

Nomogramy s jednou průsvitkou

Pokračování kombinovaných nomogramů

In: Václav A. Hruška (author): Nomogramy s jednou průsvitkou. (Czech). Praha: Jednota československých matematiků a fysiků, 1947. pp. 44–56.

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/402818>

Terms of use:

© Jednota československých matematiků a fysiků

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:
The Czech Digital Mathematics Library <http://dml.cz>

3. POKRAČOVÁNÍ O KOMBINOVANÝCH NOMOGRAMECH S PRŮSVITKOU

3.1. Za účelem zobrazení kombinovaným nomogramem s průsvitkou rozštěpili jsme v kapitole 2 zobrazovanou rovnicí $\Phi = 0$ zavedením vhodných parametrů vždy v několik rovnic, z nichž v žádných dvou nebyla táž proměnná z_i . Tyto rovnice byly spojeny pouze nově zavedenými parametry, jichž eliminací jsme z nich právě obdrželi rovnici zobrazovanou $\Phi = 0$. Viz na př. rovnice (2,22), (2,23), (2,42) atd.

Pokusme se nyní o zobrazování funkcí nomogramy s průsvitkou takovým rozštěpením dané rovnice, aby po rozštěpení v různých rovnicích se nalézaly kromě týchž parametrů i tytéž proměnné z_i .

3.2. Uvažujme nejprve o rovnicích

$$(3,21) \quad \begin{aligned} F_1 [f(v, z_1) + f_{2,3}, g(v, z_1) + g_{2,3}; z_4] &= 0, \\ F_2 [f(v, z_1) + f_{5,6}, g(v, z_1) + g_{5,6}; z_7] &= 0, \end{aligned}$$

z nichž eliminací parametru v vzniká rovnice

$$(3,22) \quad \Phi(z_1, z_2, \dots, z_7) = 0;$$

$f(v, z_1)$ a $g(v, z_1)$ jsou v nich vhodné funkce.

Zobrazme obě rovnice 3,21 nomogramy o dvou posuvech bez rotace a to opět na společném podkladě i průsvitce, používše k tomu zase téže soustavy souřadnicové v každé z těchto rovin. Zobrazovací rovnice tedy budou podle čl. 1,2 resp. čl. 1,5

$$(3,23) \quad \begin{array}{ll} (v, z_1) & \xi_1 = f(v, z_1), \quad \eta_1 = g(v, z_1), \\ (O') & \xi'_1 = 0, \quad \eta'_1 = 0, \\ (z_2, z_3) & \xi'_2 = f_{2,3}, \quad \eta'_2 = g_{2,3}, \\ (z_4) & F_1(\xi_2, \eta_2; z_4) = 0, \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} (v, z_1) & \xi_1 = f(v, z_1), \quad \eta_1 = g(v, z_1), \\ (O') & \xi'_1 = 0, \quad \eta'_1 = 0, \\ (z_5, z_6) & \xi'_2 = f_{5,6}, \quad \eta'_2 = g_{5,6}, \\ (z_7) & F_2(\xi_2, \eta_2; z_7) = 0. \end{array}$$

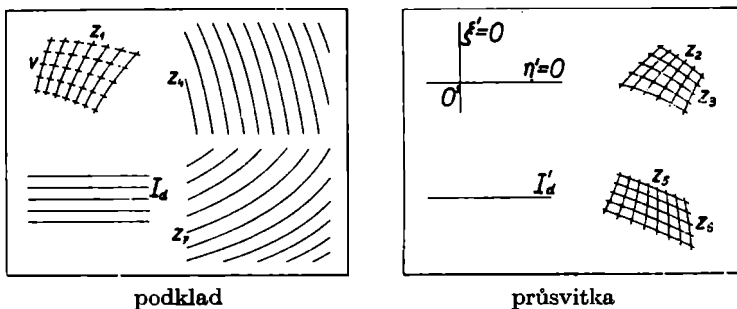
Nomogram je znázorněn schematicky v obr. 22 a má klíč

$$U(I'_d) \text{---} I_d, \quad O' \text{---} L_1, \quad P'_{2,3} \text{---} L_4, \quad P'_{5,6} \text{---} L_7.$$

Isopléty pro pomocný parametr v není opět zapotřebí vůbec kreslit.

