všichni, kdo užívají lihového rozmnožovače LR-54 velikosti 45 × 55 cm jako prostředku pro vtiskování barevné kresby do map, důkladně vyzkoušeli různé způsoby jeho využití a své zkušenosti, po případě návrhy na lepší úpravu přístroje sdělili redakci Vojenského topografického obzoru, aby přístroj mohl být eventuálně upraven a mohl být vydán podrobný návod k jeho obsluze a využití.

Literatura:

Informacionno-techničeskij sbornik Vojenno-topografičeskij služby.

Nomogram pro určování vzájemné viditelnosti bodů v terénu se zřetelem na zakřivení Země a refrakci zorného paprsku

Při práci s topografickou mapou je často zapotřebí vyřešit, zda je mezi některými body možná vzájemná viditelnost. Vyřešení této úlohy se prakticky uplatňuje při výběru pozorovatelů na mapě, při volbě orientačních bodů, při zjišťování skrytých prostorů a pod.

Zvláště potřebné je zjištění viditelnosti při výběru bodů pro umístění směrových stanic spojovacího vojska. Vyzařované paprsky směrových stanic na vyšších frekvencích (kratších vlnových délek) se svými vlastnostmi přibližují vlastnostem paprsků světelných, a proto směrová pojítka potřebují k své funkci optickou viditelnost korespondujících stanic.

Jde-li o vzdálenější body, jsou určovány opravy ze zakřivení Země a refrakce z různých tabulek nebo monogramů. Byly již sestrojeny i různé grafické pomůcky, které určení viditelnosti podstatně zjednodušují a zrychlují.

Žádná z těchto pomůcek však zcela neodstraňuje pomocné grafické nebo početní práce, jako vynášení vzdáleností a výšek jednotlivých bodů na zvláštní (milimetrový) papír [1] a grafické rýsování refrakčního oblouku [2], výpočet výškových rozdílů daných bodů [3]; nebo pomůcka dosahuje velkých rozměrů, chceme-li ji obecně využívat při libovolných nadmořských výškách bodů [4], po případě je mechanicky příliš složitá a velikostí i použitím nepraktická [5].

Nomogram, který v tomto příspěvku navrhuji, je řešen obdobně jako v článku [4], je však uzpůsoben pro použití na topografických mapách, má přijatelné rozměry a při řešení viditelnosti nevyžaduje kromě eventuálního nakreslení spojnice daných bodů žádné další grafické ani početní práce. Je proto výhodný zvláště pro vojenské využití, kdy je kladen důraz především na pracovní rychlost.

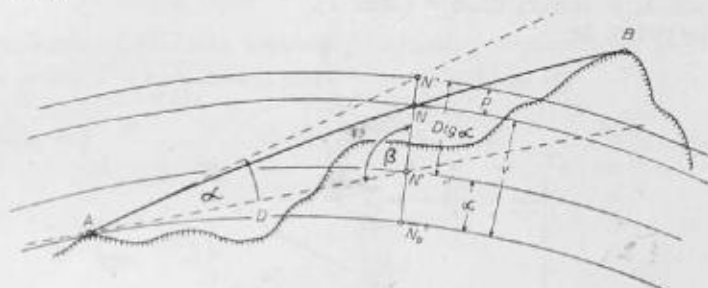
Stanovení výpočetního vzorce

Při určování vzájemné viditelnosti bodů podle mapy zjišťujeme, zda zorný paprsek spojující oba body probíhá stále nad terénem, nebo zda je v některém místě terénem přerušen. Tato úloha může být prakticky řešena různými způsoby. Lze ji řešit též tak, že vypočteme nadmořské výšky jednotlivých bodů spojovacího paprsku a porovnáme je s nadmořskými výškami terénu, určenými z mapy.

Zjišťujeme-li viditelnost blízkých bodů (do několika kilometrů), lze uvažovat, že výšková změna zorného paprsku bude mít lineární průběh.

Při určování vzájemné viditelnosti vzdálenějších bodů (desítky kilometrů) je nutno již počítat s vlivem zakřivení Země a refrakce na výškový průběh zorného paprsku vzhledem k terénu. V tomto případě nebude již mít výšková změna zorného paprsku lineární průběh.

