

Inž. Ladislav Košťál, VÚHU :

PROVÁDĚNÍ ŠIKMÝCH VRTŮ PRO ÚČELY PODZEMNÍHO ZPLYŇOVÁNÍ UHLÍ

Úvod

Podzemní zplyňování uhlí je těžební metoda určená pro dobývání méně hodnotného hnědého uhlí s popelnatostí do 55 % v sušině na lokalitách se skrývkovým poměrem pro lomovou těžbu neekonomickým. Zplyňování uhelných slojí 2 - 7 m mocných se provádí pomocí vertikálních, s povrchu hloubených vzduchových a plynových vrtů, jejichž průměr činí 191 - 406 mm.

Technologie hloubení vertikálních vrtů je stejná jako při bezjádrovém provádění vrtů naftových. Pro tyto účely existuje řada vhodných vrtných souprav.

Zplyňování uhlí je však doprovázeno deformací nadloží, a to jak ve směru vertikálním, tak i horizontálním. Dosah těchto deformací je dán hodnotou záložového úhlu Δ , jehož hodnota činí na lokalitě PZU $45^\circ - 50^\circ$.

S postupem zplyňování dochází k protínání osy vrtu s rovinou záložového úhlu (viz. obr. 1), a tím k deformaci pažnic, která je největší na rozhraní dvou horninových vrstev různých fyzikálně-mechanických vlastností (uhelná sloj / jíl, resp. jíl / písek nebo štěrk).

Vrt č. 1 celý prochází nadloží záložového úhlu a nedozná deformací pouze v případě, že byl vyhlouben v době, kdy zplyňování postoupilo do bodu A. Tento případ není možný, neboť technologie PZU vyžaduje, aby vrty v generátoru byly hloubeny v předstihu před ohňovou frontou minimálně o dvě řady (50 m).

Z toho důvodu svrchní část každého vrtu následující řady (ozn. jako 2) je vystavována deformacím. Spodní část vrtu v podloží záložového úhlu deformována není. Proto při zplyňování uhelných slojí, jejichž mocnost přesahuje 7 m, nelze se spravidla obejít bez vrtů hloubených s povrchu šikmo pod úhlem α , menším než hodnota záložového úhlu Δ , nebo pod sklenem, který se záložovému úhlu blíží.

Jen v tom případě lze se vyhnout deformacím a tím i předčasnému vyřazení vrtů z technologického procesu.

V roce 1962 byly ve VÚHU zahájeny práce na vývoji prototypu vrtné soupravy pro šikmé vrty s požadovaným úklonem až 45° od vertikály, protože bylo

zjištěno, že v ČSSR nevlastní podobnou soupravu žádná z organizací zabývajících se vrtnými pracemi.

Základní údaje o vrtné soupravě ŠVS 120/45°

Vrtnou soupravu tvoří po konstrukční stránce :

- 1/ Nosný rám
- 2/ Vrtný stožár spojený s rotačním zařízením
- 3/ Těžní zařízení
- 4/ Výplachové čerpadlo.

Počáteční průměr vrtu	245 mm
Konečný průměr zapaženého vrtu	152 mm
Maximální délka vrtu (teoretická)	180 m
Maximální délka vrtu (optimální)	120 m
Úklon vrtu (od svislice)	15° - 45°
Celkový zabudovaný výkon elektromotorů /včetně pohonu výplachového čerpadla/	45,165 kW
Přibližná celková váha (bez nářadí)	6 000 kp
Specifický tlak na podložku	0,3 kp/cm ²

Vrtný stožár :

Sklon od svislice	15 - 45°
Délka vodící dráhy pro těžní vozík	5 000 mm
Užitečná délka vodící dráhy	3 900 mm

Rotační zařízení :

Rotační stůl	RS 10"
Otáčky rotačního stolu	n ₁ = 40/min
	n ₂ = 60/min
	n ₃ = 100/min
Motor DF 9b D8, výkon	9 kW

Těžení :

Rychlosdvih (I. rychlost)

Výkon motoru	14 kW
Rychlost řetězu	0,3 m/sek

Přítlačování a nadlehčování (II. rychlost)

Výkon motoru	0,165 kW
Rychlost řetězu	0,15 m/min

Výplachové čerpadlo LPV 4" x 6"

Dopravované množství	316 l/min
Provozní tlak	26 atp
Výkon hnacího motoru	22 kW

Provedení zkoušek prototypu soupravy při provozu

Vzhledem k tomu, že při PZU tvoří podzemní generátor síť vrtů, které jsou navzájem od sebe vzdáleny 25 m, klade se velký důraz na dodržení stanoveného azimutu i zenitního úhlu projektované osy vrtu. Skutečné souřadnice počvy vrtu nesmí se od projektovaných souřadnic lišit o více než ± 5 m. Tomuto základnímu požadavku musí se podříditi všechny technologické parametry, jakož i způsob vrtání.