Tento nomogram je možno zřejmě považovati též za speciální případ nomogramu načrtnutého v obr. 16 čl. 2,4, redukuje-li se totiž v něm stupnice (z_1, z_2) na bod O' a přečísľujeme-li pak v něm vhodné ostatní argumenty. K těmž výsledku přijdeme ostatně, zavedeme-li hned v (3,21) nové parametry

$$(3,24) \quad x = f(v, z_1), \quad y = g(v, z_1).$$



Obr. 22. Schema kombinovaného nomogramu se společným argumentem (z_1).

Obdržíme rovnice

$$\begin{aligned} F_1(x + f_{2,3}, y + g_{2,3}; z_4) &= 0, \\ F_2(x + f_{5,6}, y + g_{5,6}; z_7) &= 0 \end{aligned}$$

a eliminací v z (3,24) rovnici

$$F_3(x, y; z_1) = 0,$$

které ukazují, že skutečně se jedná o speciální případ nomogramu v čl. 2,4, který můžeme tedy sestrojovati i na základě tohoto článku.

Na příklad rovnici

$$(3,25) \quad \Delta = \tilde{U}_m \frac{(h^2 + D^2) : D}{h : D + p : 100} \cdot \frac{p : 100 + \operatorname{tg} \omega_{13}}{\operatorname{tg} \omega}$$

¹³⁾ Je-li cíl, dělo a pozorovatelna přibližně v téže svislé rovině, je-li h převýšení a D topografická vzdálenost pozorovatelny od cíle, v jehož okolí terén

logaritmujeme a zavedením parametru v rozštepme ji na dvě rovnice tvaru (3,21)

$$(3,26) \quad v + \log \frac{h^2 + D^2}{D} - \log \left(\frac{p}{100} + \frac{h}{D} \right) = 0$$

$$(3,27) \quad v + (\log \operatorname{tg} \omega - \log \bar{U}_m) - \log \left(\frac{p}{100} + \operatorname{tg} \omega \right) + \log \Delta = 0,$$

které vedou na dva nomogramy o dvou posuvech bez rotace se společnou binární stupnicí (v, p).

Podle čl. 1,5 položíme v (3,26)

$$\xi_1 = 0 \equiv f_{1,2}; \quad \xi'_1 = -\alpha v = -f_{3,4}; \quad \xi'_2 = \alpha \log \frac{h^2 + D^2}{aD} \equiv f_{5,6}$$

$$\eta_1 = 0 \equiv g_{1,2}; \quad \eta'_1 = -\beta \left(\frac{p}{100} + b \right) \equiv -g_{3,4};$$

$$\eta'_2 = \beta \left(\frac{h}{D} - c \right) \equiv g_{5,6},$$

takže je

$$M \equiv \alpha v + \alpha \log \frac{h^2 + D^2}{aD}, \quad N \equiv \beta \left(\frac{p}{100} + \frac{h}{D} + b - c \right).$$

Rovnici (3,26) lze tedy psát ve tvaru

$$\frac{M}{\alpha} - \log [N + \beta(c - b)] + \log \beta a = 0,$$

v němž schází z_p . Soustava těchto isoplét se tudíž redukuje na křivý index na podkladě

