



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(22) Přihlášeno 14 12 76
(21) (PV 8152-76)

(40) Zveřejněno 31 07 79

(45) Vydáno 15 07 81

196658
(11) (B1)

(51) Int. Cl.
G 01 C 11/00,
G 01 C 21/24

(75)

Autor vynálezu

KABELÁČ JOSEF, ing. CSc., PRAHA

(54) Způsob budování geodetických základů zaměřováním na vysoké cíle

Vynález řeší nový způsob budování geodetických základů na území, kde tyto neexistují, nebo způsob kontroly již vybudovaných základních geodetických sítí, metodou zaměřování na vysoké cíle.

Po vypuštění umělých družic Země byly vybudovány kontinuální síť a síť celosvětová o délce stran 1000—5000 km. Aby bylo možno do této sítě vložit stávající geodetickou základní síť 1. řadu o délce stran okolo 30 km, tedy nepoměrně menší, je žádoucí zřízení sítě 0. řádu, k jejímuž budování slouží způsob zaměřování na vysoké cíle. Dosud se jako cílů používá balónů. Nedostatkem tohoto postupu je vysoká závislost na stavu atmosféry, neboť trajektorie balónu je dána směrem a rychlostí větru v různých nadmořských výškách. Je tedy žádoucí důkladná předběžná znalost stavu atmosféry a z toho vyplývající volba místa vypouštění balónu, neboť je nutné, aby k vlastnímu měření došlo v určité poloze balónu v prostoru, který je optimální vůči pozemním stanicím. Metoda měření na balóny plní tento požadavek jen částečně a nedokonale. Operativnost i plánovitost pokusu je rovněž omezena.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny způsobem budování geodetických základů zaměřováním na vysoké cíle podle vynálezu pozemními stanicemi, na nichž se umístí fotografické komory, z nichž nejméně jedna je opatřena zařízením pro registraci času, jehož podstatou je to, že po stano-

vené dráze za tmy létá střídavě v obou směrech letadlo, na jehož špičce se umístí světelné zábleskové zařízení s definovanou délkou záblesku a dobou mezi záblesky, dále se v časovém období měření z údajů meteorologických radiosond vypracují hydrodynamické diagramy pro určení paralaktické refrakce, přičemž fotografické komory se zaměří pomocí astronomického azimutu a zenitové vzdálenosti na společný bod ležící na letové dráze, a dále před vstupem letadla do zorného pole se otevře uzávěrka fotografických komor a exponuje se řada bodů záblesků, z nichž alespoň jeden se během expozice vynechá, a po přeletu letadla se ještě exponují hvězdy, potom se fotografické komory zaměří na další společný bod na letové dráze a expozice záblesků a hvězd se opakuje, a dále se astronomické snímky vyhodnocují porovnáním změřených ideálních souřadnic hvězd a jejich katalogovými ideálními souřadnicemi, a ze získaných diferencí se sestrojí chybová pole na plochách snímků a s pomocí těchto údajů se definuje směr spojnice pozemních stanic.

Dále je podle vynálezu účelné, jestliže letová dráha se stanoví kolmo na střed spojnice pozemních stanic.

Dále je výhodné, jestliže se letová dráha stanoví rovnoběžně se spojnicí pozemních stanic.

Rovněž je dále výhodné, jestliže se z pozemních stanic provedou laserová měření vzdálenosti letadla

od pozemních stanic, pro určení vzájemné vzdálenosti pozemních stanic.

Použitím letadel je především zvýšena operativnost a plánovitost přípravy a vlastního měření. Doba přípravy a měření je zkrácena na minimum, jež je možné v současnosti. Letová čára je stanovena tak, aby se cíl (záblesky na špičce letadla) nacházel v době měření v optimální poloze v prostoru vůči pozemním stanicím. Přelety je možno libovolně opakovat s přesností ± 1 min v čase a ± 500 m v prostoru. Změny letových prvků, světelných režimů apod. je možno provádět bezprostředně a okamžitě. Po teoretické stránce číselné vymodelování stavu atmosféry je nejbližší skutečností a ze známých metod nejdokonalejší. Nový způsob vyhodnocení astronomických snímků dovoluje podchytit i místní deformace a zvýšit přesnost na úkor vlivu srážky fotomateriálu, chyb v polohách hvězd apod.