V revíru SHR a pravděpodobně nikde jinde v terciérních horninách v ČSSR doposud vrty podobné konstrukce provedeny nebyly. Lze proto zpracovanou technologii považovat v ČSSR za originální.

A/ Předpokládaný geologický profil přepočítaný dle projektovaného a skutečného úklonu vrtů $\sigma = 40^\circ$.

Poř.č.	Vrtem zjištěná mocnost	H o r n i n a	Vzdálenost od ohlubně vrtu
1.	0,50	Ornice	0,50
2.	11,30	Jíl	11,80
3.	5,40	Písek jemnozrný suchý	17,20
4.	7,10	Jíl slabě zpevněný	24,30
5.	9,50	Uhlí jílovito-mourovité	33,80
6.	3,70	Jíl s uhelnou substancí	37,50
7.	1,70	Uhlí pevné	39,20
8.	2,50	Jíl s příměsí uhelné substance	41,70
9.	1,40	Uhlí	43,10
10.	17,90	Jíl	61,00
11.	0,70	Pískovec silně zpevněný	61,70
12.	1,80	Jíl zbarvený uhelnou substancí	63,50
13.	1,80	Uhlí jílovito-mourovité	65,30
14.	7,50	Jíl černohnědý s příměsí uhelné subs.	72,85
15.	0,20	Peloiderit šedý pevný	73,00
16.	0,20	Jíl	73,20
17.	12,40	Písek jemnozrný	85,60
18.	6,40	Jíl šedý jemně písčité	92,00

B/ Konstrukce vrtu

Průměr vrtání :	0,0 - 5,00 m	Ø 245 mm
	5,00 - 89,60 m	Ø 216 mm
Pažení :	0,00 - 5,00 m	Ø 241/227 typ III.
	5,00 - 89,50 m	Ø 152/142 typ III. - Pouze kalibro- vání vrta 8 m dlouhou kolonou, za- puštěnou na vrtných tyčích.

C/ Způsob vrtání

Úsek 0,0 - 5,0 m. Předvrt pro úvodní kolonu pažnic byl proveden lžicovým vrtákem průměr 245 mm délky 0,50 m do hloubky 5,00 m. Počet otáček rotačního stolu činil 60/min. Do téže hloubky byly zapuštěny pažnice průměr 241/227 a jejich pravotočivé závitky byly zavařeny, aby v průběhu vrtání nedošlo k jejich samovolnému rozšroubování. Pro lepší manipulaci v šikmé poloze byla kolona sestavena z manipulačních kusů à 2,0 m.

Od hloubky 5,00 m byl použit jílový výplach. Vrtáno bylo třílísto - vým dlátem průměru 216 mm běžné konstrukce.

Aby nedocházelo k samovolnému křivení vrtu, byly nad dláto zařazeny dva stabilizátory úklonu a směru vrtu, jejichž délka činila 5,80 m. Stabilizátor (viz obr. č. 2) je zhotoven z 2,9 m dlouhé zátěžné tyče průměr 95 mm, přes kterou je převlečena 2,5 m dlouhá pažnicová trubka průměr 7 mm na obou koncích upravená do kuželu a přesně soustředěně k ní též na obou koncích přivařená. Prostor mezi stěnami stabilizátoru je dutý, vzduchem vyplněný, čímž se zmenšuje zdánlivá váha o hydrostatický tlak. Tendence vyrovňování vrtu směrem k vertikále se tím zmenšuje.

V hloubce 16,70 m a 50,00 m byla provedena kontrolní měření úklonu vrtu, která potvrzovala správnost níže uvedených základních technologických parametrů.

Osový tlak na dláto	odhad 2 000 kp
Počet obrátek	60/min
Množství výplachu	316 l/min
Tlak výplachu	4 - 8 atp (s hloubkou vrtu).