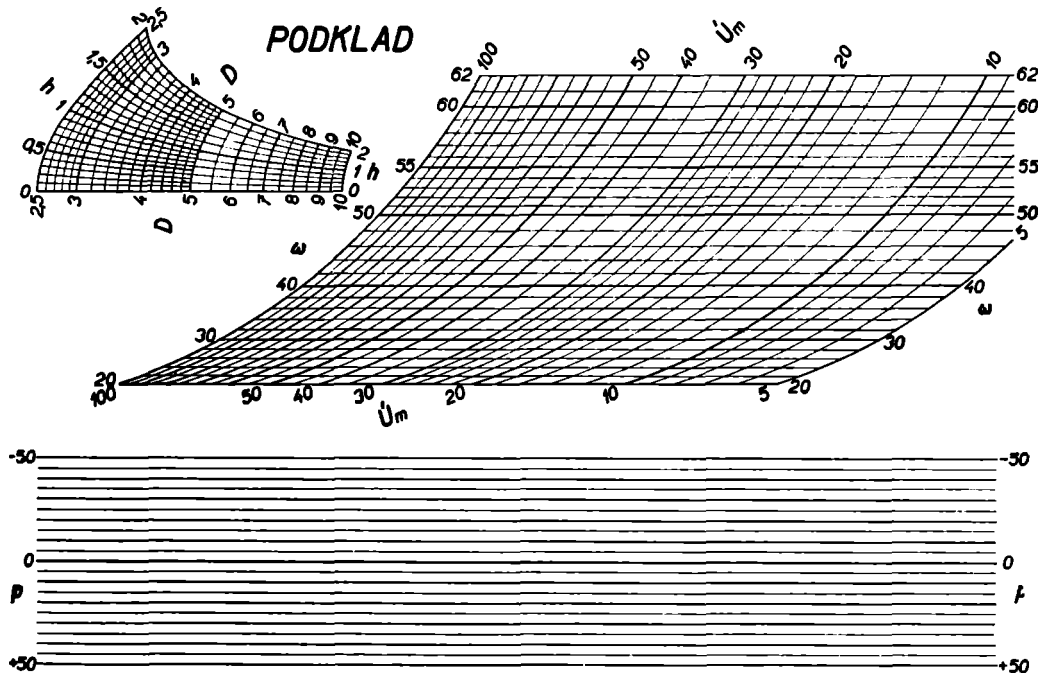
$$(3,28) \quad I_{h,D} \equiv \eta_2 = a\beta \cdot 10^{\xi_1/\alpha} + \beta(b - c).$$

V rovnici (3,27) položíme

$$\xi_1 = 0 \equiv f_{1,2}; \quad \xi'_1 = -\alpha v \equiv -f_{3,4}; \quad \xi'_2 = \alpha \log \frac{\operatorname{tg} \omega}{e \cdot \bar{U}_m} \equiv f_{5,6}$$

$$\eta_1 = 0 \equiv g_{1,2}; \quad \eta'_1 = -\beta \left(\frac{p}{100} + b \right) \equiv -g_{3,4}; \quad \eta'_2 = \beta (\operatorname{tg} \omega - d) \equiv g_{5,6},$$

má svah $p\%$ ($p > 0$ svah přivrácený a $p < 0$ odvrácený) a je-li \bar{U}_m úchylka dopadu střely od cíle měřená z pozorovateln v dílcích při pokusném výstřelu, bude Δ oprava dostřelu nutná k zasažení cíle, je-li ω úhel doletu dráhy pokusného výstřelu. (Viz Dr. V. PLESKOT Nomogram k odečítání topografické dálkové úchylky, Vojensko-technické zprávy, roč. XIII. (1936) str. 191.)



Obr. 23, Průsvitku k němu viz v kapse na konci knihy.

takže je

$$M \equiv \alpha v + \alpha(\log \operatorname{tg} \omega - \log \bar{U}_m) - \alpha \log e,$$

$$N \equiv \beta \left(\frac{p}{100} + \operatorname{tg} \omega + b - d \right).$$

Rovnici (3,27) lze tedy psát ve tvaru

$$\frac{M}{\alpha} - \log [N + \beta(d - b)] + \log (e\beta\Delta) = 0,$$

který vede na soustavu isoplét na podkladě

$$(3,29) \quad \eta_2 = e\beta\Delta \cdot 10^{\xi_2: \alpha} + \beta(b - d)$$

pro $z_9 \equiv \Delta$. Tento kombinovaný nomogram byl sestrojen v obr. 23 s moduly $\alpha = 20$ cm, $\beta = 8$ cm a byly v něm zvoleny konstanty $a = 2,5$ km, $b = -0,2$, $c = -2,0$, $d = -0,7$ a $e = 0,0025$.

Jelikož hledané kóty isoplét Δ na podkladě by byly hůře čitelné, kdyby průsvítka nebyla dokonale průhledná, zaměňme průsvítku s podkladem. Její rovnoběžný posuv proti podkladu zaručme indexem $I'_p \equiv \eta' = 0$. Speciálně v tomto případě nemusíme počátek O' zvlášť vyznačovat na tomto indexu, jelikož isopléty (p) jsou též rovnoběžky s I'_d a také s $\eta = 0$. Obdržíme tedy klíč

$$U(I'_p) \dashv\dashv L(p), \quad I'_{h,D} \dashv\dashv P(h, D), \quad L'(\Delta) \dashv\dashv P(\omega, \bar{U}_m).$$

3.3. Má-li průsvítka proti podkladu posuv a rotaci, mohou nastati dva případy rozštěpení funkce podle toho, značí-li nově zavedený parametr rotaci nebo posuv (čl. 3,4).

