

PROIECTARE ARCURI ELICOIDALE SI LAMELARE

Arcuri. Elemente elastice vibroizolatoare

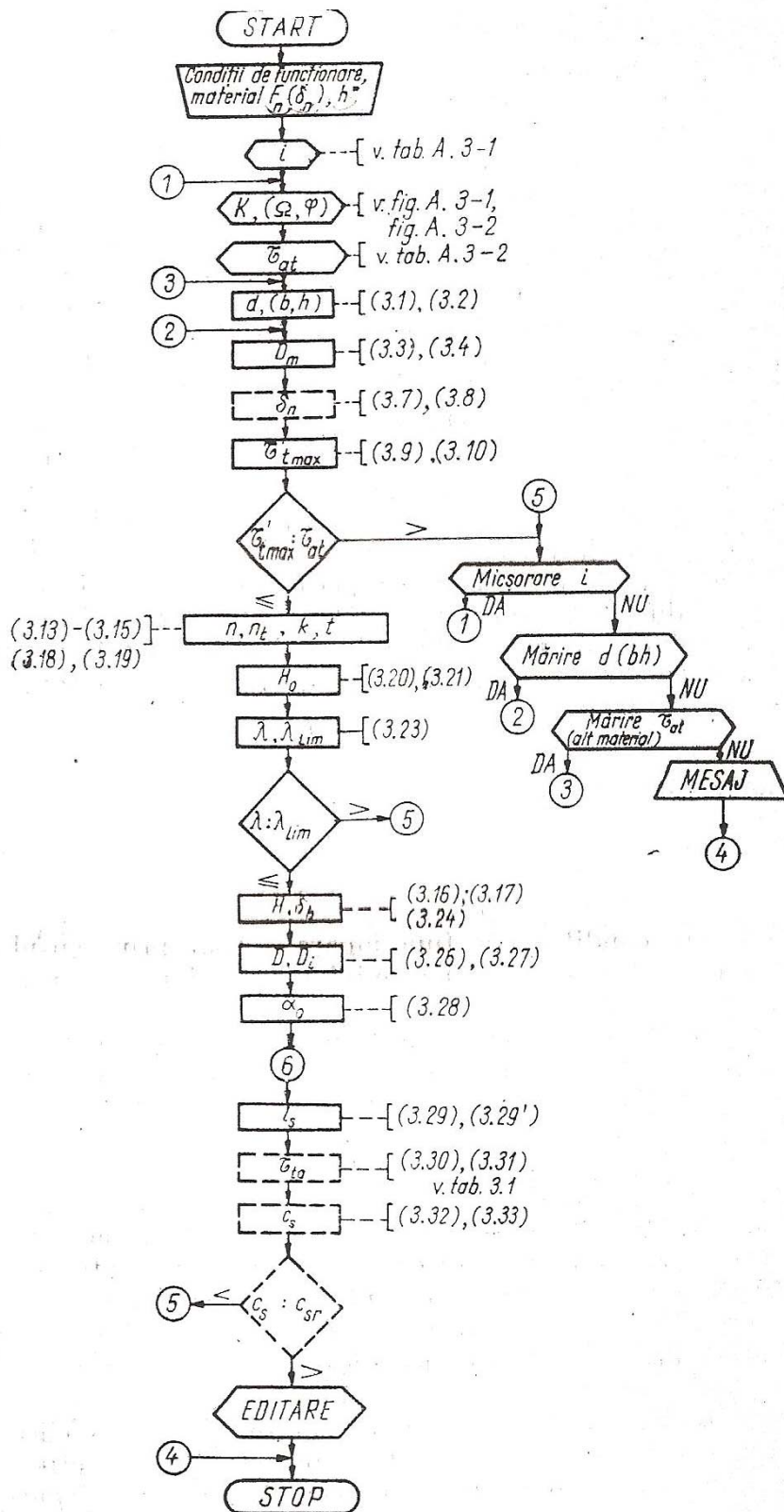
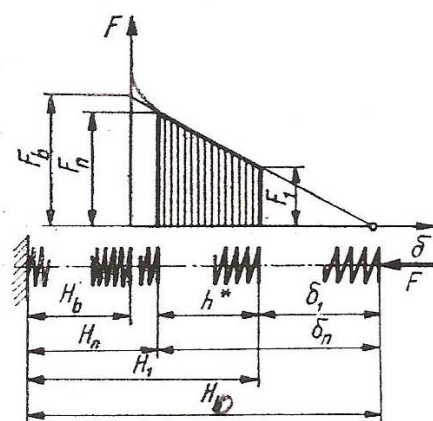