)/ Kalibrování vrtu pažnicemi průměru 152 mm

Provozní vrt musí být pro účely PZU zapažen pažnicemi minimálního průměru 152/142 mm. V rámci vyhodnocení technologie vrtání bylo proto provedeno jeho kalibrování tak, že na soutyčí byl zapuštěn pás sestávající z 8 m pažnic uvedeného průměru až na jeho počvu. Takto sestavená kalibrační kolona byla zapuštěna do hloubky 89,50 m bez obtíží, což je důkazem dostatečné průchodnosti vrtu po celé jeho délce i přes existující složité geologické podmínky.

5/ Inklinometrické vyhodnocení vrtu a stanovení maximální chyby při určení souřadnic počvy vrtu

V průběhu vrtání byl úklon vrtu proměřen třikrát inklinometrem IG 70. Pro velký úklon vrtu a vysokou objemovou váhu použitého výplachu nepostačovala vlastní váha přístroje k překonání tření o stěnu vrtu a jeho spodní části. Při všech třech měřeních se podařilo zapustit inklinometr vždy cca 10 - 15 m nad počvu vrtu. Protože proměřený úsek vykazoval vždy projektované hodnoty, lze předpokládat, že i zbylý neproměřený úsek od 75,0 do 89,60 m odpovídá požadavkům na zachování stanovených parametrů úklonu.

Výpočet průběhu osy vrtu č. 1

Úchylka provozního vrtu PZU od zadaného směru je nežádoucí, protože znesnadňuje zapouštění technické kolony pažnic a porušuje pravidelnost čtvercové sítě vrtů podzemního generátoru. Proto nesmí přesáhnout odchylka projektované a skutečné polohy vrtu (jeho počvy) $\pm 5,0$ m v libovolném směru a to bez ohledu na mocnost a hloubku uložení uhelné sloje.

Naměřené a vyhodnocené hodnoty jsou uvedeny v příloze, v níž jsou uvedeny i rozdíly vypočtených a projektovaných hodnot, jakož i střední chyby souřadnic a hloubky stanovené metodou vyrovnávacího počtu. Střední chyby nejsou výsledkem opakovaného měření, nýbrž vyjádřením přesnosti použitého inklinometru a délkového měření na karotážním kabelu.

Výrobce určená přesnost inklinometru činí $\pm 0,5^\circ$ v odklonu a $\pm 5^\circ$ v azimutu a 1 % při délkovém měření (při pečlivé práci).

Výpočet střední chyby souřadnic

Při výpočtu jsou použity tyto hodnoty středních chyb :

$$m_l = \pm 0,09 \text{ m } (\pm 1 \%), m_f = \pm 0,5^\circ \text{ a } m_\sigma = \pm 5^\circ.$$

Hodnoty středních chyb m_f a m_σ musí být převedeny do obloukové míry :

$$m_f = m_f^\circ / \rho^\circ = 0,5^\circ / 57,3^\circ = 0,006726 \text{ (} \rho^\circ = 57,2958^\circ \text{)}$$

$$m_f^2 = 0,00001$$

$$m_\sigma = m_\sigma^\circ / \rho^\circ = 5^\circ / 57,3^\circ = 0,08726$$

$$m_\sigma^2 = 0,0076143$$

Po předešlém tabulkovém výpočtu provede se výpočet střední chyby souřadnic bodu v hloubce 80,0 m, když maximální hloubka zapuštění inklinometru činila 75,0 m (měřený bod 17, viz tabulka). Tato střední chyba je ovlivněna chybami měřených azimutů, jakož i horizontálních délek.

$$M_{x_\sigma}^2 = m_\sigma^2 \cdot \sum_{i=1}^{i=17} \Delta y^2 = 0,0076 \times 57,046 = 0,433$$

$$M_{x_\sigma} = \pm 0,658 \text{ m}$$

$$M_{y_\sigma}^2 = m_\sigma^2 \cdot \sum_{i=1}^{i=17} \Delta x^2 = 0,0076 \times 103,801$$

$$M_{y_\sigma} = \pm 0,888 \text{ m}$$

$$M_{x_s}^2 = \sum_{i=1}^{i=17} m_{s_i}^2 \cos^2 \sigma_i = 0,032$$

$$M_{x_s} = \pm 0,180 \text{ m}$$

$$M_{y_s}^2 = \sum_{i=1}^{i=17} m_{s_i}^2 \sin^2 \sigma_i = 0,016$$

$$M_{y_s} = \pm 0,127 \text{ m}$$

Střední chyba souřadnic bodu č. 17 v hloubce 80,0 m je pak :

$$M_{x_{17}} = \pm \sqrt{M_{x_\sigma}^2 + M_{x_s}^2} = \pm \sqrt{0,433 + 0,032} = \pm \sqrt{0,465} = \pm 0,582 \text{ m}$$

$$M_{y_{17}} = \pm \sqrt{M_{y_\sigma}^2 + M_{y_s}^2} = \pm \sqrt{0,789 + 0,016} = \pm \sqrt{0,805} = \pm 0,897 \text{ m}$$

