ZEMĚMĚŘIČSKÝ OBZOR SIA

ROČNÍK 5/32 PRAHA, 25. DUBNA 1944 ČÍSLO 4

Theorie a určení chyby z nepravidelnosti čepů dalekohledu u theodolitu.

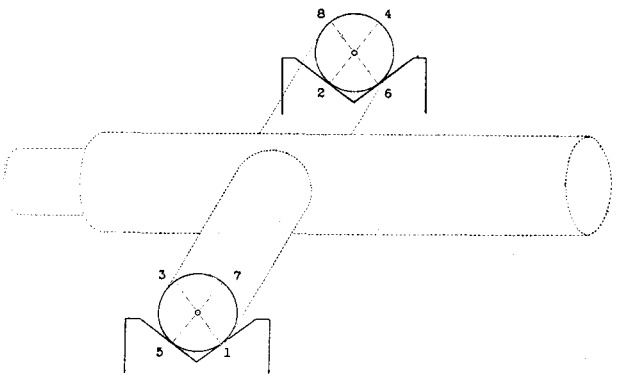
Ing. KAREL KUČERA, Praha.

526.33:681.2(01)

Vliv bodové nepravidelnosti čepu na vodorovný směr se zřetelem k výšce záměry. Přechod od nepravidelnosti bodové k funkcionální se stanovením vhodné náhradní křivky. Methoda zkoušky založená na proměření ideální svislice ve výškovém segmentu ($h = +3^0$, $h = -3^0$). Ideální svislice jakožto střední poloha struny zatížené a upevněné v závěsu otočném o 180°. Stanovení váhy zkušebního měření se zřetelem k žádané přesnosti korekce pro měřený úhel. Střední chyba z vertikální ustanovky vedlejším produktem zkoušky čepů. Příklad s výpočtem.

1. W. Uhink ve svém pojednání[1]) uveřejnil methodu přímého proměřování profilu jednotlivých čepů astronomických přístrojů. Při zkoušce se čep dotýkal dvěma místy svého ložiska a třetím místem volného zaobleného břitu, jehož pohyb se přenášel na libelu. Účinnost tohoto zařízení jest taková, že jednomu dílku použité libely o citlivosti 5,29″ odpovídá vychýlení břitu o 0,64 μ. Z výsledků pozorování se výpočtem určil tvar každého čepu v rozsahu 360° a z něho pak korekce směrová.

Tato methoda jest úměrná požadavkům kladeným na čepy astronomických přístrojů, t. j. nutnosti používání jejich celého obvodu. Její výhodou je poznání



Obr. 1.

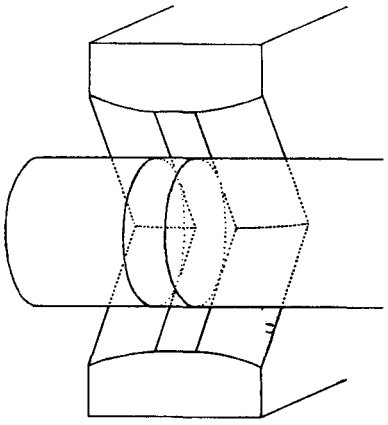
tvaru čepů, a to každého zvlášť. Za nevýhodu bylo by možno označiti skutečnost, že je nutno nasaditi břit přesně na profil procházející oběma dotykovými místy ložiska. Přísně vzato však nemusí tato místa (na příklad *1, 5* na **obr. 1**) býti v jediném kolmém řezu k ose čepového válce. V tom případě by se nález mohl do jisté míry vzdalovati skutečnosti.

Zmíněná methoda odhalila několik zajímavostí. Byl naměřen maximální rozdíl mezi »vrcholkem« a »údolím« 4,5 μ u čepu menší tvrdosti a 1,6 μ u čepu tvrdšího. Byl zjištěn zvláštní souběžný pohyb obou čepů nepodmíněný jejich tvarem, který však nemá znatelného vlivu na směr točné osy.

[1]) W. Uhink, »Über die Bestimmung der Zapfenform bei astronomischen Instrumenten und ihren Einfluss auf die Beobachtungsergebnisse« — *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, roč. 1934, str. 205 až 220.

Pro dalekohledové čepy theodolitu určeného pro měření vodorovných úhlů nebyl by tento postup účelný.

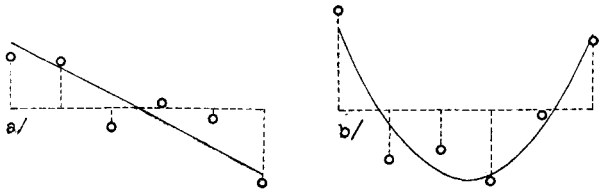
2. Nepravidelnost čepů vyvolává poměrně malou, avšak tím závažnou chybu vodorovného směru, že je



Obr. 2.

v pravém slova smyslu pro určitý výškový úhel stálá. Měření sebe vícekráte opakované je jí stále stejně zasaženo.

Výsledná chyba vodorovného směru z obou poloh dalekohledu je produktem nepravidelností celkem osmi míst povrchu čepů. Jsou to místa (viz obr. 1)

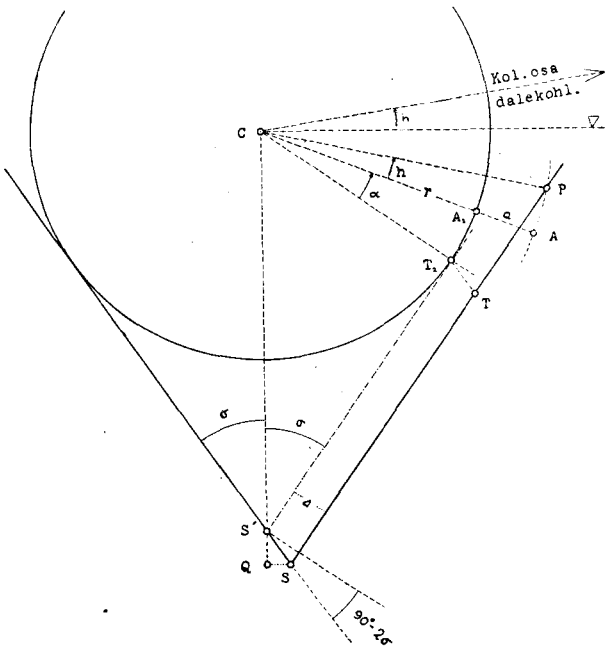


Obr. 3.

1, 2, 5, 6 pro polohu I. a *a 3, 4, 7, 8* pro polohu II. Válcový čep ocelový se v nich dotýká bronzových zaoblených stěn ložisek jedinou kružnicí, přesněji řečeno velmi úzkým proužkem (viz **obr. 2**). Tuto chybu chceme zjistiti zkouškou, jejíž methodu později propracujeme. Předem prohlásíme zájem na oněch osmi čepových segmentech odpovídajících svislému pohybu dalekohledu v mezích od $h = -3^0$ do $h = +3^0$. To

značí, že zkoušku uzpůsobíme pro výškové poměry naskýtající se při triangulaci na dlouhé a střední vzdálenosti, kde je zdůrazněna otázka přesnosti. Výsledky informativních zkoušek nasvědčovaly tomu, že chyba z čepů ve vodorovném směru z obou poloh dalekohledu připomíná typ $A + Bx$ a $A + Bx + Cx^2$ (viz **obr.** 3) a má rozkyv kolem 0,5″. Po této zkušenosti se budeme věnovati theorii chyby, abychom dospěli k nejvhodnější methodě zkoušky.

3. K vyšetření pojmu nepravidelnosti vyjděme z ideálně kruhového válce dotýkajícího se ložiska



Obr. 4.

jedinou kružnicí. Na **obraze 4**, při vodorovném dalekohledu v první poloze (▽), by se normálně dotýkal čep přední stěny pravého ložiska v bodě T. Měl by se tedy celý čep posunouti podél zadní stěny ložiska o vzdálenost $\overline{T_1 T}$. Představme si však (bez zřetele na neprostupnost ložiska), že dokonalost kružnice je porušena v místě A_1 (a nikde jinde) vzdáleném od T_1 o úhel α, kde bod kružnice vystoupil ve směru normály do vzdálenosti a od středu kružnice do polohy A. Otočením dalekohledu ve směru svislém o úhel h, přejde bod A do polohy P. Tím je čep donucen setrvati v poloze znázorněné v obrazci 4. Tato poloha je charakterisována vzdáleností bodu T_1 od ložiska

$$\Delta = (r + a) \cos (\alpha + h) - r \qquad (1')$$

nevykonaným posunem

$$\overline{T_1 T} = \overline{S' S} = \frac{\Delta}{\cos (90^0 - 2\sigma)} \qquad (2)$$

a horizontální složkou tohoto posunu

$$\overline{Q S} = \overline{S' S} \,.\, \sin \sigma = \frac{\Delta}{2 \cos \sigma} \qquad (3)$$

která způsobí odchýlení celého dalekohledu a tím chybu

$$\text{arc}\, y = \frac{\overline{Q S}}{D} = \frac{\Delta}{2 D \cos \sigma} \qquad (4')$$

ve vodorovném směru, značí-li D vzdálenost mezi oběma ložisky.

Za relativně malé veličiny považujeme a a h; a proto, že při čepech dalekohledu máme co činiti s kvalitním zpracováním ušlechtilého kovu, h pak z důvodu uvedeného již na začátku. Povšimněme si, že pojem nepravidelnosti čepu, jak jej doposud vymezujeme, má smysl jen pokud je a kladné. Kdyby se bod A_1 „vnořil" do čepu, nepřihodí se nic, co by zabránilo, aby čep zaujal svou správnou (normální) polohu. Dále je důležité, že vzdálenost Δ je veličinou proměnnou, jen pokud se čep opírá o stěnu ložiska bodem P. Jakmile čep při jistém h dosedne v bodě T, jest $\Delta = 0$ a na této hodnotě se zastaví. To nás zavazuje používat rovnici (1′) jen pro takové hodnoty argumentu h, které vyhovují podmínce $\Delta \geqq 0$, čili [srovn. rovn. (1′)]:

$$\Delta = a \cos (\alpha + h) - r\, [1 - \cos (\alpha + h)] \geqq 0$$

Je zřejmé, že nerovnost bude splněna jen tehdy, když činitel $\cos (\alpha + h)$ bude velmi blízký *1*. K řadě relativně malých veličin a, h přistupuje tedy za odlišných okolností ještě úhel α, čímž je vyjádřena důležitá skutečnost, že porucha čepu příliš vzdálená místu normálního dotyku s ložiskem nemá možnost se projeviti.

Po tomto zjištění a po zavedení stupňové míry pro úhly α a h nabude hořejší nerovnost tvaru

$$\Delta = a - \frac{r}{2 (\varrho^0)^2} (\alpha + h)^2 \geqq 0 \qquad (1'')$$

a rovnice (4′) přejde po zavedení vteřinové míry pro y ve tvar

$$y = \frac{\varrho'' r}{2 D \cos \sigma \,.\, 2 (\varrho^0)^2} \left[2 (\varrho^0)^2 \frac{a}{r} - (\alpha + h)^2 \right] \geqq 0$$

nebo též

$$y = \frac{5 \pi r}{D \cos \sigma} \left[2 (\varrho^0)^2 \frac{a}{r} - (\alpha + h)^2 \right] \geqq 0 \qquad (4'')$$

s platností pro h ležící v mezích

$$-\left(\varrho^0 \sqrt{2 \frac{a}{r}} + \alpha\right), \quad \left(\varrho^0 \sqrt{2 \frac{a}{r}} - \alpha\right)$$

to jest na úseku

$$\Delta_h = 2 \varrho^0 \sqrt{2 \frac{a}{r}} \qquad (5)$$

Funkce y jest částí paraboly mající v oblasti Δ_h vždy maximum, a to pro $h = -\alpha$ velikosti

$$y_{max} = \frac{10 \pi (\varrho^0)^2}{D \cos \sigma} \,.\, a \qquad (6)$$

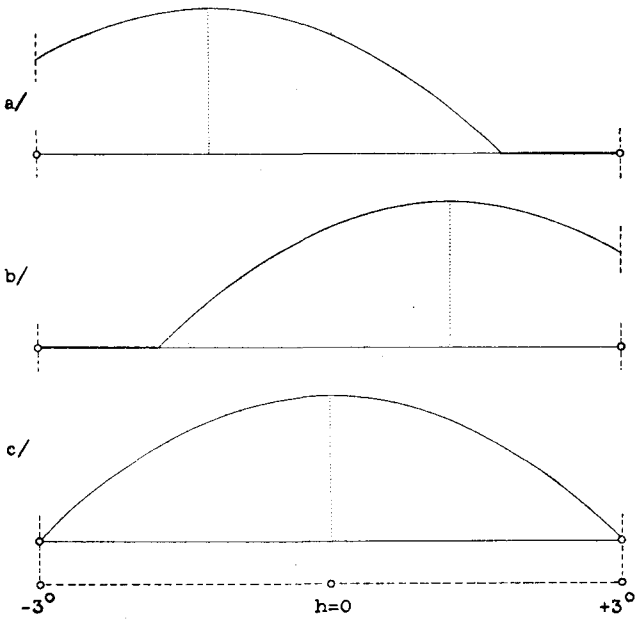
Může tedy míti podobu **obr. 5a** pro $\alpha > 0$, **obr. 5b** pro $\alpha < 0$ a ve vzácném případě obr. 5c pro $\alpha = 0$. Tvar tedy připomíná výsledky informativních zkoušek jen v ojedinělém případě a je třeba dokázati, že tyto zkoušky nejsou náhodným splněním případu

z obr. 5c. Proto stanovíme rozkyv vyloučením α z rovnic (5) a (6), čímž dostaneme vztah

$$y_{max} = \frac{10\,\pi\,r}{8\,D\cos\sigma}\,\Delta_h^2 \qquad (7)$$

Zkoušky se vyznačovaly těmito údaji: $\Delta_h = 6^0$; pro uvažovaný theodolit jest $r = 8{,}92$ mm, $D = 199$ mm, $\sigma = 45^0$. Musilo by tedy býti $y_{max} = 4{,}49''$, naměřeno však bylo $0{,}5''$.