Předpokládejme nejprve rozštěpení rovnice

$$(3,31) \quad \Phi(z_1, z_2, \dots, z_7) = 0$$

ve dvě rovnice

$$(3,32) \quad \begin{aligned} F_1 (f_1 + f_{2,3} \cdot \cos u - g_{2,3} \cdot \sin u, \\ g_1 + f_{2,3} \cdot \sin u + g_{2,3} \cdot \cos u; z_4) = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 (f_1 + f_{5,6} \cdot \cos u - g_{5,6} \cdot \sin u, \\ g_1 + f_{5,6} \cdot \sin u + g_{5,6} \cdot \cos u; z_7) = 0, \end{aligned}$$

z nichž (3,31) vychází eliminací nově zavedeného parametru u , který značí rotaci.

Zavedeme-li však další nové parametry

$$(3,33) \quad x = f_1, \quad y = g_1,$$

obdržíme z (3,32)

$$(3,34) \quad \begin{aligned} F_1(x + f_{2,3} \cos u - g_{2,3} \sin u, \\ y + f_{2,3} \sin u + g_{2,3} \cos u; z_4) = 0, \end{aligned}$$

$$F_2(x + f_{5,6} \cos u - g_{5,6} \sin u, \\ y + f_{5,6} \sin u + g_{5,6} \cos u; z_7) = 0$$

a eliminací z_1 z (3,33)

$$(3,35) \quad F_4(x, y) = 0.$$

Označíme-li ještě

$$(3,36) \quad F_3(x, y; z_1) \equiv x - f_1 = 0,$$

převodli jsme úlohu na speciální případ rovnic (2,72), v němž $f_{7,8} \equiv g_{7,8} \equiv 0$, tudíž také binární stupnice (z_7, z_8) se redukuje na počátek O' , a v němž ostatním proměnným z_i vhodně změňme indexy.

Počátek O' máme umístiti jednak na indexu I_0 , jeho rovnice

$$(3,37) \quad F_4(\xi_1, \eta_1) = 0$$

plyne z (3,35), jednak na isoplétě o kótě z_1 soustavy

$$(3,38) \quad F_3(\xi_1, \eta_1; z_1) \equiv \xi_1 - f_1 = 0,$$

jejíž rovnice plyne z (3,36). Soustava isoplét (3,38) však protíná index (3,37) v křivé stupnici z_1 o rovnici

$$(3,39) \quad \xi_1 = f_1, \quad \eta_1 = g_1,$$

neboť (3,35) vzniklo eliminací z_1 z (3,33). Počátek O' jest tedy vlastně umístiti do bodu o kótě z_1 křivé stupnice (3,39), bod (z_2, z_3) na isoplétu z_4 , načež bod (z_5, z_6) leží na isoplétě z_7 .

K témuž výsledku přijdeme ostatně i zobrazením rovnic (3,32) přímo podle čl. 1,2. Tak pro prvou z nich obdržíme

$$\begin{array}{lll} (z_1) & \xi_1 = f_1, & \eta_1 = g_1, \\ (O') & \xi'_1 = 0, & \eta'_1 = 0, \\ (z_2, z_3) & \xi'_2 = f_{2,3}, & \eta'_2 = g_{2,3}, \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 (u) & \alpha = u \\
 (I'_d) & \alpha' = 0, \\
 (z_4) & F_1(\xi_2, \eta_2, z_4) = 0
 \end{array}$$

a podobně pro druhou atd.

Nomogram, který je načrtnut v obr. 24, má tedy klíč

$$O' \mid \mid P_1, \quad P'_{2,3} \mid \mid L_4, \quad P'_{5,6} \mid \mid L_7.$$

Swazek paprsků kótovaných u a index I'_d opět nekreslíme, počátek O' však ano.