Stanovme nejdříve vzorec, který by určoval převýšení obecného bodu N zorného paprsku (spojujícího dané body AB) nad bodem s nižší nadmořskou výškou (obr. 1).



Obr. 1.

- D . . . vzdálenost bodů \widehat{AN}_0 (odpovídá vzdálenosti obou bodů na mapě),
- α . . . výškový úhel zorného paprsku,
- v . . . převýšení obecného bodu N paprsku nad bodem A,
- q . . . vliv zakřivení Země,
- p . . . vliv refrakce.

Pro přibližný výpočet lze považovat úhel $\beta = 90^\circ$. Rovněž lze ztotožnit obloukovou vzdálenost \widehat{AN}_0 s přímou vzdáleností \overline{AN}' .

Z obrázku vyplývá

$$v = D \operatorname{tg} \alpha + q - p.$$

Přibližné hodnoty vlivu zakřivení Země a refrakce jsou dány těmito výrazy [6]

$$q = \frac{D^2}{2R} \quad p = \frac{D^2}{2R} k,$$

kde $R = 6370$ km (poloměr Země), $k = 0,13$ (refrakční činitel).

Dosadíme-li za q a p do původního vzorce, dostáváme

$$v = D \operatorname{tg} \alpha + \frac{1-k}{2R} D^2$$

nebo též

$$D^2 + \frac{2R}{1-k} \operatorname{tg} \alpha D - \frac{2R}{1-k} v = 0 \quad (1)$$

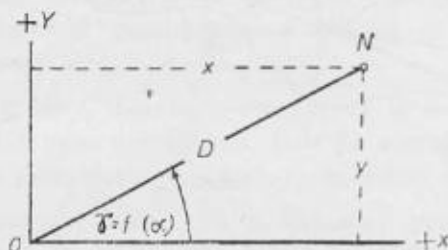
Vzorec podává obecný vztah mezi vzdáleností D , výškovým úhlem α a převýšením v , platný pro kterýkoli bod zorného paprsku.

Úprava vzorce pro grafické využití

Považujme hodnotu D za průvodič v pravouhlé soustavě souřadnic jehož úhel γ s osou X je funkcí úhlu α (obr. 2).

Z obrazu je patrné, že

$$D^2 = x^2 + y^2 \quad D = \frac{y}{\sin \gamma}$$



Obr. 2.

Dosažením do rovnice (1) dostaneme

$$x^2 + y^2 + \frac{2R}{1-k} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} y - \frac{2R}{1-k} v = 0 \quad (2)$$

Tato rovnice vyjadřuje kružnici, jež má souřadnice středu

$$x_s = 0 \quad (3)$$

$$y_s = - \frac{R}{1-k} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} \quad (4)$$

a poloměr

$$r = \left[\frac{R^2}{(1-k)^2} \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{\sin^2 \gamma} + \frac{2R}{1-k} v \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Jestliže budeme požadovat, aby soustava kružnic pro různá v měla společný střed, musí být v těchto rovnicích výraz $\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma}$ konstantní.

Vhodná velikost této konstanty vyplyne z dalšího výpočtu.

Rozvedme rovnici (5) v konvergující řadě a ponechme jen první dva členy rozvoje

$$\begin{aligned} r &= \frac{R}{1-k} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} \left[1 + \frac{2v(1-k)}{R} \frac{\sin^2 \gamma}{\operatorname{tg}^2 \alpha} \right]^{\frac{1}{2}} = \\ &= \frac{R}{1-k} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} \left[1 + \frac{2v(1-k)}{2R} \frac{\sin^2 \gamma}{\operatorname{tg}^2 \alpha} + \dots \right] = \\ &= \frac{R}{1-k} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} + v \frac{\sin \gamma}{\operatorname{tg} \alpha} \end{aligned} \quad (5')$$