Z toho plyne, že ojedinělá bodová (nebo prakticky bodová) nepravidelnost na jediném z osmi dotykových míst čepů není příčinou nalezené empirické funkce.



Obr. 5.

4. Tím, že se nepravidelnost fakticky projevila jako funkce procházející celým úsekem Δ_h a vzhledem k důležité okolnosti, že nejde o ojedinělou poruchu bodovou, dospějeme k pojmu nepravidelnosti vytvořené množstvím bodů sledujících spojitou funkci

$$a = r\,.\,f(\alpha) \qquad (8)$$

Úhel α se tak stává parametrem soustavy čar, kterou nyní představuje rovnice

$$y = \frac{5\,\pi\,r}{D\cos\sigma}\left[\,2\,(\varrho^0)^2 f(\alpha) - (\alpha + h)^2\right] \qquad (4''')$$

Její derivace podle α jest

$$f'(\alpha) = \frac{\alpha + h}{(\varrho^0)^2} \qquad (9')$$

Vyloučením α z rovnic (4‴) a (9′) bychom získali obalovou čáru systému, to jest hledanou chybu z nepravidelnosti čepu. Abychom mohli provésti obecné řešení, vyjádříme povrchovou nepravidelnost čepu goniometrickou řadou Fourierovou

$$f(\alpha) = b + b_1\cos\alpha + b_2\cos 2\,\alpha + b_3\cos 3\,\alpha + \ldots + c_1\sin\alpha + c_2\sin 2\,\alpha + c_3\sin 3\,\alpha + \ldots$$

V odstavci 2. bylo ukázáno, že pro chybu z čepů přichází v úvahu jen α relativně malé. To dovoluje zjednodušení:

$$\begin{aligned} f(\alpha) &= b + b_1\left(1 - \frac{\alpha^2}{2}\right) + b_2\left(1 - 4\,\frac{\alpha^2}{2}\right) + b_3\left(1 - 9\,\frac{\alpha^2}{2}\right) + \ldots \\ &\quad + c_1\,\alpha + 2\,c_2\,\alpha + 3\,c_3\,\alpha + \ldots = \\ &= (b + b_1 + b_2 + b_3 + \ldots) + \alpha\,(c_1 + 2\,c_2 + 3\,c_3 + \ldots) - \frac{\alpha^2}{2}\,(b_1 + 4\,b_2 + 9\,b_3 + \ldots) = \\ &= \frac{A''}{(\varrho^0)^2} + \frac{B''}{(\varrho^0)^2}\,\alpha + \frac{C''}{(\varrho^0)^2}\,\alpha^2 \end{aligned} \qquad (10)$$

Derivováním této rovnice získáme

$$f'(\alpha) = \frac{B''}{(\varrho^0)^2} + 2\,\frac{C''}{(\varrho^0)^2}\,\alpha \qquad (11)$$

Z rovnic (4‴) a (10) bude

$$y = \frac{5\,\pi\,r}{D\cos\sigma}\left[(2\,A'' - h^2) - 2\,\alpha\,(h - B'') + \alpha^2\,(2\,C'' - 1)\right] \qquad (4^{IV})$$

Z rovnic (9′) a (11) pak

$$\alpha = \frac{h - B''}{2\,C'' - 1} \qquad (9'')$$

Dosazením α do rovnice (4^{IV}) získáme

$$y = \frac{5\,\pi\,r}{D\cos\sigma}\left\{\left[2\,A''\,(2\,C'' - 1) - B''^2\right] + 2\,B''\,h - 2\,C''\,h^2\right\}\frac{1}{2\,C'' - 1}$$

Vzhledem k neurčitosti koeficientů A'', B'', C'' ztrácí zlomek před závorkou kvantitativní význam a proto můžeme funkci vyjádřiti pomocí nových koeficientů takto:

$$y = A' + B'\,h + C'\,h^2 \qquad (4^{V})$$

Rovnice (4^{V}) značí chybu ve v o d o r o v n é m směru způsobenou funkcionální nepravidelností čepu v místě *1* (viz obr. 1). Jelikož je těchto míst pro směr z obou poloh osm, bude úhrnná chyba

$$[y] = [A'] + [B']\,h + [c']\,h^2$$

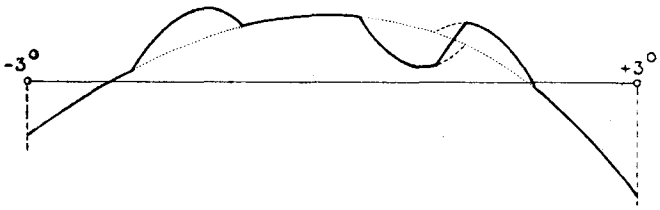
a po zavedení nových koeficientů ve tvaru vhodném pro předvídanou budoucí substituci

$$y = A + \frac{B}{3}\,h + \frac{C}{9}\,h^2 \qquad (4^{VI})$$

Tím je prokázána vhodnost racionální funkce celistvé stupně druhého k vyjádření stálé chyby ze spojité nepravidelnosti čepů. Zároveň byl podán důkaz, že mezi jejími koeficienty není (a priori) závislosti.[2])

[2]) Jelikož má chybová funkce obecný tvar, bude jí lze vyjádřiti i případ, kterým mohl být zakončen odstavec 3., totiž bodové nepravidelnosti na více, případně na všech osmi dotykových místech čepů.

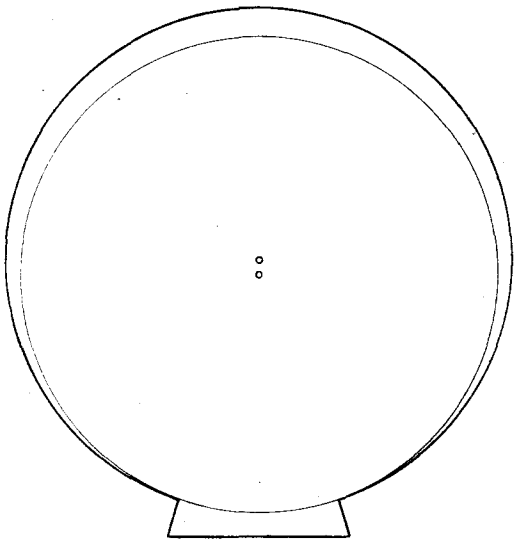
5. Nyní se vrátíme k pojmu bodové nepravidelnosti. Jest možno i dále předpokládati, že nad kontinuitou čepového povrchu vynikají nepatrné bodové poruchy *a*, které vyvolají na dotykových místech *1, 2, 3, 4* čepů (z obr. 1) kladné segmenty parabol nad rovněž nepatrnými úseky Δ_h z rovnice (5) a na místech *5, 6, 7, 8* záporné segmenty. Do všech důsledků uvážená chyba z nepravidelnosti čepů bude tedy míti tvar podle **obrazce 6.**



Obr. 6.

O složce chyby připadající na vrub bodových nepravidelností můžeme se přesvědčiti porovnáním střední chyby z rozptylu pozorování se střední chybou jednotkovou z vyrovnání na funkci *y*. Tuto složku budeme považovati za nahodilou chybu z čepů a můžeme býti připraveni na to, že se během času bude měnit, protože ložisko působí jako brus čepu a bodové nepravidelnosti odstraňuje.

Ačkoliv byla celá theorie založena na tvaru ložisek podle obrazce 1, můžeme její platnost rozšířiti na všechny typy, neboť i v kruhovém ložisku se čep konec konců dotýká dvou míst (viz **obr. 7**) vzhledem k nutné vůli, která je vždy neporovnatelně větší než rozměr nepravidelností.



Obr. 7.

6. Jelikož je chyba z čepů funkcí výškového úhlu h [viz (4^{VI})], založíme zkoušku na zaměření $s > 3$ ekvidistantních míst ideální svislice v intervalu ($h = -3^0$, $h = +3^0$). Výsledkem měření bude řada pořadnic φ. Příští výpočty zjednodušíme, když tuto řadu nahradíme odchylkami od aritmetického průměru $f = \varphi - \frac{[\varphi]}{s}$. Z téhož důvodu zavedeme substituci $h = 3\,t$, kterou zmíněný interval přejde do mezí (—1, +1). Tím získá stálá chyba z čepů konečný tvar

$$y = A + B\,t + C\,t^2 \qquad (4^{VII})$$

a naší úlohou jest určiti neznámé koeficienty *A, B, C*. Rovnice oprav budou

$$v_\nu = A + B\,t_\nu + C\,t_\nu^2 - f_\nu \qquad (12)$$

normální rovnice rozpadlé ve dvě soustavy:

$$\left.\begin{array}{lll} 1. & s\,A + [t^2]\,C = 0 \\ & [t^2]\,A + [t^4]\,C - [t^2 f] = 0 \\ \hline 2. & [t^2]\,B - [t\,f] = 0 \end{array}\right\} \qquad (13)$$

Rovnice kontrolní jest

$$[vv] = -[t\,f]\,B - [t^2 f]\,C + [ff] \qquad (14)$$

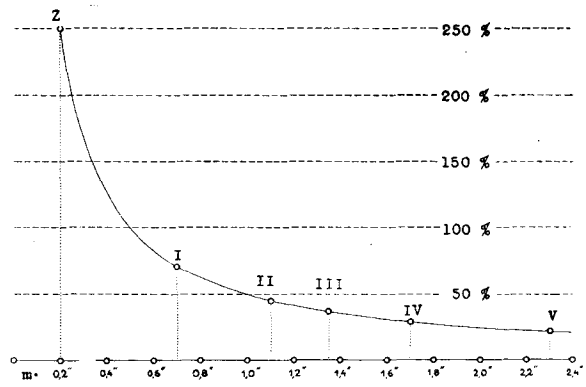
Neznámé jsou, zavedeme-li $\Delta = s\,[t^4] - [t^2]^2$

$$\left.\begin{array}{l} A = -\dfrac{[t^2]}{\Delta}\,[t^2 f] \\ B = \dfrac{1}{[t^2]}\,[t^2 f] \\ C = \dfrac{s}{\Delta}\,[t\,f] \end{array}\right\} \qquad (15)$$

Váhoví činitelé, pokud existují a pokud jich budeme potřebovati, jsou

$$\left.\begin{array}{l} Q_{22} = \dfrac{1}{[t^2]} \\ Q_{33} = \dfrac{s}{\Delta} \end{array}\right\} \qquad (16)$$

7. Již úvodem byla chyba z nepravidelnosti čepů označena za nejzákeřnější pro svou stálost. Zkoušky ukazují, že její rozkyv jest kolem 0,5″. **Obr.** 8 ukazuje, kolik procent střední chyby úhlové tento rozkyv činí. Na stupnici pro střední chybu *m* jsou vyznačeny jednotlivé řády trigonometrických sítí a základní síť (*Z*).



Obr. 8.

Jestliže se právě v trigonometrických sítích nejvyšších řádů chyba z čepů ve skutečnosti projevuje mírněji, jest co děkovati jen té okolnosti, že výškové rozdíly jsou tam vlivem velkých vzdáleností zpravidla menší, takže se celý rozkyv neuplatňuje. V hornatých polohách se však nebezpečí zvětšuje a v základnových sítích, kde se setkávají vysoké požadavky s kratšími vzdálenostmi, rovněž. Rozhodně si

chyba z nepravidelnosti čepů zaslouží, aby byla u nejpřesnějších měření napravena korekcí.

Uvažujeme-li úhel, jsou korekce pro pravý a levý směr

$$K_p = -(A + B\,t_p + C\,t_p^2)$$

$$K_l = -(A + B\,t_l + C\,t_l^2)$$

Korekce pro úhel pak jest

$$K = B\,(t_l - t_p) + C\,(t_l^2 - t_p^2)$$

čili

$$K = (t_l - t_p)\,[B + (t_l + t_p)\,C]$$

Označíme-li

$$\Delta t = t_l - t_p \quad \text{a} \quad t_l + t_p = 2\,t_0$$

bude

$$K = \Delta t\,(B + 2\,t_0\,C) \tag{17}$$

Střední chybu korekce m_K můžeme zde — vzhledem k tomu, že neznámé B, C na sobě nebyly ve vyrovnání závislé — počítati podle zákona o přenášení chyb:

$$m_K = \pm\,\mu\,\Delta t\,\sqrt{Q_{22} + 2\,t_0\,Q_{33}} \tag{18}$$

Jest tedy střední chyba m_K úhlové korekce přímo úměrná jednotkové chybě, kterou zde nahradíme střední chybou vyrovnaného směru (z vyrovnání zkušebního měření na stanovisku) μ, a výškovému rozdílu obou ramen úhlových. Mimo to roste s odlehlostí výškového těžiště t_0 obou cílů od vodorovné roviny.