3,4. Značí-li parametr v posuv, předpokládejme rozštěpení

$$(3,41) \quad \Phi(z_1, z_2, \dots, z_7) = 0$$

v rovnice

$$\begin{array}{l}
 F_1[f(v) + f_{2,3} \cos h_1 - g_{2,3} \sin h_1, \\
 g(v) + f_{2,3} \sin h_1 + g_{2,3} \cos h_1; z_4] = 0, \\
 (3,42) \quad F_2[f(v) + f_{5,6} \cos h_1 - g_{5,6} \sin h_1, \\
 g(v) + f_{5,6} \sin h_1 + g_{5,6} \cos h_1; z_7] = 0.
 \end{array}$$

Zobrazme tyto rovnice nomogramy o témž podkladu i průsvitce podle čl. 2,2.

$$\begin{array}{l}
 \xi_1 = f(v), \quad \eta_1 = g(v) \\
 \xi'_1 = 0, \quad \eta'_1 = 0, \\
 \xi'_2 = f_{2,3}, \quad \eta'_2 = g_{2,3}, \\
 \alpha = 0, \quad \alpha' = -h_1, \\
 (3,43) \quad F_1(\xi_2, \eta_2; z_4) = 0,
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \xi_1 = f(v), \quad \eta_1 = g(v), \\
 \xi'_1 = 0, \quad \eta'_1 = 0, \\
 \xi'_2 = f_{5,6}, \quad \eta'_2 = g_{5,6}, \\
 \alpha = 0, \quad \alpha' = -h_1, \\
 (3,44) \quad F_2(\xi_2, \eta_2; z_7) = 0.
 \end{array}$$

Počátek O' na průsvitce pohybuje se po křivé stupnici

$$(v) \quad \xi = f(v) \text{ a } \eta = g(v).$$

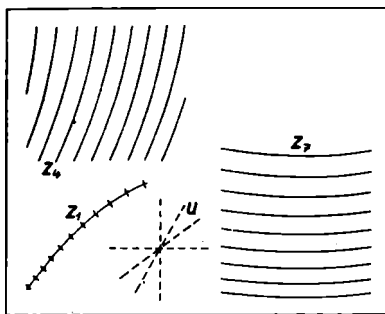
Rovnici její nositelky

$$(3,45) \quad F_3(\xi, \eta) = 0$$

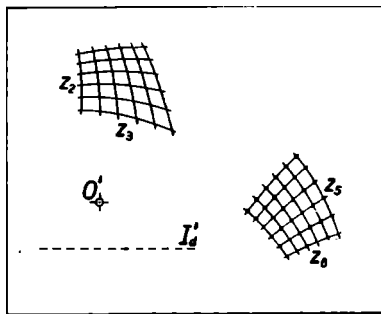
obdržíme odtud eliminaci v , samotnou stupnici však jako pomocnou kreslit nemusíme. Nositelku stupnice označíme jako index I_0 .

Proměnná z_1 je zobrazena svazkem kótovaných paprsků

$$\alpha' = -h_1$$



podklad

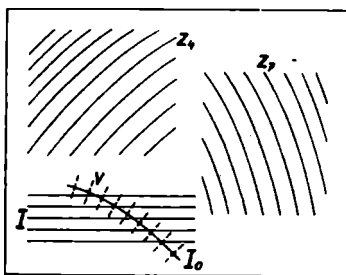


průsvitka

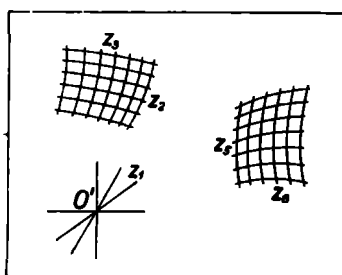
Obr. 24. Schema kombinovaného nomogramu s rotací a jedním posuvem, značí-li pomocný parametr u rotaci.

na průsvitce. Směr $\alpha = 0$ na podkladě realizujeme řadou indexů I rovnoběžných s $\eta = 0$. Padne-li bod (z_2, z_3) průsvitky na isoplétu $(3,43)$, padne bod průsvitky (z_5, z_6) na isoplétu $(3,44)$, jejíž kóta hová $(3,41)$. Nomogram je načrtnut v obr. 25 a má klíč

$$O' \mid I_0, \quad D'_1 \mid U(I), \quad P'_{2,3} \mid L_4, \quad P'_{5,6} \mid L_7.$$



podklad



průsvitka

Obr. 25. Schema kombinovaného nomogramu s rotací a jedním posuvem, značí-li pomocný parametr v posuv.