Výsledkem je směr spojnice dvou pozemních stanic. S užitím jiných potřebných zařízení na letadle (laserové odražeče apod.) a na stanicích (laser apod.) je možno získat i délku této spojnice, popřípadě jiné geometrické charakteristiky.

Proměřením vícero spojnic je vytvořena síť o délce stran 100 až 150 km, daných směrově, popřípadě i rozměrově. Délky, kromě laserových měření, je možno zjišťovat i pozemním měřením pomocí dálkoměrů a jinými způsoby. Nejvhodnější je způsob prostorových polygonů.

Z ekonomického hlediska je předložený způsob budování sítí 0. řádu (budování geodetických základů) nepoměrně vhodnější než způsob klasického budování základní triangulační sítě, a to z hlediska časových nároků, finančních prostředků i nároků na počet osob.

Podstata vynálezu je objasněna pomocí přiložených výkresů, kde:

- na obr. 1 je nakresleno schéma k zaměření směru dvou bodů sítě,
- na obr. 2 je nakresleno zábleskové zařízení a přijímací časové zařízení,
- na obr. 3 jsou znázorněny hydrodynamické diagramy a
- na obr. 4 je znázorněno stanovení paralaktické refrakce.

Body **A** a **B** značí pozemní stanice, na nichž se nacházejí fotokomory. Na stanici v bodu **A**, která je řídicí stanicí, je rovněž umístěno elektrooptické zařízení pro registraci času záblesků na chronografu. Bod **R** je stanoviště řídicího letu. Letová dráha **I**, po níž se pohybuje letadlo, je kolmé na úsečku **A, B** a prochází jejím středem **O** ve výšce **h** nad mořem. Na letové dráze **I** se nacházejí dále body **X, 1, 2, Y**. Vzdálenost bodů **1** a **2** od středu **O** je rovna výšce **h**, což je optimální pro řešení dané úlohy. Silně vyznačené úsečky v okolí bodů **1** a **2** značí oblasti, v nichž jsou prováděna vlastní měření, tj. fotografie záblesků na pozadí hvězdného nebe. Body **X** a **Y** značí konec přímé dráhy letu, v nichž letec zahajuje a končí obrát do protisměru po smyčkách **s₁** a **s₂**. Čárkovaná čára, opatřená

šipkami značí telefonní spojení mezi řídicí stanicí a řídicím letu a tečkovaná čára se šipkami značí radiové spojení mezi řídicím letu a letcem. Rovněž mezi body **B** a **R** je vhodné telefonní spojení. Směr označený **N** značí směr k zeměpisnému astronomickému severu a úhly **a₁^A, a₂^A, a₁^B, a₂^B** astronomické azimuty záměr z bodu **A** na body **1** a **2**, resp. z bodu **B** na body **1** a **2**. Týmž záměram přísluší zenitové vzdálenosti **z₁^A, z₂^A, z₁^B, z₂^B**. Azimuty a zenitové vzdálenosti jsou předem spočteny.

V případě, že jsou prováděna i délková měření, je vhodné je provést v okolí středu **O**.

Dále je předem určena rychlost letu, a to postupná v m/s a i úhlová ve stupních/s při pohledu z bodů **A** a **B** na letoun v bodech **1, 0, 2**.

Na obr. 2 je schematicky zachyceno zábleskové zařízení **ZZ**, jež se nachází na palubě letadla a jež je opatřeno časovou základnou. Neonové výbojky **Z** jsou umístěny na špičce letadla. Délka záblesku je 0,8 ms a jsou vysílány po 2 s s přesností 1 ms. Jsou snímány fotografickou komorou **E**, v jejímž ohnisku je fotonásobič **F**, převádějící světelný impuls na elektrický. Časová registrace je uskutečněna na chronografu **CH**. **Z1, Z2, Z3** jsou potřebné elektrické zdroje, **2** je radiopřijímač a **A** je kontrolní mikroampérmetr.