Šetřením na šesti bodech základní sítě z hornatého terénu jest maximální $\Delta t = 0{,}4$ a maximální $2\,t_0 = 0{,}4$. S těmito hodnotami vychází z rovnice (18)

$$\mu^2 = \frac{m_0^2}{p} = \frac{m_K^2}{0{,}16\,(Q_{22} + 0{,}4\,Q_{33})}$$

z čehož

$$p = \left(\frac{m_0}{m_K}\right)^2 (0{,}16\,Q_{22} + 0{,}064\,Q_{33}) \tag{19'}$$

při čemž m_0 je střední chyba měřeného směru zkušebního měření. Výraz v druhé závorce se s počtem směrů s příliš nemění:

s	Hodnota výrazu
5	0,14
6	0,12
7	0,11

Rozhodneme-li se nadále pro $s = 6$, bude

$$p = 0{,}12\left(\frac{m_0}{m_K}\right)^2 \tag{19''}$$

vahou zkušebního měření zaručující, že i za nejnepříznivějších okolností bude zachována střední chyba korekce stanovená pro úhel.

8. Ke zjištění chyby z nepravidelnosti čepů použijeme struny přivedené do svislice olovnicí. Ke struně přiléhá se strany indexové pravítko, na němž jsou vyznačeny vzhledem k dané poloze stanoviska theodolitu výškové úhly -3^0 a $+3^0$. Takto získaný úsek rozdělíme na $s - 1 = 5$ dílů, čímž získáme $s = 6$ značek, které očíslujeme směrem ze zdola nahoru čísly 1 až $s = 6$.

Zkouška spočívá v tom, že theodolitem změříme směry na střed struny v místech indexů. Protože zkouška stojí i padá s předpokladem, že struna realisuje ideální svislici, zařídíme olovnicový závěs tak, aby se dal i se strunou otočiti o 180^0. Tím se vyloučí jakákoliv nepravidelnost struny. Polovinu observace (v I. poloze dalekohledu) vykonáme na strunu v poloze základní a polovinu (II. pol. dalekohledu) na strunu přetočenou. Masivní konsola pro olovnicový závěs je upevněna ve zdi a zároveň je na ni zavěšena zasklená skříň, která vše chrání před prouděním vzduchu. Před strunou je ve skle úzká štěrbina, aby nenastal lom paprsků. Hrot olovnice je ponořen do misky se rtutí.

Jak je zjevné, zredukuje se celý theodolit na jediné měřidlo: alhidádové mikroskopy u klasických strojů, nebo optický mikrometr u strojů novější konstrukce. To je vítané tím spíše, že se chyby ani tohoto měřidla nemohou projeviti, ježto pracujeme na téměř stejném místě šroubů, případně spirály. Při obsluze theodolitu vystačíme s nepatrným vychylováním jemné vodorovné ustanovky se zmíněnou již výhodnou prací na mikrometru, avšak s normálním zacházením s hrubou i jemnou ustanovkou vertikální. Pouze práci vertikální ustanovky nepovažujeme za prostou systematických chyb a v tom smyslu methodu vhodně doplníme. Střední chyba z vertikální ustanovky bude pak vedlejším produktem zkoušky čepů. Kdyby se však ukázalo, že je příliš veliká, musili bychom měření opakovati bez použití vertikální ustanovky. Pozorování provedeme s vahou p z rovnice (19″) methodou měření úhlů ve všech kombinacích. Jedním z důvodů pro tuto methodu jest, že takto budeme měřit $\frac{s\,(s-1)}{2} = 15$ veličin (kombinací) odvozených z daných $s = 6$ směrů, tedy větší počet, než může jiná methoda poskytnout, což je z psychologických důvodů vítané. Zaměřování bodů na svislé struně se bude totiž vždy vyznačovat poměrnou jednotvárností, která by na příklad u skupin a řad více unavovala. I s hlediska stáčení pilíře jest úhlová methoda výhodnější.

Výsledkem pozorování jest osnova směrů φ se střední chybou vyrovnaného směru (z vyrovnání na stanovisku)

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{2\,[vv]}{s\,(s-1)\,(s-2)}} \pm m_\mu =$$

$$= \pm\sqrt{\frac{[vv]}{60}} \pm m_\mu \tag{20}$$

$$m_\mu = \frac{\mu}{\sqrt{s\,(s-1)\,(s-2)}} \doteq \frac{\mu}{11} \tag{21}$$

Tuto osnovu redukcí na nulový součet přetvoříme v osnovu $f = \varphi - \frac{[\varphi]}{s}$. Pak vypočteme

$$q = \pm\sqrt{\frac{[ff]}{s-1}} \tag{22}$$

Chyba z čepů se projeví jednak tím, že $q > \mu$ a pak charakteristickým seskupením bodů řady f.

Tabulka I.

y	h	$t = \frac{h}{3}$	φ	f	t^2	t^4	tf	$t^2 f$	y	$v = y - f$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	− 3,0	− 1,0	0,00	+ 0,985	1,00	1,0000			+ 0,828	− 0,157
2	− 1,8	− 0,6	− 1,48	− 0,495	0,36	0,1296			− 0,133	+ 0,362
3	− 0,9	− 0,2	− 1,38	− 0,395	0,04	0,0016			− 0,621	− 0,226
4	+ 0,6	+ 0,2	− 1,69	− 0,705	0,04	0,0016			− 0,637	+ 0,068
5	+ 1,8	+ 0,6	− 1,04	− 0,055	0,36	0,1296			− 0,183	− 0,128
s = 6	+ 3,0	+ 1,0	− 0,32	+ 0,665	1,00	1,0000			+ 0,743	+ 0,078
	0	0	− 5,91	0	2,80	2,2624	− 0,1180	+ 1,4080	− 3	− 3

9. Chybu z vertikální ustanovky určíme touto úvahou. Střední chyba m_0 obsahuje jen chybu m_{c+k} v cílení dalekohledem spolu s chybou v nastavení na rysku limbu (v koincidenci) a chybu m_v z vertikální ustanovky. Stačí tedy, aby pozorovatel zároveň s měřením určil také m_{c+k} bez použití vertikální ustanovky. Chyba v cílení je závislá na sklonu visury a sdružená chyba m_{c+k} též na disposici pozorovatele. Proto rozdělíme pozorování do tří dávek na začátek, střed a konec zkušebního měření. Cílit se bude po řadě na značky *1, 2,* a *3*. Celkově provedeme úkon (cílení + odečtení) $3n$ - krát. V každé ze tří dávek utvoříme opravy k aritmetickému průměru a bude tedy střední chyba

$$m_{c+k} = \pm \sqrt{\frac{\sum_1^3 [vv]}{3(n-1)}} \pm m_{m_{c+k}} \qquad (23)$$

$$m_{m_{c+k}} = \pm \frac{m_{c+k}}{\sqrt{6(n-1)}} \qquad (24)$$

Naproti tomu bude vzhledem k rovnici (20)

$$m_o = \mu \sqrt{p} \pm m_{m_o} \qquad (25)$$

a vzhledem k rovnici (21)

$$m_{m_o} = \pm \frac{m_o}{\sqrt{120}} \qquad (26)$$

Z důvodu ekonomie klademe požadavek, aby $m_{m_{c+k}} = m_{m_o}$,

$$\frac{m_{c+k}^2}{6(n-1)} = \frac{m_o^2}{120}$$

při čemž můžeme obě střední chyby považovati za sobě rovné. Tak získáme zaokrouhleně

$$n = 20 \qquad (27)$$

Střední chyba z vertikální ustanovky pro jednou měřený směr jest

$$m_v = \pm \sqrt{m_o^2 - m_{c+k}^2} = \pm \sqrt{p\,\mu^2 - m_{c+k}^2} \qquad (28)$$

a vliv této chyby na směr osnovy φ jest

$$\mu_v = \frac{m_v}{\sqrt{p}} = \pm \sqrt{\mu^2 - \frac{m_{c+k}^2}{p}} \qquad (29)$$

10. a) Příklad. Zkouška nepravidelnosti čepů theodolitu „*Wild — T 3*“ s grádovým dělením. Tento typ se vyznačuje tím, že $m_{c+k} = 0{,}5''$ při 40násobném zvětšení dalekohledu. Požadujeme, aby střední chyba získané korekce za nejnepříznivějších výškových okolností nepřekročila 0,05″ pro výsledný úhel trigonometrické sítě I. řádu. Zkušebnu jsme zařídili tak, že výškový interval (— 3°, +3°) máme rozdělen na 5 dílů, čímž $s = 6$ (viz sl. *1, 2, 3* tab. I).

b) *Observace.* Váha měření bude podle (19″)

$$p = 0{,}12 \left(\frac{0{,}5}{0{,}05}\right)^2 = 12$$

to jest každou kombinaci budeme měřit v $\frac{p}{s} = 2$ úhlových dvojicích (měření „tam a zpět“). Měření opravíme o korekce ze sklonu svislé osy, proto odečítáme libelu. Schema observace bude :

1. m_{c+k} ..... 20 pozorování — cílí se na značku 1;
2. měření 15 kombinací v jedné úhlové dvojici a v I. poloze dalekohledu;
3. jako 1, cílí se na značku 2;
4. měření jako 2. avšak při přetočené struně o 180° a v II. poloze dalekohledu;
5. jako 1 cílí se na značku 3.

Výsledkem měření (2. a 4.) jest osnova φ (viz tab I, sl. 4) a střední chyba jejího směru podle (20) a (21)

$$\mu = \pm 0{,}29^{cc} \pm 0{,}03^{cc}$$

Výsledkem měření (1., 3. a 5.) jest podle (23) a (24)

$$m_{c+k} = \pm 1{,}04^{cc} \pm 0{,}10^{cc}$$

c) *Chyba z vertikální ustanovky.* Vliv chyby na směr osnovy φ podle (29)

$$\mu_v = \pm i \,.\, 0{,}08^{cc}$$

ve skutečnosti neexistuje. Můžeme proto osnovu φ považovati za prostou systematických chyb.

d) *Koeficienty A, B, C.* Vypočteme osnovu $f = \varphi - \frac{[\varphi]}{s}$ (tab. I, sl. 5). Utvoříme součty $[ff] = 2{,}313\,550$, $[tf]$, $[t^2 f]$ (sl. 8, 9). Podle (22) jest

$$q = \pm 0{,}68^{cc}$$

a jest větší než μ, současně řada f naznačuje parabolu. To prozrazuje chybu z čepů. Podle (15) jest

$$A = -0{,}4883\,[t^2 f] = -0{,}6875$$
$$B = +0{,}3571\,[tf] = -0{,}0421$$
$$C = +1{,}0463\,[t^2 f] = +1{,}4732$$

Podle (4^{VII}) vypočteme y (tab. I, sl. 10). Dále opravy v (sl. 11) a

$$[vv] = 0{,}233861.$$

Z rovnice kontrolní (14) jest $[vv] = 0{,}234317$.

Z toho

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{6-3}} = \pm 0{,}28^{cc} \doteq \mu$$

což dokazuje, že není bodových nepravidelností.

e) *Korekce.* Chyba z čepů podle (4^{VI}) po úpravě pro grádové dělení:

$$A + 0{,}3\, B\, h + 0{,}09\, C\, h^2 =$$
$$= -6875 - 0{,}1263\, h + 0{,}1326\, h^2$$

Korekce na chybu z čepů:

$$K = +0{,}6875 + 0{,}1263\, h - 0{,}1326\, h^2$$

Střední chyba korekce podle (18) při proměnné h

$$m_K = \pm \frac{\mu}{3} \Delta h \sqrt{Q_{22} + 2\, h_0 \frac{Q_{23}}{3}} =$$
$$= \pm 0{,}097\, \Delta h \sqrt{0{,}3571 + 2\, h_0 \,.\, 0{,}3488}$$

jestliže jsou Δh a h_0 ve stupních, anebo

$$m_K = \pm 0{,}3\, \mu\, \Delta h \sqrt{Q_{22} + 0{,}6\, h_0\, Q_{33}}$$

jsou-li v gradech.

Graficky je příklad znázorněn na obraze 3b.

Obr. 1 až 8, SIA, Praha. — Ing. Karel Kučera.

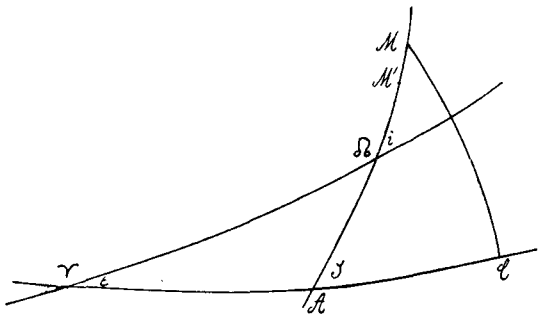
Změny tíže působené Měsícem a Sluncem.

Dr. VÁCLAV ŠPAČEK. 531.5+526.71

(Dokončení.)

Harmonická analyse.