Pro vzdálenost (Δ) dvou sousedních kružnic, vymezujičích jednu výškovou vrstvu ($\Delta v = v_{n+1} - v_n$), bude platit

$$\begin{aligned} \Delta r = r_{n+1} - r_n &= \left(\frac{R}{1-k} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} + v_{n+1} \frac{\sin \gamma}{\operatorname{tg} \alpha} \right) - \left(\frac{R}{1-k} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} + v_n \frac{\sin \gamma}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = \\ &= \frac{\sin \gamma}{\operatorname{tg} \alpha} (v_{n+1} - v_n) = \frac{\sin \gamma}{\operatorname{tg} \alpha} \Delta v, \end{aligned}$$

takže

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\Delta v}{\Delta r} \quad (6)$$

Vyjádříme-li hodnotu Δr v měřítku mapy, pro kterou nomogram zhotovujeme, a označíme-li ji $\Delta r'$, bude platit

$$\Delta r = m \Delta r',$$

kde m je měřítkové číslo mapy.

Dále je známo, že výška vrstvy základních vrstevnic topografických map je přímo úměrná měřítkovému číslu mapy. Bude-li Δv vyjádřeno v centimetrech platí vztah

$$\Delta v = \frac{m}{50}$$

Dosadíme-li za Δr a Δv do rovnice (6), obdržíme

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} = \frac{1}{50 \Delta r'} \quad (7)$$

Rovnice (7) vyjadřuje závislost mezi vzdáleností kružnic $\Delta r'$ (v centimetrech), výškovými úhly α a vynášenými úhly γ . Empirickým dosazováním můžeme určit hodnoty $\Delta r'$, α , γ , jež budou pro naši potřebu nejvýhodnější, a

tím též stanovit vhodnou velikost konstanty $\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma}$

Rovnice (7) neobsahuje žádnou proměnnou, závislou na měřítku mapy, a lze jí proto obecně využít při zhotovení nomogramů pro všechny topografické mapy.

Vzhledem k tomu, že v rozvoji vzorce (5') byly vzaty pouze prvé dva členy rozvoje, neobjevuje se v rovnici (7) závislost $\Delta r'$ na v , jež by se ukázala až v dalších členech rozvoje. Ve skutečnosti není $\Delta r'$ stále konstantní, ale s růstem v se nepatrně zmenšuje. Pro volbu vhodné konstanty nemá tato okolnost praktický význam, avšak při konstrukci kružnic je třeba vypočítávat jednotlivé poloměry kružnic přímo ze vzorce (5) nebo vzít do výpočtu ještě třetí člen rozvoje.

Konstrukce nomogramu

Kružnice nomogramu musí být vykresleny na průhledné hmotě a při jejich konstrukci využijeme rovnic (3), (4), (5) a (7), pro tento účel vhodně upravených.

Vyomezíme-li rozsah vynášených úhlů γ od 0° do 90° (což bude pro konstrukci nomogramu účelné), můžeme z rovnice (7) vypočítat odpovídající rozsah úhlů α při různých $\Delta r'$.

V následující tabulce jsou podle této rovnice vyčísleny hodnoty $\Delta r'$ pro některé rozsahy úhlu α .

γ	α	$\Delta r'$ cm	c
$0^\circ - 90^\circ$	$0^\circ - 5^\circ$	0,23	0,0875
	$0^\circ - 4^\circ$	0,29	0,0699
	$0^\circ - 3^\circ$	0,38	0,0524
	$0^\circ - 2^\circ$	0,57	0,0349

Ze vzorce (7) a z tabulky je zřejmé, že čím větší zvolíme vzdálenost dvou sousedních kružnic tím menší rozpětí výškových úhlů můžeme graficky pojmout.