Na obr. 3 představují plné lomené čáry hydrodynamické diagramy získané z meteorologických radiosond v 18 h SČ a ve 25 h SČ v den měření a čárkovaná čára hydrodynamický diagram vyinterpolovaný z prvních dvou pro čas měření SČ. Na vodorovné ose je teplota ve stupních Celsia, na levé svislé ose výška v km a na pravé svislé ose tlak v milibarech. Vodorovné silnější úsečky představují nadmořské výšky pozemních stanic v bodech **A, B** a letadla **1**.

Na obr. 4 úhel **R** značí paralaktickou refrakci, což je úhel mezi směrem na hvězdu **H** a na cíl **C** (záblesk). Stanice je umístěna v bodu **A**.

Konkrétní provedení celého způsobu spočívá v následujícím postupu. Podle předem připraveného pozorovacího programu, který tento postup plně poskytuje, jsou komory zaměřeny pomocí astronomického azimutu a zenitové vzdálenosti na společný bod, příkladně na bod **2** (viz obr. 1). Letadlo **1** vystoupí do bodu **X**, hlásí svou polohu a rozsvítí světlo. Jeho let směřuje z bodu **X** na body **1, 0, 2** a **Y**. Před bodem **0** se vypne světlo a zapnou záblesky. Záblesky vytvářejí pravidelnou řadu světelných bodů. Upřesnění v navedení na letovou dráhu **I** je možno provést jen ve vertikální rovině. Před vstupem letadlo **1** do zorného pole (v blízkosti vnitřního koncového bodu úsečky bodu **2**) je otevřena uzávěrka komor a exponuje se řada bodů záblesků. Pro jednoznačnou identifikaci a vzájemné přiřazení odpovídajících si záblesků na snímcích obou komor, se uprostřed přeletu záblesky přeruší vypnutím zábleskového zařízení asi na 4 s. Po výstupu letadla **1** ze zorného pole se záblesky vypnou. Letadlo **1** dále vstupuje do smyčky **s₂**, pokračuje ve směru **Y, 2, 0** na bod **1**. Fotografické komory po přeletu letadla **1** bodem **2** pokračují

po určitou dobu v expozici hvězd, poté jsou nastaveny na bod 1 a měřicí proces se opakuje. Jsou-li také měřeny vzdálenosti, opakuje se proces v okolí bodu 0. Během jednoho vzletu jsou uskutečněny asi tři přelety bodem 1 a tři přelety bodem 2, anebo šest přeletů bodem 0. Časový interval mezi měřeními je 6 až 8 min. Dobrá expozice hvězd je závislá na použitých komorách, tj. na metodě sledování hvězd a na jejich optické mohutnosti. Způsob měření je možno podstatně zdokonalit, jestliže by se na jedné pozemní stanici či na obou pozemních stanicích nacházely dvě fotografické komory; jedna v pevném režimu s časovou registrací hvězd a druhá v režimu sledování hvězd s časovým fotoelektrickým zařízením. Je tak možno mluvit o dvou nezávislých postupech, jež podstatně zvýší objektivnost výsledků. Režim letů a polohu letové dráhy I je možno měnit a přizpůsobit podmínkám měření. Vhodným se jeví určit dvě letové dráhy I rovnoběžné se spojnicí A, B z obr. 1, jejichž vzdálenosti od ní jsou rovny výšce h letu.

Časové fotografické zařízení je schematicky znázorněno na obr. 2. Udává časy záblesků, které jsou společné pro obě pozemní stanice. Tím je zajištěna nutná současnost. Výsledné časy s přesností ± 1 ms vstupují do výpočtu hodinového greenwichského úhlu.