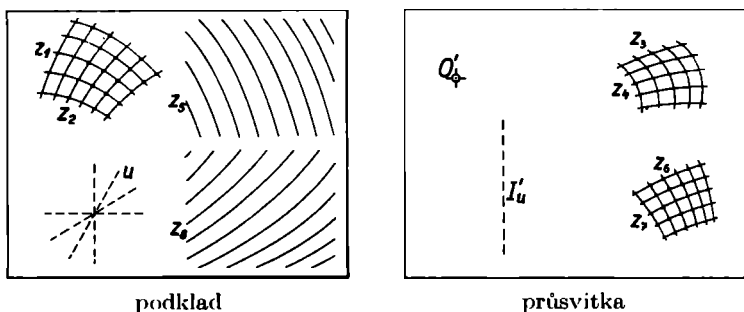
Vidíme, že jsme také mohli rovnici (3,41) rozštěpiti zavedením dvou závislých parametrů x, y

$$F_1(x + f_{2,3} \cos h_1 - g_{2,3} \sin h_1, \\ y + f_{2,3} \sin h_1 + g_{2,3} \cos h_1; z_4) = 0,$$

$$F_2(x + f_{5,6} \cos h_1 - g_{5,6} \sin h_1, \\ y + f_{5,6} \sin h_1 + g_{5,6} \cos h_1; z_7) = 0,$$

$$F_3(x, y) = 0,$$

značí-li F_3 právě funkci (3,45), a tyto rovnice zobraziti podle čl. 1.2.



Obr. 26. Schéma kombinovaného nomogramu o třech stupních volnosti (u značí rotaci).

3.5. Pro nomogramy o třech stupních volnosti jsou možná rozštěpení buď zavedením jednoho parametru ve dvě rovnice, které kromě toho mají společné dvě proměnné z_1, z_2 (čl. 3,6—7) nebo zavedením dvou parametrů ve tři rovnice, které obsahují jednu společnou proměnnou z_1 (čl. 3,8—9).

V prvním případě jest rozeznávat, značí-li zavedený parametr posuv (čl. 3,7) nebo rotaci (čl. 3,6). Obě možnosti jsou zcela obdobné případům v čl. 3,3 a v čl. 3,4 až na to, že značí-li nově zavedený parametr rotaci, stupnice z_1 podkladu v obr. 24 je nahrazena binární stupnicí (z_1, z_2) v obr. 26, a že značí-li zavedený parametr posuv, index I_0 v obr. 25 je nahrazen soustavou isoplét kótovaných podle z_1 (obr. 27).

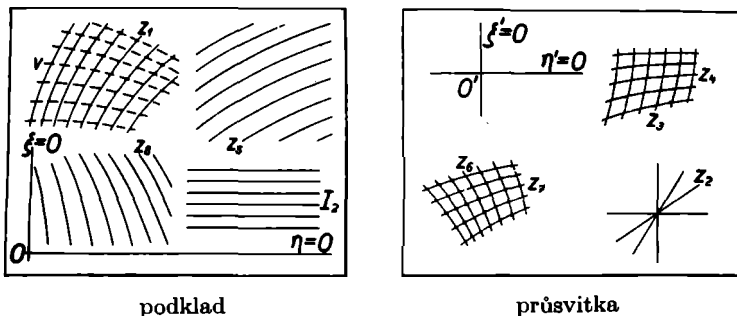
V druhém případě jsou opět dvě možnosti podle toho, značí-li oba zavedené parametry posuvy (čl. 3,8), nebo značí-li jeden z nich rotaci (čl. 3,9).

3,6. Značí-li nový společný parametr u rotaci, jeho eliminací z rovnic

$$(3,61) \quad \begin{aligned} F_1(f_{1,2} + f_{3,4} \cos u - g_{3,4} \sin u, \\ g_{1,2} + f_{3,4} \sin u + g_{3,4} \cos u; z_5) = 0, \\ F_2(f_{1,2} + f_{6,7} \cos u - g_{6,7} \sin u, \\ g_{1,2} + f_{6,7} \sin u + g_{6,7} \cos u; z_8) = 0 \end{aligned}$$

necht obdržíme

$$(3,62) \quad \Phi(z_1, z_2, \dots, z_3) = 0.$$



Obr. 27. Schema kombinovaného nomogramu o třech stupních volnosti (v značí posuv).