Celková střední chyba bodu č. 17 v rovině x, y činí

$$M_{17} = \pm \sqrt{M_{y_{17}}^2 + M_{x_{17}}^2} = \pm \sqrt{0,465 + 0,805} = \pm \sqrt{1,270} = \pm 1,130 \text{ m}$$

Střední chyba v určení hloubky bodu č. 17, tj. převýšení ohlubně vrtu nad tímto bodem se určí ze vztahu :

$$m_{17}^h = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{17} m_{hi}^2} = \pm \sqrt{0,0791} = \pm 0,282 \text{ m}$$

Výpočet projektovaných souřadnic bodu č. 17 v šikmé hloubce 80,0 m

Základní parametry vrtu, : $\delta = 40^\circ$

$$\sigma = 217^\circ 10' \text{ (katastr. jižník)}$$

$$L = 80,00 \text{ m (šikmá hloubka bodu)}$$

$$\text{Souřadnice ohlubně vrtu : } Y_1 = 807\,316,59 \quad X_1 = 997\,460,77 \text{ m}$$

$$\text{Horizontální délka } S_{1-17} = L \sin \delta = 80 \times 0,6426 = \underline{51,42 \text{ m}}$$

Převýšení ohlubně nad bodem č. 17, tj. H_{1-17} se rovná :

$$H_{1-17} = L \cos \delta = 80 \times 0,7660 = \underline{61,28 \text{ m}}$$

Projektovaný rozdíl Yové a Xové souřadnice :

$$Y_{1-17} = S_{1-17} \times \sin \sigma = 51,42 \times (-0,6041) = \underline{-31,06 \text{ m}}$$

$$X_{1-17} = S_{1-17} \times \cos \sigma = 51,42 \times (-0,7969) = \underline{-40,98 \text{ m}}$$

Projektované souřadnice bodu č. 17 jsou pak :

$$Y_{17} = Y_1 - Y_{1-17} = 807\,285,53 \text{ m}$$

$$X_{17} = X_1 - X_{1-17} = 997\,460,77 \text{ m}$$

Maximální možná odchylka měřitelné polohy bodu v hloubce 80,0 m určené i s ohledem na vlastnosti použitého inklinometru je dána vzdáleností "1" skutečné a projektované polohy měřeného bodu, tedy :

$$1 = \sqrt{(31,06 - 30,15)^2 + (40,98 - 40,74)^2} = 0,94 \text{ m a s ohledem na přesnost měření}$$

$$1 = 0,94 \text{ m} \pm 1,13 \text{ m, tj. } 1 = \begin{matrix} + 2,07 \text{ m} \\ - 0,19 \text{ m} \end{matrix}$$

=====

Vypočtené hodnoty odpovídají úvodnímu požadavku !

F/ Geologické vyhodnocení vrtu

Protože vrt byl prováděn třílistovým dlátem s plnou čelbou, bylo možno jej vyhodnotit pouze nepřímou na základě výsledků karotážního měření.

V souhrnu lze říci, že to nepostačuje k vymezení aktivní části jednotlivých vrtů a tím i k určení hloubky jeho zapažení. Proto u vrtů určených pro technologii PZU musí být přes sloj určenou ke zplyňování proveden předvrt na jádro průměrem 137 mm, resp. 112 mm, doplněný karotážním měřením v běžném rozsahu včetně GK případně GKG.

G/ Časový rozbor a docílená vrtná rychlost na vrtu č. 1

Rozbor byl proveden na základě údajů vedených chronologicky ve vrtném deníku. Celkem bylo spotřebováno 349 strojových hodin, jejichž rozbor je uveden v následující tabulce.

Provedeme-li při vyhodnocení vyloučení neproduktivních hodin z důvodů technologických obtíží, různých konstrukčních vad, poruch, čekání na opraváře, nezpracovanost nové osádky na tomto vrtném stroji a této technologii, představuje toto časové snížení značné zkrácení soupravohodin potřebných ke zvládnutí této technologie vrtání.