Harmonická analyse vyjadřuje V (13) řadou jednoduchých harmonických funkcí, jejichž argument se mění rovnoměrně s časem. Ve výraze (13) vyskytují se hodinové úhly h, deklinace δ a vzdálenosti r Měsíce a Slunce od Země, i bude potřebí vyjádřiti je uvedeným způsobem. Stane se tak pomocí rovnoměrně se měnícího hodinového úhlu myšleného středního Slunce a středních délek Měsíce a Slunce.



Obr. 4.

Na obr. 4 budiž Υ jarní bod, ΥC rovník, $\Upsilon \Omega$ ekliptika, ε úhel těchto dvou rovin, M měsíc, $A M$ rovina jeho dráhy, i, J úhly, jež tvoří dráha ta s ekliptikou a rovníkem, $A M = l$ délka Měsíce čítaná v jeho dráze od rovníka, $\Upsilon A = \nu$ rektascense průsečníku A, rektascense a deklinace Měsíce $\alpha = \Upsilon C$, $\delta = C M$.

Z trojúhelníka $A C M$ plyne

$$\sin \delta = \sin J \sin l, \quad A C = \alpha - \nu, \tag{31}$$

$$\sin(\alpha - \nu) = \frac{\cos J \sin l}{\cos \delta}, \quad \cos(\alpha - \nu) = \frac{\cos l}{\cos \delta}.$$

Značí-li s_1 střední délku slunce (t. j. délku slunce, jež by se pohybovalo rovnoměrně po ekliptice), h' jeho hodinový úhel, je hvězdný čas roven $h' + s_1$, neboť rektascense myšleného slunce, jež určuje střední čas pohybujíc se rovnoměrně v rovníku, je rovna střední délce myšleného slunce, jež se pohybuje rovnoměrně v ekliptice. Hodinový úhel Měsíce

$$h = h' + s_1 - \alpha = h' + (s_1 - \nu) - (\alpha - \nu). \tag{32}$$

Zavedeme-li pro jednoduchost

$$\vartheta = h' + s_1 - \nu, \tag{33}$$

nabude součin v lunárním polodenním členu tvaru

$$\cos^2 \delta \cos 2\, h = \cos^2 \delta\, [\cos 2\, \vartheta \cos 2\, (\alpha - \nu) +$$
$$+ \sin 2\, \vartheta \sin 2\, (\alpha - \nu)]. \tag{34}$$

Dále vyloučíme $\alpha - \nu$ pomocí (31), dvojmoci $\cos^2 l$, $\sin^2 l$ vyjádříme pomocí $\cos 2\, l$ a vzniklé součiny $\cos 2\, \vartheta \cos 2\, l$, $\sin 2\, \vartheta \sin 2\, l$ jakožto součty, resp. rozdíly pomocí vzorců

$$2 \cos \alpha \cos \beta = \cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)$$
$$2 \cos \alpha \sin \beta = \sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta) \tag{35}$$
$$2 \sin \alpha \sin \beta = -\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta).$$

I obdržíme posléze vzhledem ke vztahu

$$\frac{1 + \cos^2 J}{2} \pm \cos J = \frac{(1 \pm \cos J)^2}{2} = 2 \begin{cases} \cos^4 \\ \sin^4 \end{cases} \frac{J}{2}$$

v polodenním měsíčním členu

$$\cos^2 \delta \cos 2\, h = \tfrac{1}{2} \sin^2 J \cos 2\, \vartheta + \tag{36}$$
$$+ \cos^4 \frac{J}{2} \cos(2\, \vartheta - 2\, l) + \sin^4 \frac{J}{2} \cos(2\, \vartheta + 2\, l).$$

Podobně se upraví člen denní

$$\sin 2\, \delta \cos h = \sin J \cos J \sin \vartheta + \tag{37}$$
$$+ \sin J \sin^2 \frac{J}{2} \sin(\vartheta + 2\, l) - \sin J \cos^2 \frac{J}{2} \sin(\vartheta - 2\, l)$$

a čtrtnáctidenní

$$\left(\frac{1}{3} - \sin^2 \delta\right) = \frac{1}{3}\left(1 - \frac{3}{2} \sin^2 J\right) + \frac{1}{2} \sin^2 J \cos 2\, l. \tag{38}$$

Pohyb Měsíce. Budiž a hlavní poloosa elipsy, v níž Měsíc kol Země obíhá (obr. 5); polární rovnice této dráhy je

$$r = \frac{a\,(1 - e^2)}{1 + e \cos v}, \tag{39}$$

kdež jest v pravá anomalie. Kolmice spuštěná z bodu M na elipse na hlavní její osu stanoví na kružnici,

jejíž střed je ve středu elipsy a poloměr a, bod C'. Úhel $C' O Z = E$, t. zv. excentrická anomalie, a pravá anomalie jsou spojeny vztahem

$$O C' \cos E = O Z + Z M \cos v$$

čili

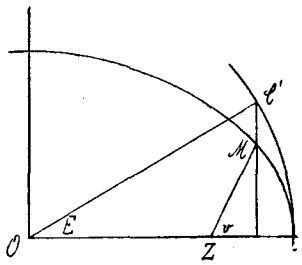
$$a \cos E = a e + r \cos v. \tag{40}$$

Eliminací v z rovnice této a (39) plyne

$$r = a (1 - e \cos E), \tag{41}$$

z této pak a z (39)

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2}. \tag{42}$$



Obr. 5.

Druhý zákon Keplerův, podle něhož plocha opsaná průvodičem r je úměrna času t, je vyjádřen rovnicí $\frac{1}{2} \int r^2 d v = n t$. Dosadíme-li sem za r výraz (41) a za $d v$ hodnotu plynoucí ze (42), lze integraci provésti a obdržíme t. zv. rovnici Keplerovu

$$E - e \sin E = n t, \tag{43}$$

v níž se t počítá od perigea (E i t jsou současně rovny O). Po době oběhu T jest $E = 2 \pi = n T$, takže $n = 2 \pi / T$. Úhel $M = n t$ střední anomalie stanoví střední polohu tělesa M, kde by se nalézalo, kdyby se průvodič r otáčel rovnoměrně.

Z (43) plyne prvá přibližná hodnota $E_1 = M$, druhá $E_2 = M + e \sin M$, třetí

$$E = M + e \sin E_2 = M + e \sin M + \frac{e^2}{2} \sin 2 M, \tag{44}$$

zanedbáme-li členy řádu e^3. Píšeme-li ve (42) zatím m místo odmocniny, nalezneme

$$\operatorname{tg}\left(\frac{v}{2} - \frac{E}{2}\right) = \frac{(m-1) \operatorname{tg} E/2}{1 + m \operatorname{tg}^2 E/2} = \frac{b \sin E}{1 - b \cos E},$$

kdež (45)

$$b = \frac{m-1}{m+1} = \frac{1}{e}\left(1 - \sqrt{1-e^2}\right) = \frac{e}{2} + \frac{e^3}{8}.$$

Označíme-li na tomto místě A výraz na pravé straně (45), bude

$$\frac{v}{2} - \frac{E}{2} = \operatorname{arc\,tg} A = A - \frac{A^3}{3} + \ldots,$$

takže s chybou řádu A^3, t. j. e^3

$$v = E + 2 A = E + e \sin E + \frac{e^2}{4} \sin 2 E \tag{46}$$

a dosadíme-li ještě za E výraz (44), bude posléze

$$v = M + 2 e \sin M + \frac{5}{4} e^2 \sin 2 M. \tag{47}$$

Ze (44) plyne

$$\cos E = \cos M - e^2 \sin^2 M \tag{48}$$

a pak ze (41)

$$r = a (1 - e \cos M + e^2 \sin^2 M) = = a \left(1 + \frac{e^2}{2} - e \cos M - \frac{e^2}{2} \cos 2 M\right). \tag{49}$$

Poloha Měsíce stanoví se jeho délkou měřenou od jarního bodu Υ k výstupnému uzlu Ω a dále v rovině měsíční dráhy. Je-li p takto měřená délka perigea Měsíce a s jeho střední délka, čítaná k M', kde by se nalézal při pohybu rovnoměrném, je střední anomalie

$$M = s - p \tag{50}$$

Jak patrno z obrazce 4, je délka $A M = l$ rovna

$$l = A \Omega + (s - \Upsilon \Omega) + M' M = M' M + s - \xi, \tag{51}$$

kdež jest

$$\xi = \mathcal{L} \Omega - A \Omega \tag{51'}$$

délka průsečíku A neb rozdíl délek výstupného uzlu Ω čítaných od Υ a od A. Dosadíme-li sem ještě $v - M$ za $M' M$ ze (47), bude posléze

$$l = s - \xi + P, \tag{52}$$

kdež jsou v

$$P = 2 e \sin (s - p) + \frac{5}{4} e^2 \sin 2 (s - p) + + \frac{15}{4} \mathfrak{m} e \sin (s - 2 s_1 + p) + \frac{11}{8} \mathfrak{m}^2 \sin 2 (s - s_1) \tag{53}$$

připojeny ještě hlavní poruchy v délce evekce a variace, mající činitele $\mathfrak{m}$ a $\mathfrak{m}^2$ a v argumentu střední délku Slunce s_1. Činitel $\mathfrak{m}$ značí poměr středních rychlostí Slunce a Měsíce 0,0410686 a 0,5490165 za 1 hod. stř. času, t. j. $\mathfrak{m} = 0{,}074804$.

Také k r (49) připojí se poruchy evekce a variace, takže

$$r = a \left\{ 1 + \frac{2}{e^2} - e \cos (s - p) - \frac{1}{2} e^2 \cos 2 (s - p) - - \frac{15}{8} \mathfrak{m} e \cos (s - 2 s_1 + p) - \mathfrak{m}^2 \cos 2 (s - s_1) \right\}, \tag{54}$$

načež

$$\frac{1}{r^3} = \frac{1}{a^3} \left\{ (1 + \frac{3}{2} e^2) + 3 e \cos (s - p) + + \frac{9}{2} e^2 \cos 2 (s - p) + \frac{45}{8} \mathfrak{m} e \cos (s - 2 s_1 + p) + + 3 \mathfrak{m}^2 \cos 2 (s - s_1) \right\} \tag{55}$$

Tento výraz bude se násobiti postupně (36), (37), (38), obecně bude

$$\frac{a^3}{r^3} \cos u = \left(1 + \frac{3}{2} e^2\right) \cos u + + \frac{3}{2} e \{\cos (u + s - p) + \cos (u - [s - p])\} + + \frac{9}{4} e^2 \{\cos (u + 2 [s - p]) + \cos (u - 2 [s - p])\} +$$

$$+\frac{45}{16}\mathfrak{m}\, e\,\{\cos(u+s-2s_1+p)+$$
$$+\cos(u-[s-2s_1+p])\}+$$
$$+\frac{3}{2}\mathfrak{m}^2\{\cos(u+2[s-s_1])+$$
$$+\cos(u-2[s-s_1])\} \qquad (56)$$

Vzhledem k (52)

$$\cos(u-2l)=\cos 2P\cos(u-2[s-\xi])+$$
$$+\sin 2P\sin(u-2[s-\xi]),$$

kdež

$$\sin 2P=2P,\ \cos 2P=1-2P^2=$$
$$=1-4e^2+4e^2\cos 2(s-p),$$

načež podle (55)

$$\frac{a^3}{r^3}\cos(u-2l)=$$
$$=\left(1-\frac{5}{2}e^2\right)\cos(u-2[s-\xi])+$$
$$+\frac{e}{2}\{7\cos(u-2[s-\xi]-[s-p])$$
$$-\cos(u-2[s-\xi]+[s-p])\}+$$
$$+\frac{17}{2}e^2\cos(u-2[s-\xi]-2[s-p])+$$
$$+\frac{15}{16}\mathfrak{m}\, e\,\{7\cos(u-2[s-\xi]-[s-2s_1+p])$$
$$-\cos(u-2[s-\xi]+[s-2s_1+p])\}$$
$$+\frac{\mathfrak{m}^2}{8}\{23\cos(u-2[s-\xi]-2[s-s_1])+$$
$$+\cos(u-2[s-\xi]+2[s-s_1])\}. \qquad (57)$$

Změny tíže působené Měsícem. Podle (24) jsou polodenní změny tíže působené Měsícem vyjádřeny výrazem

$$-\frac{3}{2}\frac{M}{m}\left(\frac{R}{a}\right)^3\left(\frac{a}{r}\right)^3\cos^2\varphi\cos^2\delta\cos 2h,$$

kdež (58)

$$-\frac{3}{2}\frac{M}{m}\left(\frac{R}{a}\right)^3\cos^2\varphi$$

tvoří obecný koeficient, $(a/r)^3$ a $\cos^2\delta\cos 2h$ jsou odvozeny v (55) a (36). Člen $(a/r)^3\cos 2\vartheta$ v jejich součinu potom vznikající plyne z (56), dosadíme-li $u=2\vartheta$, čímž vznikne 9 členů, podobně členy $(a/r)^3\cos(2\vartheta\pm 2l)$ plynou z (57), klade-li se $u=2\vartheta$, čímž vznikne v obou případech 8 členů, celkem 25 členů polodenních. Při výpočtu výšky slapů užívá se jen 8 hlavních z nich, $\sin^2 J$ dosahuje totiž nejvýše hodnoty $4e$, při změnách tíže mají význam jen 3 uvedené níže v tabulce.