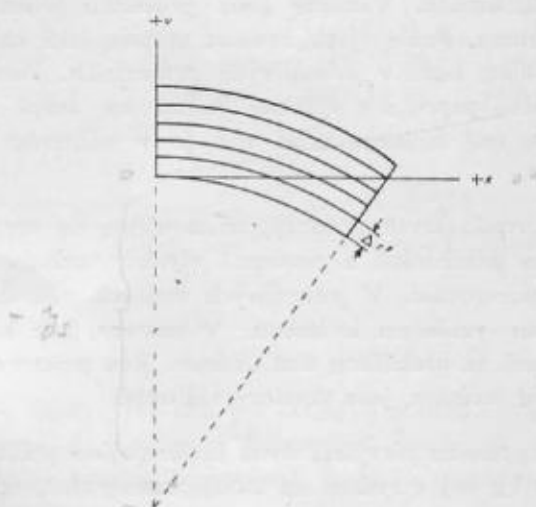
Určenou konstantu, která byla v tabulce označena písmenem c

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \gamma} = c,$$

pak dosadíme do rovnic (3), (4), (5) a tyto rovnice vyčísleme. Chceme-li vypočtené hodnoty vynášet, musíme je dělit měřítkovým číslem mapy, pro kterou je nomogram určen.

Dále sestrojíme osy souřadnic a z určeného středu opisujeme kružnice o vypočtených poloměrech. Každá kružnice je isocharou odpovídající jedné základní vrstevnici mapy a musíme ji též příslušným výškovým údajem popsat. Jelikož při použití nomogramu prakticky nezáleží na tom, v jakých nadmořských výškách viditelnost určujeme, není nutné připsávat stovky metrů. Jejich hodnoty zvolíme až při vlastním použití nomogramu. To umožňuje, aby se počet kružnic omezil jen na interval výškových rozdílů bodů, jež mohou přijít na mapě v úvahu.

Délky oblouků kružnic mohou být libovolně dlouhé. Zvolíme je podle toho, pro jaké maximální vzdálenosti chceme nomogramu používat (obr. 3).



Obr. 3.

Vzhledem k tomu, že rovnice (7) určuje přibližný vztah mezi úhly α a γ , lze v nomogramu velmi lehce úhly α vyznačit. Osa $+X$ představuje zorný paprsek, jehož $\alpha = 0^\circ$, ostatní hodnoty určíme z rovnice (7)

Nomogram, jehož ukázka je připojena, byl vyhotoven pro mapy měřítka 1:100 000. Při jeho konstrukci bylo uvažováno, že výškové úhly na dlouhé vzdálenosti zpravidla nepřesáhnou hodnotu $+3^\circ$ (odpovídá převýšení na vzdálenost 10 km . . . 530,9 m, na vzdálenost 20 km již 1075,5 m atd). Přibližná vzdálenost kružnic byla proto zvolena 0,4 cm, čemuž odpovídá podle vzorce (7) maximální úhel $\alpha = +2^\circ 52'$ a konstanta $c = 0,05$. Nomogram byl vyhotoven pro maximální vzdálenosti do 50 km a pro maximální výškové rozdíly bodů do 600 m (příloha).

Použití nomogramu

Nomogramu lze použít především pro zjišťování vzájemné viditelnosti bodů v terénu z topografické mapy, pro řešení analogické úlohy zjišťování skrytých prostorů na mapách, a pro přibližné určování převýšení bodů v terénu, známe-li jejich vzdálenost a výškový úhel zorného paprsku (trigonometrické měření výšek).

Při určování vzájemné viditelnosti bodů přiložíme nomogram na mapu tak, aby oba dané body, podle svých nadmořských výšek, ležely na příslušných kružnicích nebo mezi nimi. Dále narýsujeme spojnici obou bodů na nomogram (v případě, že již není nakreslena na mapě). Spojnici nemusíme popřípadě zakreslovat vůbec a postačí, jestliže k oběma bodům přiložíme na nomogram hranu pravítka, nejlépe průhledného. Vznikne řada průsečíků přímé spojnice bodů s kružnicemi nomogramu. Podle výšek kružnic určíme, jaké nadmořské výšky má přímá spojnice obou bodů v jednotlivých průsečících. Porovnáním takto určených výšek zorného paprsku s výškami terénu na mapě zjišťujeme, zda paprsek probíhá stále nad terénem, nebo zda je v některém místě terénem přerušen.