Z diagramů obr. 3 jsou odečteny výšky, jim odpovídající teploty a tlaky. Z nich jsou určeny indexy lomů vzduchu (n daných výškách), které společně se zenitovou vzdáleností záměr na cíle udávají zakřivení paprsku mezi stanicí a cílem. Vypočtou se diferenciální úhly $d\eta$ z obr. 4 a postupnou numerickou integrací úhel η mezi tečnou t k paprsku v bodě A, resp. B stanice a přímou spojnici stanice (A, resp. B) cíl C. Pomocí něho je určena paralaktická refrakce R ze vztahu:

$$\bar{R} = R_{\infty} - \eta,$$

kde R — je astronomická refrakce hvězdy a η je

$$\eta = \sum_{i=1}^n d\eta_i,$$

kde n je počet vrstev, do kterých byla atmosféra rozložena.

Nový způsob vyhodnocení astronomických snímků pozůstává v tom, že změřené ideální souřadnice hvězd porovnáváme s ideálními souřadnicemi týchž opěrných hvězd, které jsou však zjištěny z přesných katalogových poloh. Tím získáváme diferencí Δi pro i -tou hvězdu. Stejně tak získáváme difference pro všechna $i = 1, 2, \dots, n$, kde n je počet opěrných hvězd. Tím je vytvořeno chybové pole na ploše snímku, na níž leží obrazy cílů a opěrných hvězd. Dále se zkonstruuí izočáry stejných diferencí Δ . Početně — grafickým způsobem — se vyinterpolují příslušné Δ_j pro j -tý cíl, kde $j = 1, 2, \dots, m$ a m je počet vyhodnocených cílů.

Další postup nevybočuje z obvykle užívaných.

Výsledkem je směr, popřípadě i délka spojnice A, B pozemních stanic.

Uvedený způsob podává v plné celistvosti postup pro zjištění směru (i délky) spojnice dvou pozemních stanic pomocí letadla. Rovněž jsou uvedeny dokonalejší postupy matematického podchyčení systematických vlivů, jež nejvíce zatěžovaly uvedenou metodu (paralaktická refrakce a vyhodnocení snímků). Způsob je možno aplikovat i do vzdálenosti nad 150 km. Může se použít pro kontrolu stávajících geodetických sítí i pro budování sítí na území bez geodetických základů. Metoda rovněž dovoluje rychlý přenos výšek přímo na vzdálenost proměřovaných spojnic. V případě, že bychom se spokojili jen s astronomickým azimutem a, postačí provést směrové měření jen v okolí bodu 0. Měřitko sítě možno zjistit z laserových nebo radiotechnických měření, popřípadě proměřením prostorového polygonu v trojrozměrném prostoru, neboť předložený způsob vyhovuje plně pojetí trojrozměrné geodézie.

Aplikaci je možno najít i v letectví, neboť výsledky měření podávají přesnou polohu cíle (záblesku) a tudíž i letadla v prostoru. Společně s přesně přiřazeným časem dává předložený způsob možnost ověření navigačních polohopisných a výškopisných přístrojů a možnost oceňování rychloměrů s přesností, které v letectví nebylo nikdy dosaženo.

V meteorologii kontroluje uvedený způsob údaje meteorologických radiosond.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob budování geodetických základů zaměřováním na vysoké cíle, při němž se na pozemních stanicích umístí fotografické komory, z nichž nejméně jedna je opatřena zařízením pro registraci času, vyznačený tím, že po stanovené letové dráze za tmý létá střídavě v obou směrech letadlo, na jehož špičce umístěné světelné zábleskové zařízení vydává záblesky s definovanou délkou záblesku a dobou mezi záblesky, dále se v časovém období měření z údajů meteorologických radiosond vypracují hydrodynamické diagramy pro určení paralaktické refrakce, přičemž fotografické komory se zaměří pomocí astronomického azimutu a zenitové vzdálenosti na společný bod ležící na letové dráze,