Za neproduktivní činnost lze počítat poruchy, které v rozboru představují 62,23 hod, tj. 17,87 %, dále čekání na opraváře, na traktor pro vyrovnaní věže a stěhování, čekání na karotáž a inklinometrická měření v počtu 126,10 hod, tj. 36,16 %. Do ostatních strojhodin byly zahrnuty ostatní časové ztráty způsobené odchodem osádky na oběd, seznámení osádky s bezpečnostními předpisy, s vrtnou soupravou a její obsluhou, což představuje dalších 12,30 strojových hodin, neboli 3,58 %.

Neproduktivní čas činil celkem 201,03 strojhodin, tj. 57,61 %.

Druh práce	Strojhodiny hod. min.	%
Vlastní čisté vrtání	52,57	15,17
Zapouštění a tahání nářadí	22,23	6,41
Přípravné práce	13,22	3,83
Pažení vrtu	7,30	2,15
Montáž soupravy a příprava pracoviště	14,00	4,01
Demontáž soupravy	24,15	6,95
Stěhování soupravy	7,30	2,15
Speciální práce na vrtu	6,00	1,72
Produktivní čas	147,57	42,39
Poruchy	62,23	17,87
Čekání	126,10	36,16
Ostatní	12,30	3,58
Neproduktivní čas	201,03	57,61
Celkem	349,00	100,00

Do produktivního času byly zahrnuty tyto práce : vlastní čisté vrtání, zapouštění a tahání nářadí, příprava nářadí a soupravy (uvážení soupravy do chodu, docílení cirkulace výplachu a proplachované sondy), pažení, montáž, demontáž a stěhování, speciální práce na vrtu jako karotáž a měření úklonu. Tyto práce si vyžádaly 147,57 hod. což jest 42,39 %. Vlastní čisté vrtání činilo přitom pouze 15,17 %.

Skutečně docílená vrtná rychlost činí 3 hod a 50 min na 1 bm, což představuje měsíční odvrt 189 m při nepřetržitém provozu. Provede-li se tento přepočet po odečtení neproduktivních strojhodin, pak stanovíme teoreticky i prakticky dosažitelnou vrtnou rychlost, která činí 99 minut/1 bm, neboli 345 bm za 1 měsíc při 30ti pracovních dnech v nepřetržitém provozu. Protože při časovém hodnocení nebyl brán zřetel na budoucí nutnost sapažení a tamponáže vrtu, lze počítat s možností docílení měsíčního odvrtu cca 400 bm.

Zhodnocení režimu vrtání a prototypu vrtné soupravy

Souprava neumožňuje uplatnění rychlostního režimu vrtání s plnou čelbou, protože volba jednotlivých prvků režimu (tlak na dláto, otáčky a množství výplachu) je omezena ve svém maximu technickou vybaveností soupravy.

S přihlédnutím k danému technickému vybavení soupravy lze hovořit pouze o racionálním režimu vrtání, jako kombinaci jednotlivých prvků za účelem docílení maximálních možných kvalitativních a kvantitativních ukazatelů. S ohledem na nízkou vydatnost výplachového čerpadla nebyly využity ani poměrně omezené možnosti vrtné soupravy, tj. maximální přítlak cca 7 000 kp (šikmá složka váhy nářadí + přítlak) a III. stupeň počtu obrátek rotačního stolu. Doplněním soupravy o další výplachové čerpadlo je možno docílit zlepšení racionálního režimu vrtání využitím vyššího osového tlaku na dláto a zvýšením počtu obrátek rotačního stolu.

Zcela kladně lze hodnotit docílené výsledky, pokud se týká kvality vrtání, představované zachováním úklonu a směru vrtu již proto, že do této doby nebyly podobné vrty v terciérních horninách v ČSSR provedeny. Hlavním předpokladem daného úklonu a směru vrtu je použití jednoho nebo více stabilizátorů (viz obr. 2), které byly již dříve popsány. Protože stabilizátor je dutý a vzduchem vyplněný, je nadlehčován silou vyvolanou hydrostatickým vztlakem, čímž se zmenšuje nebezpečí křivení vrtu směrem ke svislici. Použitý stabilizátor měl váhu $Q = 194$ kp, která se vlivem uvedeného vztlaku snížila na 144 kp, tedy o cca 25 %.

Většího efektu lze docílit změnou konstrukce stabilizátoru tak, že krouticí moment s tyčí na dláto se bude přenášet vnějším pláštěm stabilizátoru, zatím co trubka bude dimensována pouze pro přívod výplachu k dlátu na hydrostatický tlak v maximální hloubce vrtu. Jestliže se tedy např. nahradí vnitřní zátěžná tyč normální vrtnou tyčí $\varnothing 50$ mm CSS, pak se váha stabilizátoru zmenší vlivem hydrostatického vztlaku z 84 kp na 14 kp, tj. o 83 % při jeho stejné délce. Kolmá složka této váhy na stěnu vrtu při úklonu $\sigma = 40^\circ$ činí pak pouze 10,7 kp, což je hodnota, která na změnu úklonu vrtu nemá prakticky vliv.