Kdybychom určovali skryté prostory, nastavujeme do mezikruží bod ze kterého je prováděno pozorování, a postupně všechny vrcholové body vyskytující se ve směru pozorování. V jednotlivých směrech pak sledujeme výšku paprsku za překážkou vzhledem k terénu. V místech, kde na přivrácených svazích probíhá paprsek za překážkou nad terénem, jsou prostory skryté, v místech, kde probíhá pod terénem, jsou prostory viditelné.

Při určování vzájemného převýšení dvou bodů spojíme počátek nomogramu (počátek souřadnicových os) s ryskou na okraji nomogramu, odpovídající známému výškovému úhlu. Na tuto spojnici vyneseme od počátku v měřítku danou vzdálenost. V koncovém bodě úsečky určíme z křivek nomogramu hledané převýšení.

Přesnost výšek zorného paprsku, určených nomogramem

Jestliže předpokládáme pečlivé a přesné grafické zhotovení nomogramu, bude přesnost výšek zorného paprsku, určených nomogramem, závislá jen na přesnosti základního výpočetního vzorce (1) a na přesnosti vlastní práce s nomogramem.

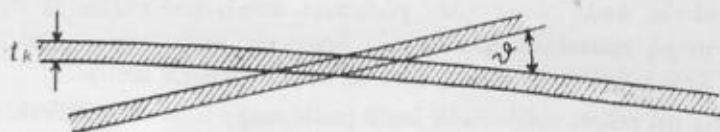
Přibližnost vzorce (1) je způsobena především tím, že jsme při jeho odvození uvažovali úhel $\beta = 90^\circ$ (kromě celé řady podružnějších příčin, jako je chyba v refrakčním součiniteli, chyba ze zobrazení a pod.).

Kdybychom výpočet provedli podle přesnějšího vzorce [6]

$$v = D \frac{\sin \left[\alpha + D \left(\frac{\varrho}{2R} - 2,1'' \right) \right]}{\cos \left[\alpha + D \left(\frac{\varrho}{R} - 2,1'' \right) \right]} \quad (1')$$

který bychom dostali řešením obecného trojúhelníka $AN'N''$ (obr. 1), a porovnali s výsledky vzorců (1) a (1') dosazením některých krajních hodnot D a α , vyskytujících se na příklad v nomogramu pro mapu 1:100 000, vidíme, že odchylky obou vzorců ve výpočtu výšky v jsou pod grafickou přesností nomogramu, a tedy zanedbatelné:

α	D	(1)	(1')
0°	50,0 km	170,72 m	170,66 m
$2^\circ 52'$	11,8 km	600,39 m	600,43 m



Obr. 4.

Podstatnější chyby vzniknou při vlastním použití nomogramu. Budou způsobeny nepřesností při nastavení koncových bodů do mezikruží, nejistotou v určení průsečíků kružnic se spojnicí bodů a odhadováním výšek paprsku v bodech mezikruží.

Všimněme si nejdříve chyby d_v v určené výšce v paprsku, způsobenou nejistotou ve stanovení polohy průsečíku spojnice daných bodů AB s kružnicemi nomogramu.

Označíme-li šířku čáry kružnice t_k , je zřejmé (obr. 4), že polohu průsečíku i při velmi malých úhlech ϑ nikdy neurčíme mimo čáru kružnice.

Převědeme-li šířku t_k na chybu v poloměru kružnic r , dostaneme

$$d_r = m t_k \quad (m = \text{měřítkové číslo mapy}).$$

Vztah mezi d_r a chybou ve výšce d_v určíme diferencováním rovnice (5')

$$d_v = c d_r$$

Dosazením za d_r dostáváme vzorec pro určení výsledné chyby ve výšce

$$d_v = c m t_k$$

Tak na příklad u nomogramu pro mapu 1:100 000 je tloušťka čar kružnic 0,01 cm, $m = 10\ 000$, $c = 0,05$. Po dosazení zde vychází výsledná chyba ve výšce $d_v = 0,5$ m. Výsledek ukazuje, že i tato chyba je prakticky zcela zanedbatelná.