Nomogram je načrtnut v obr. 26 a má klíč

$$O' \perp\!\!\!\perp P_{1,2}, \quad P'_{3,4} \perp\!\!\!\perp L_5, \quad P'_{6,7} \perp\!\!\!\perp L_8.$$

Čárkovane vytažené prvky v obrázku opět nekreslíme.

3,7. Značí-li společný parametr v posuv, rozštěpení jest

$$(3,71) \quad \begin{aligned} F_1[f(z_1, v) + f_{3,4} \cos h_2 - g_{3,4} \sin h_2, \\ g(z_1, v) + f_{3,4} \sin h_2 + g_{3,4} \cos h_2; z_5] = 0, \\ F_2[f(z_1, v) + f_{6,7} \cos h_2 - g_{6,7} \sin h_2, \\ g(z_1, v) + f_{6,7} \sin h_2 + g_{6,7} \cos h_2; z_8] = 0 \\ h_2 = h(z_2) \end{aligned}$$

a eliminací v obdržíme opět rovnici mezi 8 proměnnými

$$(3,72) \quad \Phi(z_1, z_2, \dots, z_3) = 0.$$

Jako v čl. 3,4 rovnice kótovaných elementů jsou:

$$(3,73) \quad \begin{aligned} \xi_1 &= f(z_1, v), & \eta_1 &= g(z_1, v), \\ \xi'_1 &= 0, & \eta'_1 &= 0, \\ \xi'_2 &= f_{3,4}, & \eta'_2 &= g_{3,4}, \\ \alpha &= 0, & \alpha' &= -h_2, \end{aligned}$$

$$(3,74) \quad F_1(\xi_2, \eta_2; z_5) = 0,$$

$$\begin{aligned} \xi_1 &= f(z_1, v), & \eta_1 &= g(z_1, v), \\ \xi'_1 &= 0, & \eta'_1 &= 0, \\ \xi'_2 &= f_{5,6}, & \eta'_2 &= g_{5,6}, \\ \alpha &= 0, & \alpha' &= -h_2, \end{aligned}$$

$$(3,75) \quad F_2(\xi_2, \eta_2; z_8) = 0.$$

Eliminací v z rovnic (3,73) obdržíme soustavu isoplét

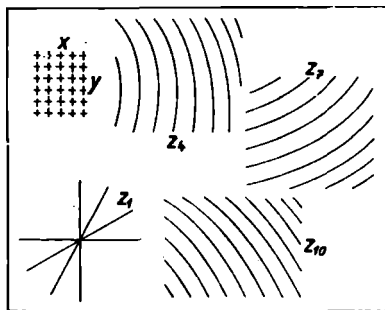
$$F_3(\xi_1, \eta_1; z_1) = 0,$$

na které má padnout počátek $O'(\xi' = 0, \eta' = 0)$. Nomogram je zobrazen v obr. 27 a má klíč

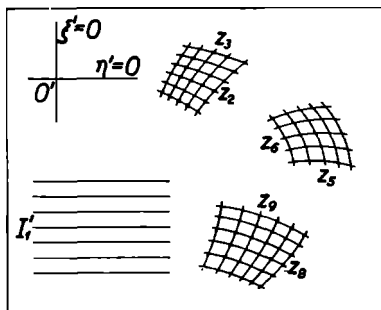
$$O' \text{ --- } L_1, \quad P'_{3,4} \text{ --- } L_5, \quad P'_{6,7} \text{ --- } L_8, \quad P_\infty(z_2) \text{ --- } L_2.$$

Čárkované v něm označené pomocné prvky opět nevytahujeme.

3,8. Zavedením dvou parametrů x, y , které značí posuvy, rozštěpme rovnici



podklad



průsvitka

Obr. 28. Schema kombinovaného nomogramu o třech stupních volnosti. (Rozštěpení zavedením dvou parametrů x, y , které značí posuvy).