Denní změny tíže jsou dány výrazem (24)

$$-\frac{3}{2}\frac{M}{m}\left(\frac{R}{a}\right)^3\left(\frac{a}{r}\right)^3\sin 2\varphi\sin 2\delta\cos h. \qquad (59)$$

Součin $(a/r)^3\sin 2\delta\cos h$ určí se obdobně pomocí (55 a (37), čímž vznikají členy tvaru $(a/r)^3\sin\vartheta$ a $(a/r)^3\sin(\vartheta\pm 2l)$. Obdržíme je kladouce v (56) $u=\pi/2-\vartheta$ a v (57) $u=\pi/2-\vartheta$ a pak $u=\pi/2+\vartheta$, což dává $-(a/r)^3\sin(\vartheta-2l)$. Při výpočtu slapů počítá se pět vln, z nichž menší eliptická vzniká složením dvou, jichž argumenty se liší o veličinu téměř konstantní. Pro změny zrychlení tíže mají význam tři uvedené v tabulce.

Třetí člen ve (24) vede ke členům s dlouhou periodou. Podle (38) lze jej psáti ve tvaru

$$-\frac{3}{2}\frac{m}{M}\left(\frac{R}{a}\right)^3\left(\frac{1}{2}-\frac{3}{2}\sin^2\varphi\right)\times$$
$$\times\left(\frac{a}{r}\right)^3\left\{\left(\frac{2}{3}-\sin^2 J\right)+\sin^2 J\cos 2l\right\} \qquad (60)$$

V součinu poslední vlnité závorky s trojmocí $(a/r)^3$ budou všechny členy z (55) s činitelem $(2/3-\sin^2 J)$, mezi nimi první $(1+3e^2/2)$ $(2/3-\sin^2 J)$ konstantní. Další členy ze součinu $\sin^2 J$ $(a/r)^3\cos 2l$ obdržíme pomocí (57), kde položíme $u=0$.

Veličiny ν, ξ mění se jen nepatrně, za rok o $4^0 40'$, resp. $4^0 20'$ a možno je považovati za stálé spolu s J i během celého roku, při čemž se užije hodnot příslušných středu doby, po kterou se pozorování konají. Stanoví se pomocí délky $N=\Upsilon\Omega$ výstupného uzlu Měsíce z trojúhelníka $\Upsilon A\Omega$, z něhož plynou tyto vztahy

$$\cos J=\cos i\cos\varepsilon-\sin i\sin\varepsilon\cos N$$
$$\operatorname{cotg}\nu\sin N=\cos N\cos\varepsilon+\operatorname{cotg} i\sin\varepsilon$$
$$\operatorname{cotg}(N-\xi)\sin N=\cos N\cos i+\operatorname{cotg}\varepsilon\sin i. \qquad (61)$$

Číselné hodnoty počítají se nejjednodušeji tak, že se zavede pomocný úhel β podle rovnice

$$\operatorname{tang}\beta=\operatorname{tang} i\cos N,$$

načež

$$\cos J=\cos i\sec\beta\cos(\varepsilon+\beta),$$
$$\sin\nu=\sin i\operatorname{cosec} J\sin N \qquad (61')$$
$$\sin(N-\xi)=\sin\varepsilon\operatorname{cosec} J\sin N.$$

Změny tíže působené Sluncem. Změny tíže působené Sluncem obdržíme, píšeme-li ve výrazech pro změny působené Měsícem M_1, a_1, e_1, p_1 místo M, a, e, p, dále $\xi=0$, $\nu=0$, a ε místo J. Poměr obecných součinitelů změn tíže působených Sluncem a Měsícem je u všech tří druhů změn týž, totiž

$$\frac{M_1}{M}\left(\frac{a}{a_1}\right)^3=0{,}464. \qquad (62)$$

Je proto možno i u změn tíže působených Sluncem podržeti obecný koeficient změn působených Měsícem a násobiti jej uvedeným poměrem (62). Hlavní z těchto změn obsahuje rovněž dolní tabulka.

Argumenty jednotlivých harmonických funkcí obsahují hodinový úhel Slunce (stř. čas), střední délku Měsíce a Slunce, délku perigea p, p_1, jež se mění vesměs rovnoměrně s časem. Tato část argumentu se označuje V a je-li V_0 její počáteční hodnota (příslušná stř. poledni prvého dne), je $V=V_0+\gamma t$, značí-li γ rychlost, jíž se V mění za 1 hodinu, t počet hodin od počátku pozorování.

Liší-li se argumenty dvou harmonických funkcí vyjadřujících výšku slapů neb změny tíže pouze konstantou, lze je obě vyjádřiti jako funkci jedinou a

představují jedinou vlnu, ku př. měsíční a sluneční část vln K_1 neb K_2, neboť

$$A_1 \cos (k t + q_1) + A_2 \sin (k t + q_2) = = A \cos (k t + q), \tag{63}$$

kdež

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \sin (q_2 - q_1),$$

$$\operatorname{tg} q = \frac{A_1 \sin q_1 - A_2 \cos q_2}{A_1 \cos q_1 + A_2 \sin q_2} \tag{64}$$

Rozvineme-li totiž v (63) funkce součtu dvou úhlů a srovnáme koeficienty při $\cos k t$ a $\sin k t$ na obou stranách, plynou z jejich rovnosti vztahy (64). Změnou argumentu o $\pm \pi/2$ obdržíme z (63) obdobné vztahy pro součet neb rozdíl dvou harmonických funkcí, obsahují-li obě sinus neb cosinus.

Odvození změn tíže podali jsme zde způsobem, jímž Darwin a Börgen vyjádřili vlny slapů mořských a na jehož základě se slapy skutečně počítají.*) Je však možno u vln lunárních ještě J, ν, ξ vyjádřiti pomocí délky výstupného uzlu dráhy měsíční N, jež se pak objeví v argumentech jednotlivých vln. V jejich koeficientech vyskytují se totiž $\sin^2 J$, $\sin^2 J/2$, $\cos^2 J/2$, $\sin^4 J/2$, $\cos^4 J/2$, jež lze vesměs jednoduše vyjádřiti pomocí $\cos J$ (61). Tyto výrazy obsahují v některých členech $\cos N$ případně $\cos^2 N = (1 + \cos 2N)/2$ a násobí-li se cosinem argumentu uvedeného v dolní tabulce u příslušné vlny, lze podle (35) vyjádřiti součiny sinů a cosinů součtem ev. rozdílem, takže k argumentům uvedeným v tabulce přistoupí $\pm N$ neb $\pm 2N$. Sin J lze vyjádřiti z (61) odmocninou a tu pak řadou členů obsahujících mocniny $\cos^n N$. To je však součin n stejných činitelů a je tudíž ze (35) patrno, že lze $\cos^n N$ vyjádřiti součtem členů obsahujících $\cos n N$ a cosiny nižších násobků N, takže v argumentech se objeví i vyšší násobky N.

Obsahuje-li argument ν, bude tvaru $\cos (\alpha + \nu) = = \cos \alpha \cos \nu - \sin \alpha \sin \nu$, kdež dosadíme za $\sin \nu$ hodnotu plynoucí ze (61′) a za $\cos \nu = = (1 - \sin^2 \nu)^{1/2}$ prvé členy této řady ,takže $\sin \nu$ i $\cos \nu$ budou vyjádřeny pomocí N. Toto N vstoupí opět do argumentu vlny, vyjádří-li se součiny součty. Obdobným způsobem vyloučí se z argumentu též ξ. Počet členů, t. j. vln, je pak velmi značný, zvlášť kdyby se při výpočtu hledělo i ke členům s koeficienty e^3. Obecně bude jejich tvar

$$A \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} (k_1 t + k_2 s + k_3 s_1 + k_4 p + k_5 N' + k_6 p_1), \tag{65}$$

kdež konstanty jsou celá čísla zřídka větší než ± 4 a $N' = - N$. Místo h' je psáno t, střední čas sluneční (hodinový úhel). Dvě vlny téhož argumentu tvoří opět jedinou [podle (63) pro $q_1 = 0$, $q_2 = 0$].

Tímto způsobem provedl výpočet všech členů řady V, jejichž koeficient přistupující ke společnému činiteli všech $^3/_4\, k M R^2/a^3$ je větší než 0,0001, A. T. Doodson.**) Je to asi 100 členů s dlouhou periodou ($k_1 = 0$), 160 členů celodenních ($k_1 = 1$), 115 polodenních ($k_1 = 2$) a 14 členů s periodou $1/3$ dne ($k_1 = 3$). Jeho argumenty obsahují místo času t střední místní měsíční čas***) $\tau = t + s_1 - s$, ježto počet slunečních vln je malý proti počtu lunárních. V této soustavě označují se vlny t. zv. *„číslem argumentu“*, šesticiferným, kde značí prvá cifra koeficient k_1, ostatní cifry jsou koeficienty k_2, $k_3 .. k_6$ zvětšené o *5*. Krom toho X značí $k = 5$, E značí $k = 6$, 0 značí $k = -5$, 1 značí $k = -6$. Prvé dvě cifry čísla argumentu stanoví skupinu vln, která ve většině případů odpovídá jediné vlně podle označení Darwinova. Argumenty vln, jejichž čísla se liší jen v posledních třech cifrách, liší se prakticky jen konstantou. Ku př. vlna sin (162 . 556) má koeficienty v argumentu: 1, 1, —3, 0, 0, 1, patří do skupiny 16 (K_1). Největší koeficient totiž 0,9081 má vlna {255 . 555} s argumentem 2 τ, hlavní ze skupiny M_2.

V následující tabulce jsou uvedeny hlavní vlny změn tíže působených Měsícem a Sluncem. O jejich měření pojednáme později.

I. Změny působené Měsícem.

A. Změny polodenní: Obecný koeficient

$$-\frac{3}{2}\frac{M}{m}\left(\frac{R}{a}\right)^3 \cos^2 \varphi = 8{,}40 \,.\, 10^{-8} \cos^2 \varphi$$

1. Hlavní měsíční M_2

$$\left(1 - \frac{5}{2} e^2\right) \cos^4 J/2 \quad \cos 2 [\tau + + (\xi - \nu)]$$

2. lunisolární K_2, měsíční část

$$\left(1 + \frac{3}{2} e^2\right) \frac{1}{2} \sin^2 J \quad \cos 2 (\Theta - \nu)$$

3. větší elliptická N_2

$$\frac{7}{2} e \cos^4 J/2 \quad \cos [2 (\tau + \xi - \nu) - (s - p)]$$

B. Změny celodenní: Obecný koeficient

$$-\frac{3}{2}\frac{M}{m}\left(\frac{R}{a}\right)^3 \sin 2 \varphi$$

*) Základy k harmonické analysi položil W. Thomson, propracovali ji G. H. Darwin a C. Börgen. Pro pohyby tížnice a horizontálního kyvadla ji upravil W. Schweydar.

Thomson, *British Ass. for the advanc. of Sci. Report for 1868*, 1870—72, 1876—1878. — Thomson-Tait, Natural Philosophy, Cambr. 1883, § 798.

Darwin, *Rep. 1883* — Encyklop. d. mathem. Wissensch., Bd. VI 1B. — The Tides, Lond. 1902 (popul.), překl. Ebbe und Flut, Lpz. 1902.

Börgen, *Annalen der Hydrographie*, Hamb. *12*, 1884 a *22*, 1894.

Schweydar, *Harmonische Analyse der Lotstörungen durch Sonne und Mond.* Veröff. d. Pr. Geod. Inst. N. F. Nr. 59, Potsd. 1914.

**) A. T. Doodson, *Proc. Roy. Soc. A 100*, Lond. 1922. — Ib. *105*, 1927. — J. Bartels uvádí podle něho v Gutenbergově *Handb. d. Geoph.* I, 325 tabulku 144 členů s koeficientem větším než 0,00091.

***) Střední čas měsíční je hodinový úhel myšleného Měsíce, jenž se pohybuje rovnoměrně v rovníku tak, že doba mezi dvěma průchody jarním bodem je rovna tropickému měsíci, t. j. době, za kterou se jeho stř. délka, čítaná od jarního bodu, mění o 360°. Této střední délce s musí se rovnati rektascense myšleného Měsíce určujícího měsíční čas. Je-li Θ hodinový úhel jarního bodu, je hodinový úhel tohoto Měsíce $\tau = \Theta - s = t + s_1 - s$ podle (32). Jsou-li t_0, Θ_0, τ_0 současné hodnoty na poledníku Greenwichském, jsou v místech v zeměp. délce λ na východ vesměs o λ větší.