Jedinými skutečně závažnějšími chybami při použití nomogramu, budou tedy nepřesnosti v nastavení koncových bodů do mezikruží a nepřesnosti v odhadování výšek paprsku v bodech mezi kružnicemi. Jejich velikost bude závislá především na pečlivosti při práci s nomogramem. Lze předpokládat, že i při velmi rychlé práci nevybočí chybné nastavení bodů a chybné odhadnutí výšky mezi kružnicemi z mezi jedné čtvrtiny výšky vrstvy.

$$d_v \doteq \frac{\Delta_v}{4}.$$

Tak na příklad u nomogramu pro mapu 1:100 000 bude

$$d_v \doteq \frac{20}{4} \doteq 5 \text{ m.}$$

Tato chyba bude téměř vždy podstatně menší než chyba ve výšce terénu určené na mapě, způsobená generalisací vrstevnic, nejistotou v odhadnuté výšce porostů a jiných pokrytů reliéfu a celou řadou dalších příčin.

Je proto při řešení viditelnosti bodů podle mapy vždy nutno uvažovat určitou bezpečnostní výšku zorného paprsku nad terénem a vzhledem k tomu vyhovuje navrhovaný nomogram plně i požadavkům přesnosti.

Literatura:

- [1] K. Kuchař: Určování vzájemné viditelnosti mezi vzdálenými body (Kartografický přehled ročník IX, č. 3, 1955).
- [2] A. Pokorný: Vyšetřování možnosti záměr v trigonometrické síti (Zeměměřický věstník, ročník XXI, č. 9, 1933).
- [3] J. Loodts: La détermination en cabinet sur la carte des visées géodésiques (Bulletin géodésique, sér. 26, 1952).
- [4] A. Rainesalo - J. Saastamoinen: Les graphiques pour la détermination des visées géodésiques (Bulletin géodésique, sér. 29, 1953).
- [5] J. Adámek: Nový způsob grafického znázornění průřezu terénem pomocí „topografického profilového pravítka“ (Spojař, č. 6, 1956).
- [6] J. Ryšavý: Geodesie II (1956).

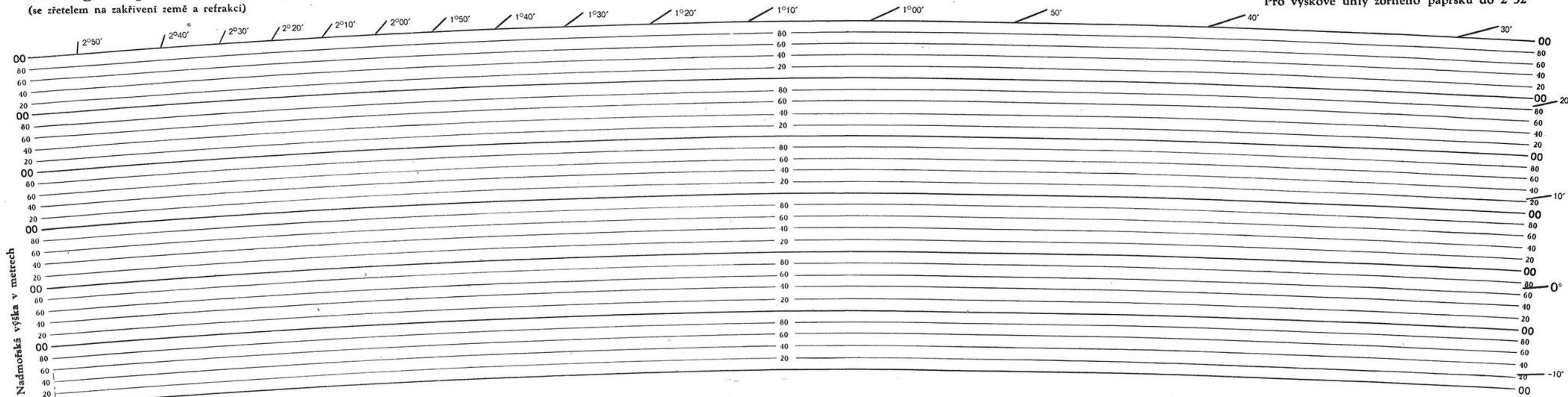
Vojenský topografický obzor. Vychází čtyřikrát do roka. Vydává MNO. Redakční rada: Ing. Dr. Jan Klíma (předseda), prof. Ing. Dr. Adolf Fiker, doc. Ing. Dr. Bedřich Chrastil, Ing. Josef Jeník, Vladimír Kop, Ing. Dr. Jiří Kousal, Karel Oktábec, Ing. Tomáš Šesták, prof. Ing. Dr. Josef Vykuřil (členové). Redaktor Ing. Otakar Skoupý. Předplatné 4 Kčs ročně. Časopis si mohou předplácet jen vojenské osoby z povolání a žáci vojenských učilišť. Tiskne 1.VKÚ Praha.