Kromě popsaného hlavního významu stabilizátoru má jeho použití ještě další účely a to :

1/ při rotování dláta dochází k vibracím stabilizátoru o stěnu vrtu, která se tím " udusává " a zpevňuje se.

2/ Malý rozdíl průměru stabilizátoru a vrtacího dláta při dostatečné délce stabilizátoru má vliv na zachování daného směru osy vrtu, pokud se týká úklonu i azimutu. Projeví se to hlavně při přechodu z měkkých hornin do tvrdých a opačně (jílu a pelosideritu).

3/ Stabilizátor přebírá částečně úkol kalibrovacího křížového dláta tím, že zajišťuje zachování průměru vrtu a odstraňování nerovností stěn vrtu, což umožňuje snadnější zapouštění měřících přístrojů a pažnic.

Docílené kvalitativní výsledky jsou důkazem, že technologii usměrněného vrtání v měkkých horninách terciéru lze považovat za vyřešenou.

Vlastní vrtná souprava ŠVS 120/45° byla konstruována a zhotovena jako jednoúčelová pro provádění šikmých technologických vrtů při podzemním zplyňování uhlí. Nelze ji použít pro vrty svislé, takže její uplatnění pro jiné účely je omezené, nikoli však vyloučené.

V rozmezí daných parametrů je vhodná pro provádění průzkumných vrtů v zastavěném území, pro zaplavovací a injektážní vrty do dutin pod vystavěnými objekty apod.

Po konstrukční stránce dosahuje průměrné úrovně odpovídající době zpracování ideového projektu (1961 a 1962). Připomínáme, že byly vyrobeny v zahraničí soupravy pro šikmé vrtání, které převyšují již koncepci úroveň popsaného typu. Jedná se o plně hydraulickou soupravu označení PD 3, která je výrobkem západoněmecké firmy Alfred Wirth a spol., Erkelenz (RHLD).

V NDR je vyvíjen nový typ víceúčelové soupravy K 50, která svými projektovými parametry odpovídá požadavkům technologie PZU do hloubky 100 m.

S h r n u t í

V článku autor uvádí základní parametry prototypu vrtné soupravy ŠVS 120/45°, určené pro provádění šikmých vrtů v měkkých horninách terciéru a popis provedených zkoušek.

Podrobně je zhodnocena technologie šikmých usměrněných vrtů pro účely podzemního zplyňování uhlí (PZU) a stanovení přesnosti určení skutečné polohy počvy vrtu.

Článek je doplněn údaji o jiném možném využití soupravy mimo rámec podzemního zplyňování uhlí.