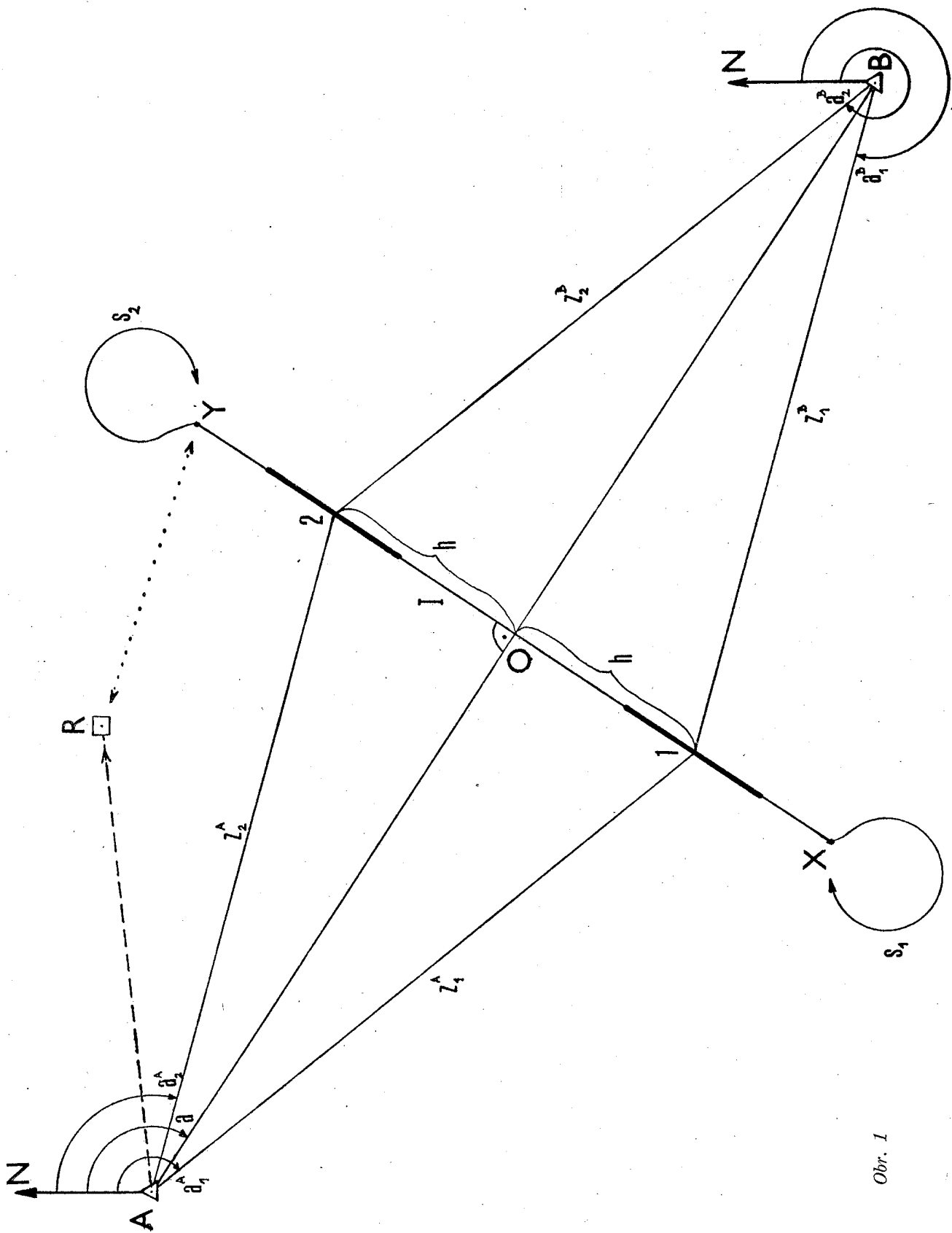
načež před vstupem letadla do zorného pole se otevře uzávěrka fotografických komor a exponuje se řada bodů záblesků, z nichž alespoň jeden se během expozice vynechá, a po přeletu letadla se ještě naexponují hvězdy, potom se fotografické komory zaměří na další společný bod na letové dráze a expozice záblesků a hvězd se opakuje, a dále se astronomické snímky vyhodnocují porovnáním změřených ideálních souřadnic hvězd s jejich katalogovými ideálními souřadnicemi, ze získaných diferencí se sestrojí chybová pole na plochách snímků a s pomocí těchto údajů se definuje směr spojnice pozemních stanic.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že letová dráha je kolmo na střed spojnice pozemních stanic.

3. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že letová dráha se stanoví rovnoběžně se spojnicí pozemních stanic.

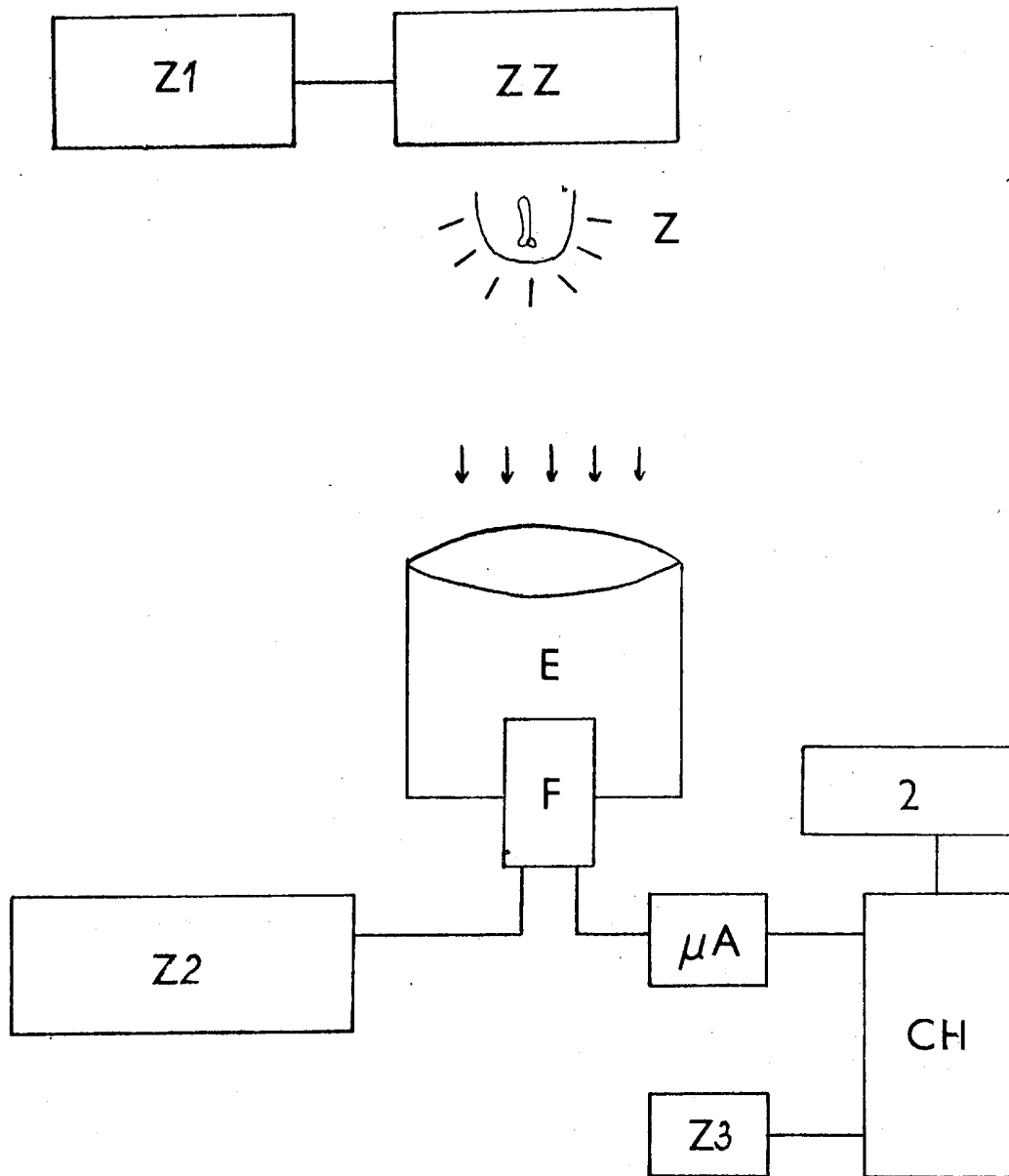
4. Způsob podle bodů 1 až 3, vyznačený tím, že z pozemních stanic se změří laserem vzdálenost letadla od pozemních stanic pro určení vzájemné vzdálenosti pozemních stanic.