VC 13299

Nomogram pro určování vzájemné viditelnosti bodů na mapě 1:100 000

(se zřetelem na zakřivení země a refrakci)

Pro vzdálenosti do 50 km
Pro výškové úhly zorného paprsku do 2° 52'



Nadmořská výška v metrech

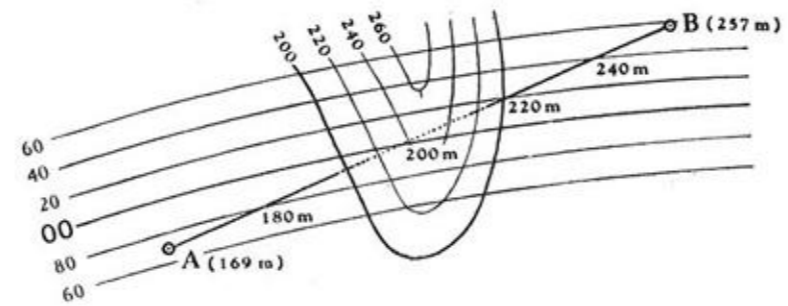
Návod k použití:

Přiložte nomogram v libovolné poloze na mapu tak, aby oba body A, B, podle svých nadmořských výšek, ležely na příslušných (případně odhadem interpolovaných) křivkách, jež odpovídají vrstevnicím mapy měřítka 1:100 000. Stovky metrů zvolte podle potřeby.

Narýsujte spojnicí bodů A, B na mapu nebo na nomogram.

Průsečíky této spojnice s křivkami nomogramu udávají nadmořské výšky zorného paprsku v mezilehlých bodech se zřetelem k zakřivení země a refrakci paprsku.

Porovnáním výšek zorného paprsku s výškami terénu na mapě zjistíte, zda paprsek probíhá stále nad terénem, nebo zda je v některém místě terénem přerušen.



Nomogramu lze též použít pro přibližné určení vzájemného převýšení dvou bodů, známe-li jejich vzdálenost a výškový úhel zorného paprsku.

Bod s nižší nadmořskou výškou nastavte na počátek (levý dolní roh nomogramu).

Spojte počátek s ryskou na okraji nomogramu odpovídající výškovému úhlu zorného paprsku.

Na této spojnici vyneste od počátku danou vzdálenost a v koncovém bodě úsečky určíte z křivek nomogramu hledané převýšení.

O B S A H

Inženýr podplukovník RNDr Jiří Kousal: Vojensko-geografické hodnocení terénu (Vojenská geomorfologie)	451
Inženýr kapitán Ing. Zdeněk Bayer: Elektronkové měření délek v geodesii	469
Kand. techn. věd V. A. Veličko, V. P. Vasiljev, V. V. Golosov: Měření vzdáleností elektronicko-optickým dálkoměrem a určení rychlosti světla	503
Ing. Vladimír Krátký: Příspěvek k praktickému překreslování	518
Inženýr plukovník Ing. Vratislav Vlach, VTAZ Brno: Vojenské topografické mapy Francie	530
Technik major Josef Vlastník: Lihový rozmnožovač LR-54 a jeho využití	556
Inženýr kapitán Ing. Erhart Srnka, VTA AZ Brno: Nomoqram pro určování vzájemné viditelnosti bodů v terénu se zřetelem na zakřivení Země a refrakci zorného paprsku	562