V ý p o č e t p r ů b ě h u o s y v r t u

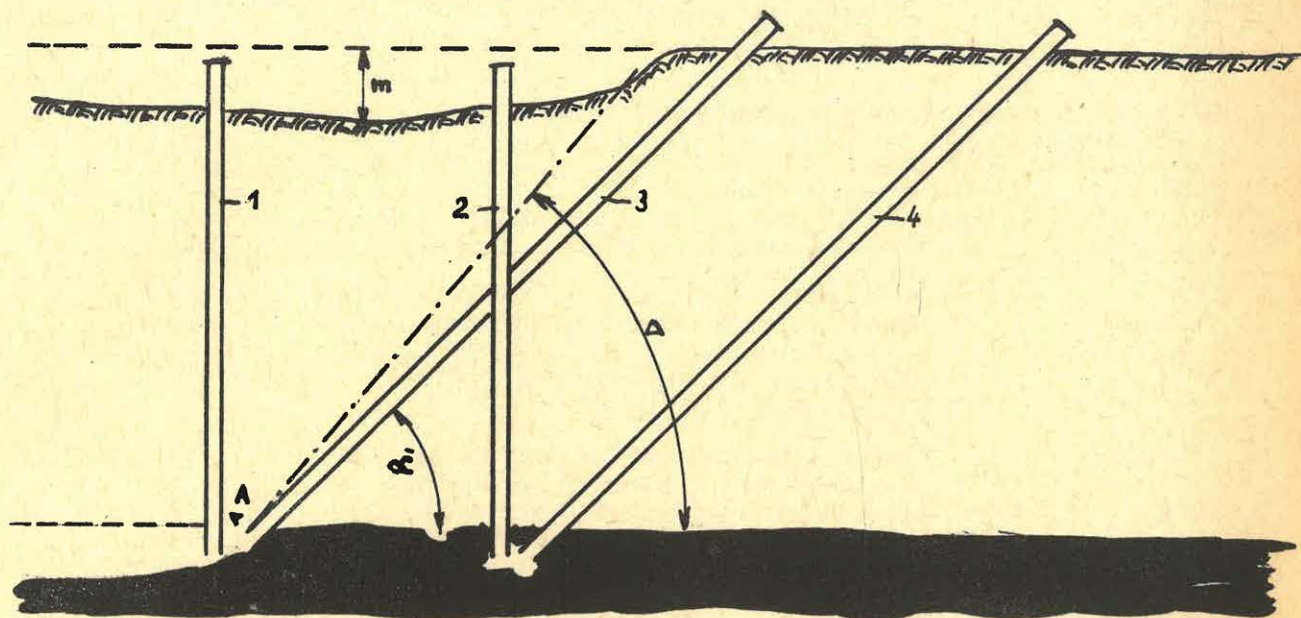
	osečeni hloubkové m.	šikmá délka (m)	zenitní úhel δ°	katastr. jižník ρ°	$\sin \delta$ $\cos \delta$	$\sin^2 \delta$ $\cos^2 \delta$	Horiz. délka s (m)	Převýše n. h (m)	$\sin^2 \delta \cdot m^2$	$\cos^2 \delta \cdot m^2$	s^2	h^2	$s \cdot m^2$	$h \cdot m^2$	m^2 (m ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Úkon					$\frac{\sin 4}{\cos 4}$	$\frac{\sin^2}{\cos^2}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3 \cdot 6}{3 \cdot 6}$	$\frac{7 \cdot m^2}{7 \cdot m^2}$	$\frac{7 \cdot m^2}{7 \cdot m^2}$	$\frac{8^2}{8^2}$	$\frac{9^2}{9^2}$	$\frac{12 \cdot m^2}{12 \cdot m^2}$	$\frac{13 \cdot m^2}{13 \cdot m^2}$	$\frac{16 \cdot 15}{16 \cdot 15}$
1	0,0				0,6669	0,4448	3,334	3,725	0,0036	0,0045	11,12	13,88	0,0001	0,0001	0,0037
2	5,0	5,0	41° 50'	217° 10'	0,7450	0,5550	3,334	3,725	0,0036	0,0045	11,12	13,88	0,0001	0,0001	0,0037
3	10,0	5,0	41° 30'	217° 10'	0,6626	0,4390	3,313	3,745	0,0035	0,0045	10,98	14,03	0,0001	0,0001	0,0036
4	15,0	5,0	38° 30'	217° 10'	0,6225	0,3875	3,113	3,913	0,0031	0,0050	9,69	15,31	0,0001	0,0002	0,0033
5	20,0	5,0	39° 40'	217° 10'	0,6383	0,4074	3,191	3,848	0,0033	0,0048	10,18	14,81	0,0001	0,0001	0,0034
6	25,0	5,0	33° 40'	217° 10'	0,6383	0,4074	3,192	3,849	0,0033	0,0048	10,19	14,81	0,0001	0,0001	0,0034
7	30,0	5,0	39°	217° 10'	0,6293	0,3960	3,146	3,885	0,0032	0,0049	9,90	15,09	0,0001	0,0002	0,0034
8	35,0	5,0	39°	217° 10'	0,6293	0,3960	3,147	3,886	0,0032	0,0049	9,90	15,10	0,0001	0,0002	0,0034
9	40,0	5,0	38° 30'	217° 10'	0,6225	0,3875	3,112	3,913	0,0031	0,0050	9,68	15,31	0,0001	0,0002	0,0033
10	45,0	5,0	38° 10'	217° 10'	0,6179	0,3818	3,89	3,931	0,0031	0,0050	9,54	15,45	0,0001	0,0002	0,0033
11	50,0	5,0	40°	216° 10'	0,6427	0,4131	3,213	3,830	0,0033	0,0048	10,32	14,67	0,0001	0,0001	0,0034
12	55,0	5,0	39° 40'	216° 10'	0,6383	0,4074	3,192	3,848	0,0033	0,0048	10,19	14,81	0,0001	0,0001	0,0034
13	60,0	5,0	38° 45'	216° 10'	0,6259	0,3918	3,130	3,899	0,0032	0,0049	9,80	15,20	0,0001	0,0002	0,0034
14	65,0	5,0	39° 05'	216° 10'	0,6304	0,3974	3,152	3,881	0,0032	0,0049	9,94	15,06	0,0001	0,0002	0,0034
15	70,0	5,0	39°	215° 10'	0,6293	0,3960	3,146	3,886	0,0032	0,0049	9,90	15,10	0,0001	0,0002	0,0034
16	75,0	5,0	39° 29'	215° 10'	0,6338	0,4017	3,169	3,867	0,0033	0,0048	10,04	14,95	0,0001	0,0002	0,0034
17	80,0	5,0	38°	215° 10'	0,6156	0,3790	3,078	3,940	0,0031	0,0050	9,47	15,52	0,0001	0,0002	0,0033