196658



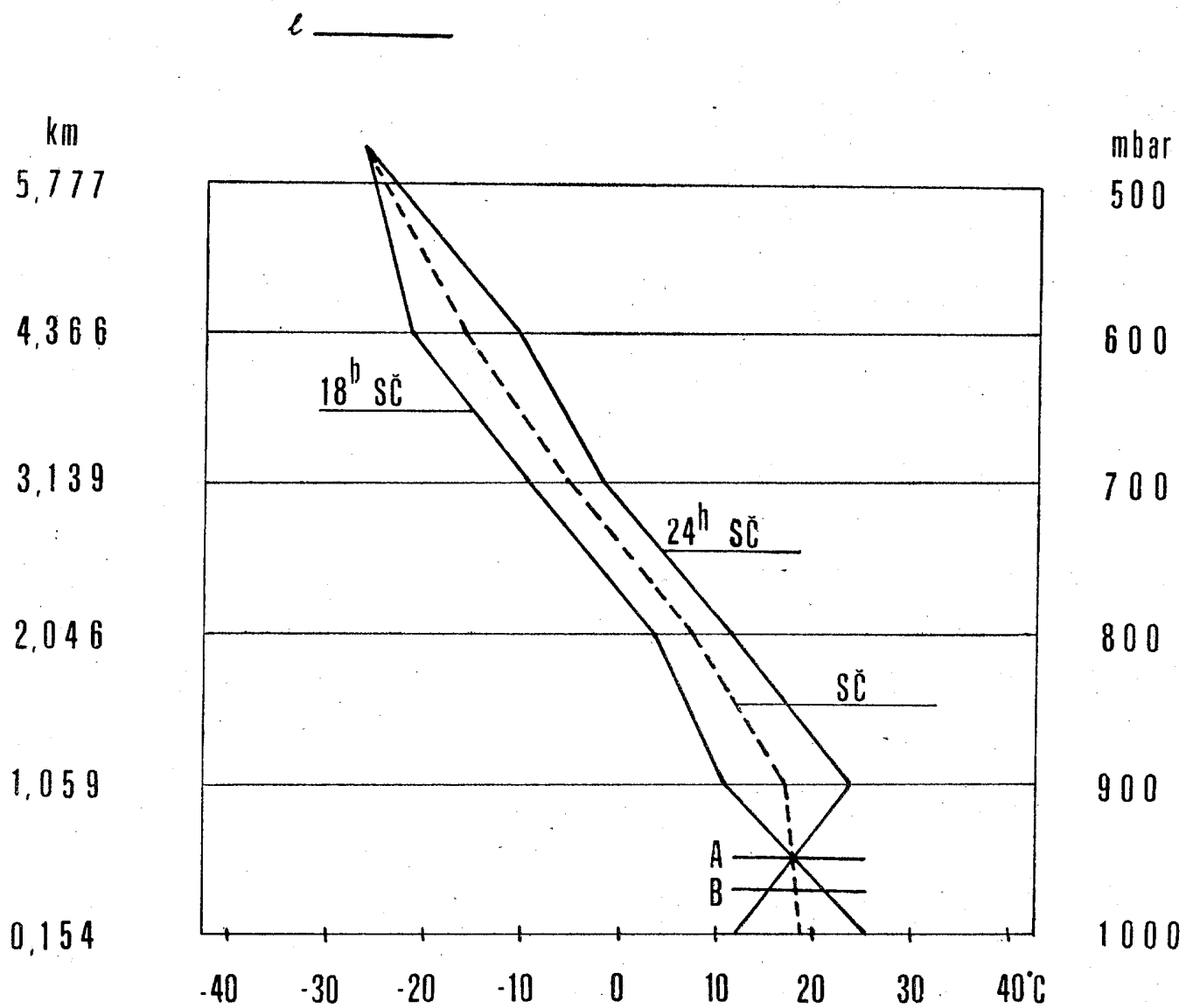
Obr. 1

196658