4. Celodenní měsíční O_1

$$\left(1 - \frac{5}{2} e^2\right) \sin J \cos^2 J/2 \cos (\tau - s + 2\xi - \nu + 90^0)$$

5. lunisolární K_1, měsíční část

$$\left(1 + \frac{3}{2} e^2\right) \sin J \cos J \cos (\Theta - \nu - 90^0)$$

6. větší eliptická Q_1

$$\frac{7}{2} e \sin J \cos^2 J/2 \cos [\tau - s - (s - p) + 2\xi - \nu + 90^0]$$

C. Změny s dlouhou periodou: Obecný koeficient

$$-\frac{3}{2} \frac{M}{m} \left(\frac{R}{a}\right)^3 \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \sin^2 \varphi)\right)$$

7. čtrnáctidenní $M f$

$$\left(1 - \frac{5}{2} e^2\right) \sin^2 J \cos 2 (s - \xi).$$

II. Změny působené Sluncem.

A. Polodenní. Obecný koeficient

$$-\frac{3}{2} \frac{M_1}{m} \left(\frac{R}{a_1}\right)^3 \cos^2 \varphi = 3{,}84,\ 10^{-8} \cos^2 \varphi$$

8. Hlavní sluneční S_2

$$\left(1 - \frac{5}{2} e_1^2\right) \cos^4 \varepsilon/2 \cos 2t$$

9. lunisolární K_2, sluneční část

$$\left(1 + \frac{3}{2} e_1^2\right) \frac{1}{2} \sin^2 \varepsilon \cos 2\Theta$$

B. Celodenní Obecný koeficient

$$-\frac{3}{2} \frac{M_1}{m} \left(\frac{R}{a_1}\right)^3 \sin 2\varphi.$$

10. Celodenní sluneční P_1

$$\left(1 - \frac{5}{2} e_1^2\right) \sin \varepsilon \cos^2 \varepsilon/2 \cos (t - s_1 + 90^0)$$

11. lunisolární K_1, sluneční část

$$\left(1 + \frac{3}{2} e_1^2\right) \sin \varepsilon \cos \varepsilon \cos (\Theta - 90^0)$$

C. Změny s dlouhou periodou. Obecný koeficient

$$-\frac{3}{2} \frac{M_1}{m} \left(\frac{R}{a_1}\right)^3 \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \sin^2 \varphi\right)$$

12. Půlroční $S s a$

$$\left(1 - \frac{5}{2} e_1^2\right) \sin^2 \varepsilon \cos 2 s_1.$$

Denní změny argumentů těchto vln plynou z čísel následujících. Vedle proměnné uvedena délka periody T a změna za stř. sluneční den $360^0/T$.

t	Střední den sluneční (24 hod.)	360^0
s	tropický měsíc 27,32158 d.	$13^0{,}176397$
s_1	tropický rok 365,24220 d. doba otočení perigea o 360^0	0,985647
p	Měsíce 3231,479 d.	0,111404
p_1	Slunce 20940 r.	0,000047
N	doba oběhu Ω po ekliptice 6798,364 d.	0,052954
Θ	den hvězdný 0,997270 d.	360,985647
τ	střední den měsíční 1,03505 d. = 24 h. 50,47 m.	$360^0 - 12^0{,}190750$

Obr. 1 až 5, SIA, Praha. — Dr. Václav Špaček.

Výstava vývoje pozemkového katastru.

Ing. Dr. JAN CÍSAŘ.

526:336.211(064)

(Dokončení.)

Reprodukce katastrálních map a jejich odvozenin.

Novou mapu katastrální potřebují mnohé úřady i soukromí zájemci. Originál by tedy nestačil k uspokojení všech zájmových kruhů. Finanční správa jej také nikomu nesvěří a nikdy jej nedá z ruky. To je nepsaný zákon od pradávna. Je proto zapotřebí opatřit spolehlivé otisky, které by se hlavně pro svou vynikající přesnost od originálu téměř nelišily. V té věci nelze se obrátit na tiskárny a dát novou mapu rozmnožit. Všechny podobné pokusy vždy žalostně ztroskotaly, i když katastrální správa spolupůsobila při tisku dohledem vlastních sil.

Proto byl již koncem roku 1818 zřízen litografický ústav pro tisk map stabilního katastru. Jeho velikou zásluhou je, že od všech originálních map opatřil otisky. Na nich byly jednotlivé parcely vybarveny jako na mapách originálních. Byly uloženy v ústředním archivu zřízeném roku 1833 a jsou tam uschovány dosud. Zachovávají nám přesně stav, jaký byl při založení stabilního katastru. Na mnohých originálních mapách byl tento stav porušen dlouholetým nakreslováním změn při vedení.

Reprodukční procesy nelze na výstavě ukazovat, poněvadž tu jde o provoz továrny, který se musí vidět na místě. Proto se výstava spokojila ukázáním 3 hlavních způsobů reprodukce, litografie, fotomechaniky a reflexu.

Nejdříve a nejdéle se používalo litografie. Kresba se přenesla z originální mapy pantografem na hlazenou desku ze solenhofenského vápence. Kresba se na vápenci vyryla, prohlubeniny se vyplnily černidlem a mapy se tiskly v průtahových lisech. Zprvu se papír vlhčil, t. zv. mokrá cesta, později se tisklo bez vlhčení. Vlhčení způsobovalo velké deformace papíru a snižovalo přesnost kresby. Také přenášením kresby pantografem trpěla přesnost. Byl tu vystaven litografický kámen, balvan značně silný a těžký, obrázek pantografu a krásný litografický otisk. Litografické otisky měly velmi pěkný vzhled, ale jejich přesnost byla nestejnoměrná.

Proto v roku 1912 byl zaveden postup fotomechanický. Při něm se kresba přenáší prosvětlováním mapy na zinkovou nebo hliníkovou desku, opatřenou citlivou vrstvou. Podobným postupem jako při fotografii se deska vyvolá a ustálí. Čáry se pak vyryjí

a tiskne se s desky opět v průtahových lisech. Byla vystavena deska, jejíž povrch je fialové barvy a v něm prosvítává mlhavý obraz kresby platné i neplatné. Na několika místech byl vyryt platný stav (neplatný se vynechává) a jemné rýhy jako stříbrné nitky ohraničovaly tu jasně jednotlivé parcely. Otisk mapy ukázal jemnost a stejnoměrnost rytiny. Zde je přesnost značná a může ji jen mírně snížit nejistota rytcova ve sledování fotografie čáry při rytí.

Od roku 1938 byla zavedena methoda reflexní a zdokonalena rytím na skle. Při této methodě se prosvětluje skleněná deska s jemnou citlivou vrstvou, až paprsky narazí na kresbu, přiléhající na citlivou vrstvu. Kde je kresba, jsou paprsky pohlcovány. Na nepokreslených místech se odrážejí od bílého papíru a znova procházejí citlivou vrstvou, která je v těch místech po odrazu — reflexu — osvětlena dvakrát. Rozdíl osvětlení stačí na nestejnoměrné zatvrdnutí emulse, která se pak odplavuje v místech, kde se paprsky od kresby neodrazily a kde tudíž dopadlo méně paprsků na citlivou vrstvu. Tato vrstva se může odplavit až na sklo, jde-li o mapy s jedinou kresbou (nové mapy), anebo jen částečně, je-li třeba vyrýt jen platnou kresbu na mapách vedených a vynechat kresbu přeškrtanou. Vyrytá nebo vymytá kresba se překopíruje fotomechanicky se skla na desku, s desky na gumový válec offsetového lisu a s válce se tiskne na papír.

U map z nového měření, kde není zapotřebí činnosti rytcovy, dosahuje se na otisku stejné přesnosti kresby jako je na originále. Na výstavě byly vyloženy 2 skleněné desky, jedna připravená pro rytí, jedna vymytá, osvětlená zdola tak, jako na ryteckém stolku. Positivní deska, z níž se zhotovuje negativ na válci a otisk, jenž je pak positivní, byly rovněž vystaveny.

V poslední části reprodukčního oddílu byly vystaveny ukázky zmenšenin 1 : 5000, 1 : 10 000, 1 : 25 000. Pro zajímavost byla vyhotovena také zvětšenina dokonale připraveného mapového listu 1 : 1000 do měřítka 1:500. Na prvý pohled bylo na zvětšenině patrno, že zvětšováním se nemůže získat, nýbrž jen ztratit na přesnosti. Proto vyhotovování zvětšenin, dokonce ze zastaralých katastrálních map a jejich přerýsování tak, že budí dojem mapy vzešlé z nového měření, je vlastně podvodem a musí podrývat důvěru jedněch techniků, kteří takových map musí užívat, k druhým, kteří tak mapy vyrábí.

Obrázek mapové pyramidy, jež obsahuje u základny mapy nejpodrobnější a u vrcholu mapy nejgeneralnější, vzniklé zmenšováním z map níže v pyramidě položených, dokazuje i při vyhotovování odvozenin oprávněnost hlavní geodetické zásady: postup z velkého do malého. Na dotvrzení toho byly vedle sebe vystaveny mapa generální (1 : 200 000), speciální (1 : 75 000), topografická (1 : 25 000), na nichž bylo žlutě zabarveno katastrální území Radotín. Tato skupina se připojovala na velikou mapu Radotína, složenou z nových příručních map. K porovnání nebylo zapotřebí slov. Z mapy 1 : 25 000 by se snad nikdo neodvážil zhotovovat mapu 1 : 1000 zvětšováním.

Obraz Radotína zmenšeného 1 : 1000 byl doplněn fotografií části území v takovém zmenšení, že průčelí budov byla na fotografii téměř přesně tak široká, jako jejich zobrazení na mapě. Totožné obrazy budov na fotografii a na mapě byly spojeny barevnými nitmi, aby souvislost byla návštěvníkovi na prvý pohled patrná.

Na volných místech uličky bylo množství fotografií strojů a činností reprodukčního ústavu. Malý odstup však způsobil, že tyto obrázky unikly úplně pozornosti návštěvníků.

Vceňování pozemků a různé přehledy.

Tato skupina, která patřila na konec stabilního katastru, musela být pro vhodnější využití místa umístěna až na konci celé výstavy. Bylo to částečně oprávněno, poněvadž v ní převládaly výsledky a přehledy činnosti nynějšího oddělení vceňovacího.

Z původního katastrálního vceňování byly vystaveny hospodářské popisy odhadních okresů a doklady pro zjišťování čistého výnosu u vzorkových pozemků. Zde již nebyla zachována názornost jako u předešlých oddílů, byl to spíše sklad částí vceňovacího operátu. Na uspořádání zde nebylo také tolik času, poněvadž výstava musela být do určitého termínu otevřena.

Na přehledné mapě byly vyznačeny hranice 7 odhadních obvodů, 96 odhadních okresů a 173 vtřiďovacích okrsků. Přehled byl dokonale propracován různým vybarvením ploch a různobarevným olemováním určitých obvodů.

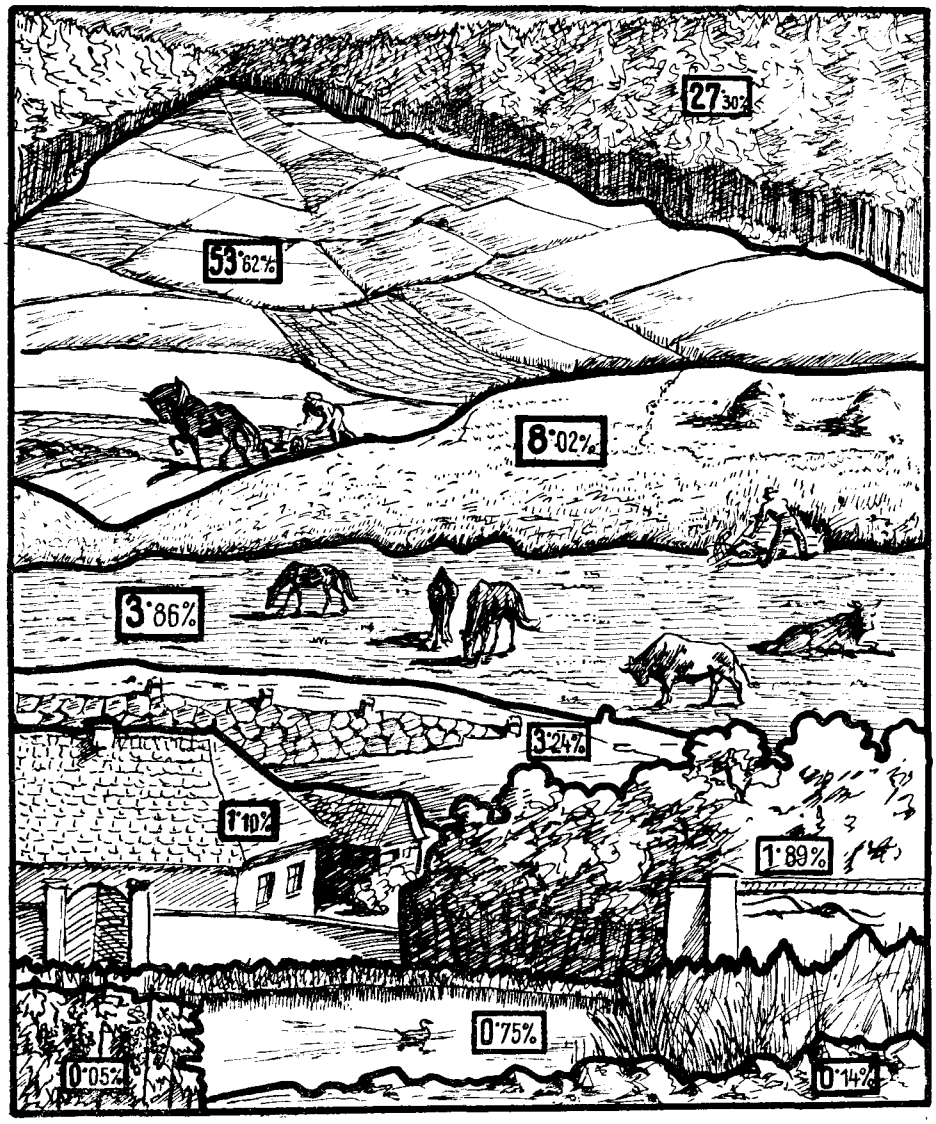
Na jiném přehledu byly vyznačeny druhy pozemků a rozhraní jakostních tříd pro vtřiďovací okrsek. Byly připojeny přehledné mapy styků sousedících odhadních obvodů, podle nichž byla porovnávána a upravována stejnoměrnost odhadu v obou obvodech. Bývalá indikační skizza, doplněná jakostními třídami s vyznačením jejich rozhraní a vzorkových pozemků, tvořila protějšek fotografie krajiny, do níž byla vepsána kromě parcelních čísel také čísla jakostních tříd.