$$(3,81) \quad \Phi(z_1, z_2, \dots, z_{10}) = 0$$

ve tři rovnice

$$(3,82) \quad \begin{aligned} &F_1(x + f_{2,3} \cos h_1 - g_{2,3} \sin h_1, \\ &y + f_{2,3} \sin h_1 + g_{2,3} \cos h_1; z_4) = 0, \end{aligned}$$

$$(3,83) \quad \begin{aligned} &F_2(x + f_{5,6} \cos h_1 - g_{5,6} \sin h_1, \\ &y + f_{5,6} \sin h_1 + g_{5,6} \cos h_1; z_7) = 0, \end{aligned}$$

$$(3,84) \quad \begin{aligned} &F_3(x + f_{8,9} \cos h_1 - g_{8,9} \sin h_1, \\ &y + f_{8,9} \sin h_1 + g_{8,9} \cos h_1; z_{10}) = 0, \end{aligned}$$

$$h_1 = h(z_1).$$

Rovnice kótovaných prvků v (3,82) jsou

(x, y)	$\xi_1 = x, \quad \eta_1 = y,$
(O')	$\xi'_1 = 0, \quad \eta'_1 = 0,$
(z_2, z_3)	$\xi'_2 = f_{2,3}, \quad \eta'_2 = g_{2,3},$
(z_1)	$\alpha = h_1,$
(I'_1)	$\alpha' = 0,$
(z_4)	$F_1(\xi_2, \eta_2; z_4) = 0$

a podobně pro rovnice (3,83) a (3,84). Nomogram je načrtnut v obr. 28 a má klíč

$$P'_{2,3} \dashv\vdash L_4, \quad P'_{5,6} \dashv\vdash L_7, \quad P'_{8,9} \dashv\vdash L_{10}, \quad P_\infty(z_1) \dashv\vdash I'_1.$$

Čárkovane v něm zakreslené pomocné prvky zase nevytahujeme.

3,9. Značí-li jeden ze zavedených parametrů rotaci, rozštěpení rovnice (3,81) má tvar

$$(3,91) \quad \begin{aligned} &F_1[f(u, z_1) + f_{2,3} \cos v - g_{2,3} \sin v, \\ &g(u, z_1) + f_{2,3} \sin v + g_{2,3} \cos v; z_4] = 0, \end{aligned}$$

$$(3,92) \quad \begin{aligned} &F_2[f(u, z_1) + f_{5,6} \cos v - g_{5,6} \sin v, \\ &g(u, z_1) + f_{5,6} \sin v + g_{5,6} \cos v; z_7] = 0, \end{aligned}$$

$$(3,93) \quad \begin{aligned} &F_3[f(u, z_1) + f_{8,9} \cos v - g_{8,9} \sin v, \\ &g(u, z_1) + f_{8,9} \sin v + g_{8,9} \cos v; z_{10}] = 0. \end{aligned}$$

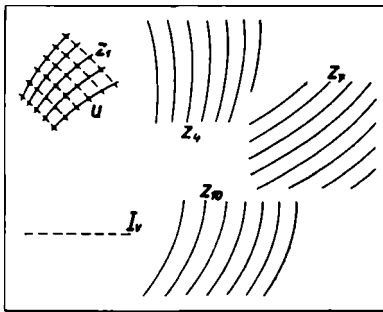
Konstruktivní rovnice pro (3,91) jsou

$$\begin{aligned}
 \xi_1 &= f(u, z_1), & \eta_1 &= g(u, z_1), \\
 \xi'_1 &= 0, & \eta'_1 &= 0, \\
 \xi'_2 &= f_{2,3}, & \eta'_2 &= g_{2,3}, \\
 \alpha &= 0, & \alpha' &= -v, \\
 F_1(\xi_2, \eta_2; z_4) &= 0
 \end{aligned}$$

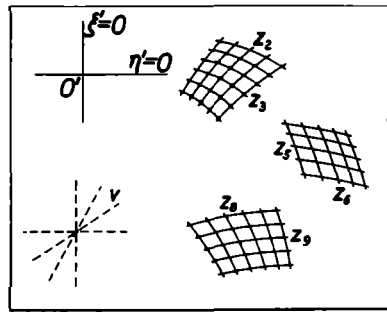
a obdobně pro (3,92) a (3,93). Nomogram má tvar načrtnutý v obr. 29 a klíč

$$O' \dashv L_1, \quad P'_{2,3} \dashv L_4, \quad P'_{5,6} \dashv L_7, \quad P'_{8,9} \dashv L_{10}.$$

Čárkované prvky zase nekreslíme.



podklad



průsvitka

Obr. 29. Schema kombinovaného nomogramu o třech stupních volnosti. (Rozštěpení zavedením dvou parametrů u, v , z nichž u značí posuv, v rotaci).