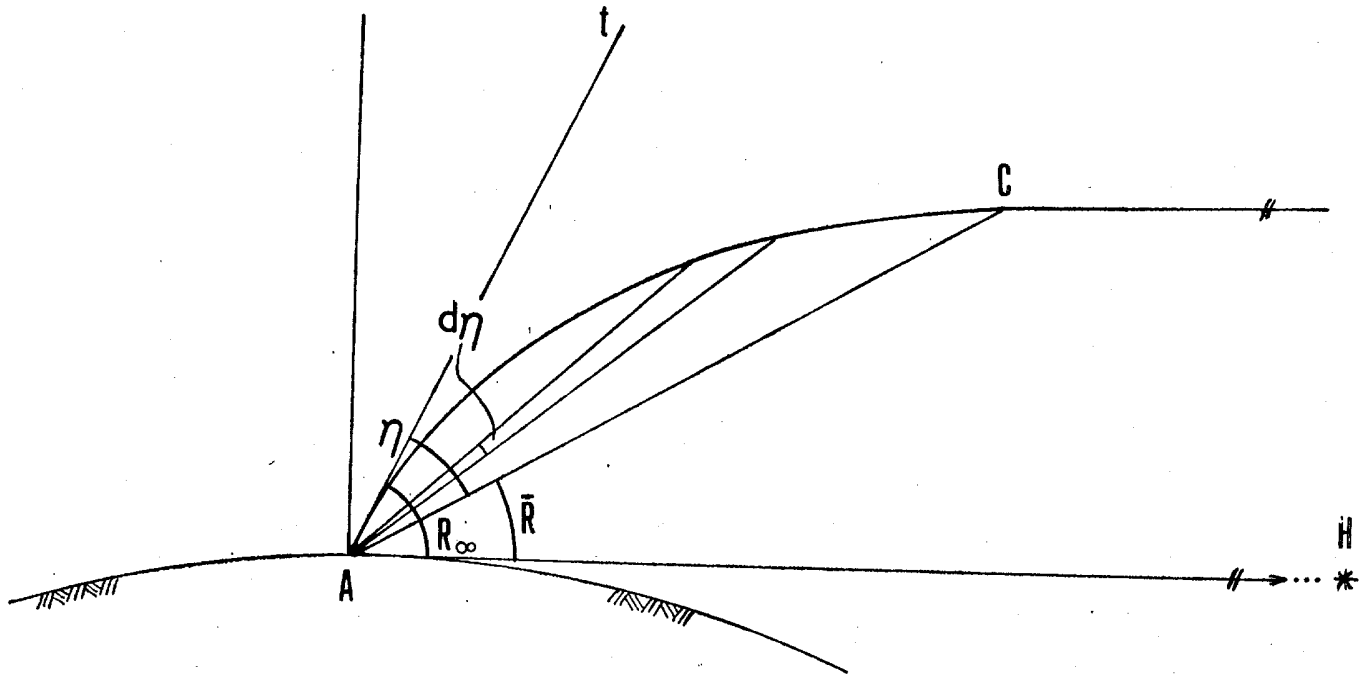


Obr. 2

196658



Obr. 3



Obr. 4