V obrazu čtvrtkruhu byly uvedeny v kruhových výsečích poměrné velikosti tyto údaje o vykonaných různých pracích vceňovacích:

Vceňování po odvodňování	62 %
„ „ regulaci	27 %
„ „ zavodňování	5 %
„ „ slínování	2½ %
„ „ kultivaci	1½ %
„ „ rekultivaci	1 %
„ „ regulaci bystřin	1 %
„ „ poddolování	—
Celkem	100 %

V několika zasklených přihrádkách bylo vystavováno složení půdy různých vzorkových pozemků z okresů: Hradec Králové, Kolín, Slaný, Čáslav a Poděbrady. Jednotlivé rozdílné vrstvy byly na sebe nasypány, takže budily velmi názorný dojem řezu půdou.

Na terčovitém diagramu bylo vyznačeno rozpětí 177 tarifů pro jednotlivé druhy kultur. Každá kultura byla vyznačena mezikružím, jež bylo vybarveno v rozsahu od nejnižšího až do nejvyššího tarifu, který se u nás v příslušné kultuře vyskytuje.



Obr. 11. *Rozdělení půdy podle kultur.*

Podle diagramu vycházely tyto nejnižší a nejvyšší tarify:

role	14 až 128
louky	18 až 165
zahrady	40 až 165
vinice	42 až 132
pastviny	5 až 99
lesy	5 až 80
močály, jezera, rybníky	12 až 97

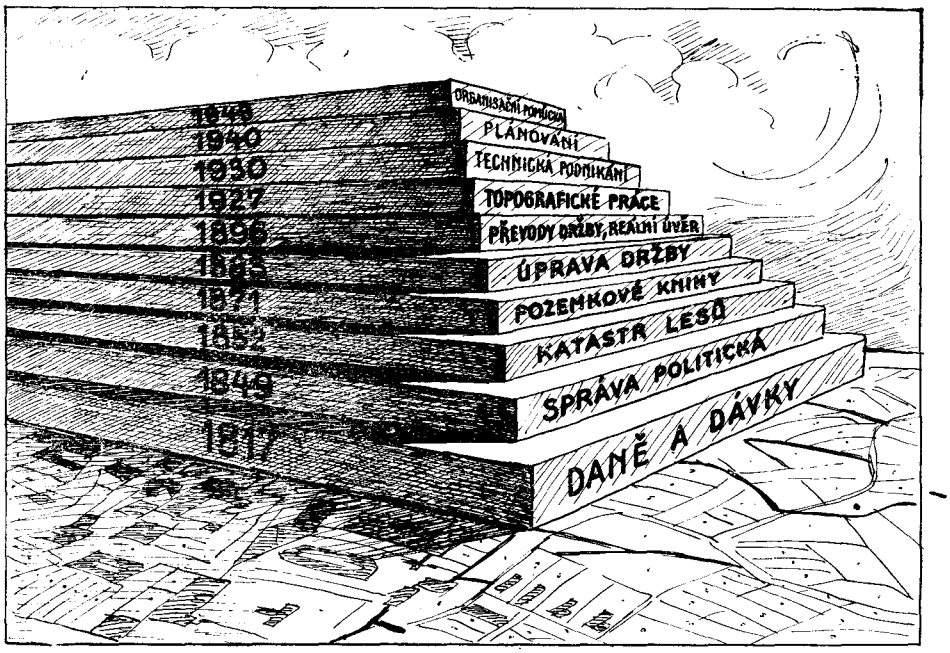
Následovaly diagramy pro určování výnosu pro určitý tarif od minima až do maxima rolí a luk, sestavené podle jednotlivých měřických okresů a přehled berních okresů podle dnešního katastrálního výtěžku. Průměrná výnosnost jednotlivých okresů byla odstupňována na přehledu sytostí vybarvení plošky okresu hnědou barvou. Nejsvětleji byly vybarveny plochy okresů nejchudších (výnos do 12,5%), nejtemněji okresy nejbohatší (od 37,5 do 67,5%). Obrázek řadí mezi chudší kraje Železnobrodsko, Příbramsko, Třeboňsko, Kamenicko, Počátecko, západní a východní Moravu, mezi nejbohatší Polabí, Velvarsko, okolí Prahy, Hanou a Brněnsko.

Značně místa a péče bylo věnováno úloze a výkonu vceňovacího oddělení v Čechách. Tyto pro celek podružné údaje byly zbytečně rozčleňovány podle měřických okresů, světových stran i doby zpracování.

Rozdělení půdy podle kultur v celém Protektorátu bylo názorně vyznačeno obrazem typického rázu kultur s udáním procent z celkové výměry Protektorátu. Podrobné údaje jsou patrny z následujícího výkazu a obrázku.

53,62%	rolí	=	2,657 983 ha
27,33%	lesů	=	1,354 849 ha
8,02%	luk	=	397 495 ha
3,86%	pastvin	=	191 338 ha
3,24%	jiných daně prostých ploch	=	160 452 ha
1,89%	zahrad	=	93 788 ha
1,10%	zastavených ploch a nádvoří	=	54 716 ha
0,75%	močálů, jezer a rybníků	=	37 334 ha
0,14%	neplodné půdy	=	7 042 ha
0,05%	vinic	=	2 453 ha

Zátiší, utvořené z pomůcek vceňovacího oddělení ukazovalo tříválcový vyplavovací přístroj Kopeckého,



Obr. 12. *Využití pozemkového katastru.*

vápnoměr Junkersův, síta na třídění částeček zemin různé velikosti, hmoždíře, kelímky, tyglíky, zkrátka všechny pomůcky, potřebné při moderním zkoušení půdy.

Grafikon o výnosu pozemkové daně a daní s ní souvisících, jakož i seznam norem, jež použily katastrálního výtěžku jako podkladu pro určování daní a dávek, ukázaly mnohostrannost a důležitost využití pozemkového katastru pro účely finanční.

Všeobecné využití pozemkového katastru od roku 1817 až do dnešní doby ukazoval obraz schodiště, jehož četné stupínky nesly letopočty a názvy zařízení, jimž výsledky katastrálních prací dobře slouží.

Přímé využití katastrální mapy ve větším rozsahu prokazoval rozsáhlý vyvlastňovací plán pro regulaci, v němž se zjistí části zabraných pozemků velmi jednoduše zakreslením nové držebnostní hranice nového díla.

Byl vystaven vzorný katastrální operát menšího katastrálního území a tiskopisy veřejných knih, s nimiž je katastr veden v souladu.

Z přehledné tabulky se návštěvník dověděl některé zajímavé údaje o pozemkovém katastru, který je nejrozsáhlejším a nejpodrobnějším soupisem u nás. Je to soupis 11,522 000 pozemků, geometricky zobrazených na 44 000 mapových listech, popsaných v 1,873 600 pozemnostních arších a v 8785 parcelních protokolech. Udržování souladu se skutečností vyžadovalo v posledních letech provedení asi $^1/_4$ milionu změn ročně.

Závěrem byla na svislém přehledu vyznačena organisace katastrální služby a na vodorovně položené přehledné mapě rozdělení měřických okresů s vyznačenými dohlédacími obvody. Spojitost výkonných úřadů se zemským finančním ředitelstvím byla názorně vyznačena barevnými nitmi, sbírajícími se z jednotlivých okresů na vodorovném přehledu do značky dohlédacího obvodu na svislém přehledu.

Sbírka katastrálních předpisů.

Na zvláštní galerii byly vystaveny předpisy a návody souvisící s katastrální službou. Nad nimi v podobě filmového pásu byl obrázky i hesly znázorněn přehled nejvýznamějších událostí, včleněných do vývoje katastru. Jsou tu uvedeny veřejné knihy a zákony, jimiž byly založeny, a druhy katastrů od Marie Terezie a normy, jež je uvedly v život. V to jsou včleněny druhy používaných soustav pro měření délky (loket, sáh, metr), myšlenkové směry (fysiokratismus pro nás nejdůležitější), jména nejvýznamnějších vynálezců a obrazy jejich hlavních vynálezů, názvy uměleckých slohů, jména vládců a nad tím vším měřítko roků, které vše rozčleňuje a vymezuje soudobost dějů a zjevů.

Knihy začínají josefinskou instrukcí pro měření všech užitečných pozemků a končí posledním vydáním instrukce A pro nejmodernější měření novodobé. Mezi těmito dvěma knihami je rozloženo na 128 norem a návodů.

Výstava se těšila mimořádnému zájmu a ačkoli nebyla určena pro veřejnost, navštívilo ji přes 3000 osob. Splnila tudíž nad očekávání svůj účel — upozornit na zeměměřičské práce u nás a na jejich důležitost.

Použité prameny:

Placht: České daně.
Pekař: České katastry.
Pekař: Kniha o Kosti.
Pospíšil: Klikov na panství chlumeckém.
Teyssler-Kotyška: Technický slovník naučný.
Zápisy v pamětní knize obce Boru
Různé instrukce a předpisy katastrální.

Obr. 1 až 13, SIA, Praha. — Ing. Dr. Jan Císař.

LITERÁRNÍ NOVINKY

Posudky.

Univ. docent Dr. Karel Kuchař: **Kapitoly z nauky o mapách** (2. vyd.). Kniha rozm. 17,5×24,5 cm, 124 stran se 117 obrázky v textu. Melantrich, Praha 1943.

Autor této zajímavé publikace, která vyšla už ve druhém vydání a je zase úplně rozebrána, je známý svou rozsáhlou činností při zhotovování a vydávání velkého počtu různých map, sloužících k informaci o současných světových událostech. V předmluvě píše, že chtěl napsat pomůcku pro všechny, kdož při školním či soukromém studiu, při vyučování, při svém zaměstnání anebo z osobní záliby sahají k mapě jako bohatému zdroji zeměpisného poučení. Snažil se čtenáře poučit, jak lze co nejvíce z hodnot v každé mapě obsažených vytěžit. Vysvětluje proto vznik, podstatu a význam map. — Obsáhlý a dosti nesnadný úkol, který si autor v předmluvě vytkl, se zdařil a výsledkem je pěkná kniha, kterou se zájmem si přečte i každý zeměměřičský inženýr, zejména už proto, že látka v knize obsažená úzce souvisí s jeho oborem a dřívější studium geodesie a kartografie mu četbu velmi usnadňuje.

Kniha má tři hlavní kapitoly, jež se dělí na řadu dalších téměř samostatných statí, tvořících dobrý celek. Kapitola *I.*, nazvaná »*Pohled do minulosti map*«, má 28 stran a na první stránce obrázek t. zv. babylonské mapy světa (z doby as 500 př. Kr.) a krom toho obsahuje dalších 27 ukázek různých starých map. Dočteme se tu o starověké řecké a římské kartografii, o středověké kartografii církevní a kartografii arabské, dále o počátcích námořních map, o renesanci kartografie a nizozemské kartografické škole a o reformaci kartografie. Druhá polovina kapitoly je věnována podrobnému mapování, stručnému popisu starých map českých zemí až do r. 1720 a mapě Moravy do r. 1716. Zakončuje zmínkou o vojenských mapách v našich zemích a upozorněním na práce »nestora českých zeměměřičů, prof. J. Petříka«.

Kapitola *II.*, pojmenovaná »*Geometrie vzniku map*«, má celkem 55 stran a začíná obsažným soupisem hlavní literatury a odborných časopisů (v seznamu je též Zeměměřičský obzor). Hlavní oddíl pojednává o zobrazovacích způsobech geografických map (způsoby azimutální, válcové, kuželové, obecné, zobrazovací způsoby topografických map). Text je doplněn 37 zajímavými a z části málo známými ukázkami různých zobrazení světadílů. Stať o vyšetřování skreslení na geografických mapách, doplněná tabulkou vzorců, tuto pozoruhodnou kapitolu ukončuje.

Poslední kapitola, »*Geometrie užití map*«, pojednává stručně na 34 stranách o měření na mapách, o určování zeměpisných souřadnic z map, o měření délek, úhlů a ploch z map a o jejich přesnosti; zmiňuje se přitom o různých chybách a upozorňuje na vliv deformace papíru a na generalisaci. Následují odstavce o měření na obrazu topografické plochy, o objemu topografického tělesa, o střední výšce, o skutečném areálu a o středním sklonu topografické plochy. Popisuje také sestrojení kopií mapy s použitím pantografu a Kuchařova afinografu. V poslední kapitole je též řada různých pomocných a převodných tabulek, které však obsahují několik menších nedopatření, zaviněných tiskem (na př. na str. 100).