V ý p o č e t p r ů b ě h u o s y v r t u

m _s (m)	m _n ²	m _n (m)	sin α cos α	sin ² α cos ² α	Δy (m)	Δy ²	Δx (m)	Δx ²	m _s · sin α m _s · cos α	m _s ² · sin ² α m _s ² · cos ² α	Souřadnice		
											Y (m)	X (m)	
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
√16	11+14	√18	sin 5 cos 5	20 ² /20 ²	8\20	22 ²	8.20\	24 ²	16.21/	16.21\			
0,061	0,0046	0,068	-0,6041 -0,7968	0,3649 0,6350	-2,014	4,056	-2,657	7,060	0,001	0,002	807316,59	997.460,77	1
0,060	0,0046	0,068	-0,6041 -0,7969	0,3649 0,6350	-2,001	4,004	-2,640	6,970	0,001	0,002	807314,58	997.458,11	2
0,057	0,0051	0,071	-0,6041 -0,7969	0,3649 0,6350	-1,881	3,538	-2,481	6,155	0,001	0,002	807312,58	997.455,47	3
0,058	0,0049	0,070	-0,6041 -0,7969	0,3649 0,6350	-1,928	3,717	-2,543	6,467	0,001	0,002	807310,70	997.452,99	4
0,058	0,0049	0,070	-0,6041 -0,7969	0,3649 0,6350	-1,928	3,717	-2,544	6,472	0,001	0,002	807308,77	997.450,45	5
0,058	0,0050	0,071	-0,6041 -0,7969	0,3649 0,6350	-1,900	3,610	-2,507	6,285	0,001	0,002	807306,84	997.447,91	6
0,058	0,0050	0,071	-0,6041 -0,7969	0,3649 0,6350	-1,901	3,614	-2,508	6,290	0,001	0,002	807304,94	997.445,40	7
0,057	0,0051	0,071	-0,6041 -0,7969	0,3649 0,6350	-1,880	3,534	-2,580	6,150	0,001	0,002	807303,04	997.442,89	8
0,057	0,0051	0,071	-0,6041 -0,7969	0,3649 0,6350	-1,866	3,482	-2,462	6,061	0,001	0,002	807301,16	997.440,41	9
0,058	0,0049	0,070	-0,5901 -0,8073	0,3482 0,6517	-1,896	3,595	-2,594	6,729	0,001	0,002	807299,29	997.437,95	10
0,058	0,0049	0,070	-0,5901 -0,8073	0,3482 0,6517	-1,884	3,550	-2,577	6,641	0,001	0,002	807297,39	997.435,36	11
0,058	0,0050	0,071	-0,5901 -0,8073	0,3482 0,6517	-1,847	3,411	-2,527	6,386	0,001	0,002	807295,51	997.432,78	12
0,058	0,0050	0,071	-0,5901 -0,8073	0,3482 0,6517	-1,860	3,460	-2,545	6,477	0,001	0,002	807293,66	997.430,25	13
0,058	0,0050	0,071	-0,5760 -0,8175	0,3318 0,6683	-1,812	3,283	-2,572	6,615	0,001	0,002	807291,80	997.427,70	14
0,058	0,0049	0,070	-0,5760 -0,8175	0,3318 0,6683	-1,825	3,331	-2,591	6,713	0,001	0,002	807289,99	997.425,13	15
0,057	0,0051	0,071	-0,5780 -0,8175	0,3318 0,6683	-1,773	3,144	-2,516	6,330	0,001	0,002	807288,16	997.422,54	16
											807286,39	997.420,02	17

Pokračování

Obr.1.



Obr.2.