»*Kapitoly z nauky o mapách*« jsou bezvadně vypraveny, napsány srozumitelně a vynikají pěkně provedenými reprodukcemi a vzornou kresbou mnoha velmi pracných obrázků. *Klobouček.*

Prof. Ing. Dr. Jaroslav Černý: **Vodní knihy, vodní právo a vodoprávní technika.** Publikace ministerstva zemědělství a lesnictví č. 97, rok 1943, 906 stran a 12 tabulek. Brož. výtisk 190,— K.

Známý pracovník v oboru vodní techniky a vodního práva prof. Dr.. Černý vydal pramenné dílo z oboru vodního hospodářství, které svým rozsahem i obsahem zaslouží zvláštní pozornosti.

Kniha má dva svazky. V prvém svazku, psaném česky (do str. 498) jedná autor o vodním zákonodárství, o vodních knihách a o vodní administrativě u nás a v cizině způsobem, který umožňuje každému, že si může osvojiti a vzájemně porovnati předpisy naše i cizí. Podává všestranná poučení pro řešení úloh z oboru vodoprávní techniky a přehled nálezů nejvyššího správního soudu ve věcech vodních. Na str. 489 a 492 jsou otištěny pro některé obvody vodních knih seznamy meliorací, vodovodů, děl sílotvorných a odpadních vod. Po prostudování podává se myšlenka, že by bylo žádoucí, aby podle těchto vzorů a zvláště podle tabulky pro vodní díla s odpadními vodami, vztahující se k obvodu vodní knihy Hradec Králové, byly vypracovány seznamy pro všechny okresní úřady Čech a Moravy.

V druhém svazku, psaném česky a německy (od str. 499) rozřešil autor důležitou otázku účelného vedení vodních knih na hydrologických základech a svými seznamy, tabulkami a mapami podal odborné veřejnosti nedocenitelnou pomůcku, podle níž možno uvésti do pořádku naše vodní knihy. Autor doporučuje, aby tento pořádek ve vodních knihách byl proveden bezodkladně.

Podle tabulek, seznamů a map díla lze nalézti pro kteroukoliv obec na bývalém území země České, zda zůstala na území Protektorátu, či byla-li včleněna do sudetoněmeckého území celá nebo jen částečně, v kterém správním okresu Protektorátu neb sudetoněmeckého území leží nyní, jaké administrativní změny byly provedeny do konce června 1943, v povodí kterého toku a v které hydrologické plošce leží, jak je velké povodí v kterémkoliv místě na býv. území země České, kde lze nalézti data o dílech k využití vodní energie a podobně. Podle tabulek a map lze sledovati, na která silotvorná vodní díla může míti vliv jakákoliv projektovaná vodní stavba neb znečištění vody.

Z připojených map jsou zvláště význačné hydrologické mapy Horního Labe (tab. VII a XI) v měřítku 1:400 000. Na tab. VII jsou vyznačeny odlišnými barvami hydrologické plošky, podle nichž mají býti uspořádány přihrádky skříní pro vodní knihy, kdežto na tab. XI jsou vyznačena odlišnými barvami povodí vyznačených toků. Na přehledných mapách připojených těmto mapám v měřítku 1 : 1 500 000 jsou vyznačeny odlišnými barvami obvody správních okresů podle stavu před 1. X. 1938 (tab. VII) a podle stavu ke dni 30. VI. 1943 (tab. XI).

Autor od začátku své činnosti v oboru vodoprávní techniky šel za svým cílem s pevnou vůlí, houževnatostí, neúmornou pílí, uveřejnil z tohoto oboru již přes 60 publikací a prací, z nichž čtvrtina vyšla za hranicemi našich zemí a nyní se mu podařilo vybudovati dílo, jež nemá vzoru ani v literatuře světové. Celý náš hospodářský život, pokud přichází do styku s otázkami vodní techniky a vodního práva sáhne proto pro poučení po tomto díle. *P.*

RŮZNÉ ZPRÁVY

Vyrovnání českomoravské základní sítě. Vyrovnání velkých základních sítí trigonometrických je vždy velmi vzácnou geodetickou událostí, byť by se odehrávala již jen v kanceláři. Aby byla splněna podmínka nejmenšího součtu čtverců chyb a vyhovělo se všem geometrickým podmínkám v síti, jest nutno řešiti veliký počet normálních rovnic. V Zeměměřičském obzoru byl v r. 1942 uveřejněn složitý a pracný postup, jaký byl nutný při vyrovnání české sítě. Tam bylo řešeno 124 normálních rovnic a výpočty byly dokončeny v červenci 1943. Moravská síť

(47 rovnic) byla v jádře dokončena v březnu 1944 a zbývají jen práce redakční.

S tímto dílem je nerozlučně spojeno jméno našeho význačného geodeta, min. rady Ing. Josefa Křováka, který pro vybudování základní sítě již předem vytvořil potřebné tabulky, vypracoval měřické methody, pro její vyrovnání vlastní teoretickou i počtářskou methodu a veškeré výpočetní práce sám organisoval a řídil. A věru, tyto rozsáhlé výpočty snad nejvíce ze všech geodetických počtů potřebují dobrou a předem připravenou organisaci.

Tvůrce tohoto díla se dožije letos v říjnu 60 let a dnem 1. dubna odcházel ze Zeměměřičského úřadu na odpočinek. Můžeme zde mluviti o dvojím štěstí. Osobním pro min. radu Ing. Křováka, že mohl zdárně dokončiti své životní dílo a pak o štěstí pro dílo samé, že budování našich geodetických základů řídil nepřetržitě po dobu téměř 25 let muž silné osobnosti. Jen takový mohl celému dílu vtisknouti pečeť svého ducha a nesmlouvavě přes mnohé překážky dovésti ke zdárnému dokončení.

Naše zeměměřičská veřejnost je přesvědčena, že p. min. rada Ing. Křovák nikterak neustane ve své vědecké činnosti a že nás brzy opět překvapí dalšími plody svého vynalézavého ducha. *Böhm.*

Zeměměřičský úřad Čechy a Morava. Pokračujeme v referátu o činnosti Zeměměřičského úřadu.

Referát pro zhuštění sítě. Tento třetí referát trigonometrického oddělení buduje na našem území říšskou soustavu pevných bodů, ke které patří:

říšská trojúhelníková síť, t. j. trigonometrické body I. a II. řádu,

zemská trojúhelníková síť, t. j. body III. a IV. řádu,

podrobná síť, t. j. trigonometrické body V. řádu.

Všechny tři sítě vznikají jednak transformací trigonometrických bodů jednotné sítě katastrální a sítě podrobné, jednak novými triangulacemi. Říšská trojúhelníková síť má míti na našem území 430 bodů. Určeno je dosud 405 bodů, zbývá určit 25 bodů. Zemská síť má míti 7.460 bodů, dosud je zaměřeno 4.414 bodů, zbývá určit 3.046 bodů. Podrobná síť má obsahovat 41.685 bodů. Dosud je zaměřeno 11.259 bodů, zbývá tedy zaměřit 30.426 bodů. Počet bodů u podrobné sítě je proto tak veliký, že výnos o soustavě pevných bodů předpisuje na 1 km² jeden trigonometrický bod.

Určení polohy trigonometrických bodů zemské a podrobné sítě provede se zpravidla trigonometricky. V území, kde je trigonometrické určení zvlášť svízelné, může býti poloha bodu určena také přesnými polygonovými pořady. Body všech tří sítí se stabilisují žulovým hranolem 16×16×90 cm s označením TP na jedné straně a s vytesaným trojúhelníkem (bez letopočtu) na straně druhé. Podzemní stabilisací je žulová deska s vytesaným křížkem, na kterou se přímo umísťuje stabilisační hranol. Každý bod se zajišťuje nejméně dvěma značkami pod povrchem ve vzdálenosti dvou až osmi metrů takovým způsobem, aby případně poškozená stabilisace mohla být znovu přesně obnovena. U trigonometrických bodů, na kterých není možná orientace na jiný bod (na př. v lese), se ve vzdálenosti nejméně 100 m zaměří polární metodou druhý bod, t. zv. dvojenec, a normálně se stabilisuje.

Nivelační oddělení: Referát pro říšskou výškovou síť. Jedním z prvních úkolů nivelačního oddělení bylo připojení sítě přesné nivelace na území Protektorátu (7.457 km nivelačních pořadů s 15.615 pevnými body osazenými výškovými značkami) k říšské výškové síti. Jako podklad tohoto připojení byla v letech 1939 až 1940 vybudována nová základní síť přesné nivelace I. řádu podle zásad platných pro nivelace vysoké přesnosti a připojena k sedmnácti pořadům I. řádu říšské výškové sítě, které vyúsťovaly u hranic Protektorátu. Připojení bylo provedeno překryty, t. j. společným měřením úseků asi 2 km dlouhých. Nová základní síť má míti deset základních nivelačních značek, souměrně rozložených po celém území Čechy a Moravy.*) Dosud byly zřízeny tři základní značky, u Benešova (Mráč), u Skutče (Vrbatův Kostelec) a u Brna (Omice).

V r. 1942 bylo referátem provedeno vyrovnání V. dílu říšské výškové sítě, ke kterému náleží i území Čech a Moravy. Vyrovnáno bylo současně 31 polygonů I. řádu s 60 uzlovými body a získán tak základ k převodu všech nivelačních značek vztažených k nulovému horizontu jižnímu (jaderskému) na nulový horizont severní. Výchozí bod tohoto horizontu, t. zv. normální nula, je umístěn východně od Berlinu mezi Herzfelde a Hoppegarten a leží přesně 37 m nad nulovým bodem vodočtu v Amsterodamu. Rozdíly mezi původními a novými výškovými údaji vzrůstají na území Protektorátu od západu k východu a činí 25 až 40 cm.

V letech 1941—1943 byla základní síť zhuštěna nivelačními pořady II. řádu a bude v nejbližší době dokončena. Pořady I. a II. řádu jsou vedeny výlučně po silnicích. Ke stabilisaci výškových bodů je užíváno jen čepových značek, zapuštěných do stabilisačních žulových hranolů nebo do zdí budov či jiných pevných objektů. Zvlášť důležité body se stabilisují podzemní značkou v provedení, které je zavedeno u Říšského úřadu pro vyměřování země.

V roce 1943 účastní se referát měření tíže, které znamenají pro přesnou nivelaci další pokrok ve vyšetřování dynamických oprav nadmořských výšek.

Referát pro zhuštění sítě buduje technicko-hospodářskou síť tak, aby vyhovovala potřebám technické veřejnosti. Mimo to zkouší a zhodnocuje t. zv. místní výškové sítě, vyhotovené korporacemi a osobami stojícími mimo Zeměměřičský úřad.

Základní síť spolu se sítí hospodářsko-technickou a s převzatými místními sítěmi tvoří jednotnou protektorátní výškovou síť, která má být provedena v takové hustotě, aby podél každé komunikace a podél každého význačnějšího vodního toku probíhal nivelační pořad a aby na území každé obce byly určeny 2—3 pevné body přesné nivelace. Celkem bude zapotřebí asi 50.000 km nivelačních pořadů a asi 100.000 výškových značek. Dosud je zaměřeno 12.640 km a stabilisováno 24.993 značek.

Referát nivelační redakce zpracuje nivelační díla sestavováním výkazu pevných nivelačních bodů, který sestává z kartoteky pevných výškových bodů, ze sbírky přehledných map se zakreslenými pevnými body a z výsledků přesné nivelace. Kromě toho redakce převádí nadmořské výšky z jižního horizontu na severní a naopak, systematicky reviduje přestárlé pořady a vydává výškové údaje pro povinné připojení výškových měření na protektorátní výškovou síť.

Hraniční oddělení. Referát pro říšskou hranici zaměřil v roce 1941 hranici se Slovenskem. Na úseku 186,4 km dlouhém je umístěno 3340 hraničníků a podél řeky Moravy, která tvoří hranici v délce 35,6 km, je umístěno 201 dřevěných kolů, polygonálně zaměřených. Situační a výškové určení hranice si vyžádalo 4.548 polygonálních bodů. Hranice je znázorněna na 45 listech v měřítku 1 : 5.000 a průběh hraniční čáry je číselně zajištěn v 147 hraničních nárysech.

Referát pro protektorátní hranici vytýčil v době od 5. XII. 1938 do 29. I. 1939, tedy za necelé dva měsíce 30 polními skupinami protektorátní hranici v délce 2705 km s 42.178 kolíky. Dále provedl zákres hranice do katastrální mapy v 615 katastrálních obcích a nyní pečuje o udržování hranice kolíky vyznačené. V r. 1943 byl zrevidován průběh hranice severní Moravy, při čemž bylo obnoveno 4.845 ztracených kolíků, tedy téměř 60%.

B. (Pokračování.)

*) Ing. O. Krčmář: Dvacet let výškopisných prací v Čechách a na Moravě. Zeměměřičský obzor, ročník II. a III.

Hlavní a odpovědný redaktor: Ing. Bohumil Pour. — Majetník a vydavatel Spolek českých inženýrů. — Tiskem knihtiskárny »Typus« v Praze XVI. Telefon 410-62. — Redakční korespondence budiž řízena na adresu hlavního redaktora Praha XIV., Krušinova 42.