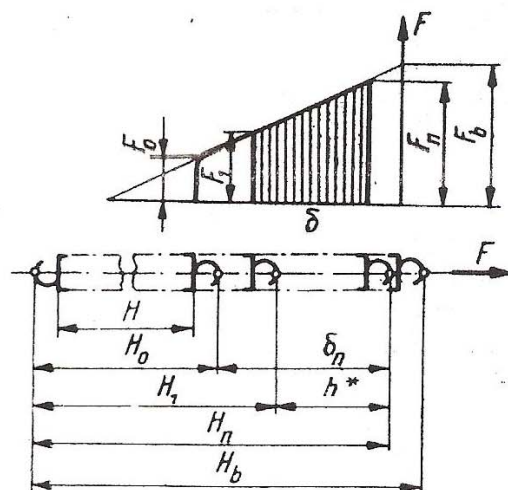
Fig. 3.1. Schema logică de calcul a arcurilor elicoidale cilindrice de compresiune-întindere.

Tabelul 3.1

Relațiile și metodică de calcul și proiectare a arcurilor elicoidale cilindrice de compresiune-întindere *) [7, 9, 11, 12, 17, 20, 28, 30]



Caracteristica arcurilor elicoidale cilindrice de compresiune



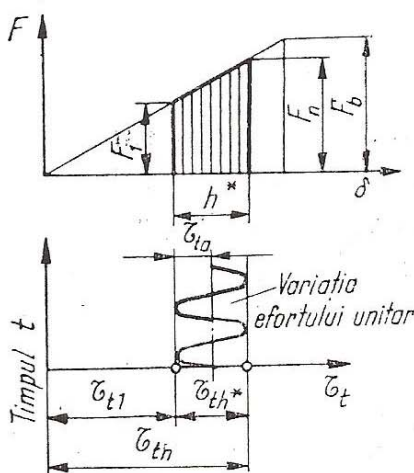
Caracteristica arcurilor elicoidale cilindrice de întindere

Elementul de calcul	Relațiile de calcul și recomandările necesare	
	Secțiunea circulară	Secțiunea dreptunghiulară **)
Indicele arcului i	$i = D_m/d,$ $i \geq 4;$ v. tabelul A.3-1	$i = D_m/b; \quad i \geq 4$
Diametrul spirei d sau dimensiunea secțiunii transversale	$d = 1,6 \sqrt{K \frac{F_n}{\tau_{at}}} \quad (3.1)$ K , din fig. A.3-1	$bh = (F_n \Omega D_m / \tau_{at})^{2/3}, \quad (3.2)$ Ω , din fig. A.3-2
Diametrul de înfășurare D_m	$D_m = id \quad (3.3)$	$D_m = ib \quad (3.4)$
Sarcina maximă F_n	În cazul în care nu este indicată prin temă: $F_n = \pi d^3 \tau_{at} / 8 K D_m, \quad (3.5) \quad \quad F_n = (bh)^{3/2} \tau_{at} / \Omega D_m, \quad (3.6)$ τ_{at} , din tabelul A.3-2	
Săgeata maximă δ_n	În cazul în care nu este indicată prin temă: $\delta_n = 8 n F_n D_m^3 / G d^4 \quad (3.7) \quad \quad \delta_n = \varphi D_m^3 n F_n / b^3 h^2 G, \quad (3.8)$ φ , din fig. A.3-2	

Tabelul 3.1 (continuare)

Elementul de calcul	Relațiile de calcul și recomandările necesare	
	Secțiunea circulară	Secțiunea dreptunghiulară **)
Efortul unitar maxim $\tau'_{t \max}$	$\tau'_{t \max} = 8KD_m F_n / \pi d^3 \leq \tau_{at}$ (3.9)	$\tau'_{t \max} = \Omega D_m F_n / (bh)^{3/2} \leq \tau_{at}$ (3.10)
Numărul de spire active, n	$n = h^* G d / 8i^3 (F_n - F_1)$, (3.11) sau $n = \delta_n G d^4 / 8 F_n D_m^3$ (3.11')	$n = G b^2 h^2 h^* / \varphi D_m^3 (F_n - F_1)$, (3.12) sau $n = \delta_n b^2 h^2 G / \varphi D_m^3 F_n$ (3.12')
Numărul total de spire n_t	$n_t = n + n_r$; (3.13) $n \leq 7, n_r = 1,5$; $n > 7, n_r = 1,5 \dots 3,5$	$n_t = n + n_r$
Rigiditatea arcului, k	$k = F/\delta$; $k = G d^4 / 8 n D_m^3$ (3.14)	$k = F/\delta$; $k = b^2 h^2 G / \varphi n D_m^3$ (3.15)
Lungimea arcului blocat, H	$H \approx n_t d$ (3.16)	$H \approx n_t h$ (3.17)
Pasul t al arcului nesolicitat	$t = d + \delta_n / n + \Delta$, (3.18) $\Delta \geq 0,1 d$	$t = h + \delta_n / n + \Delta$, (3.19) $\Delta \geq 0,1 h$
Lungimea H_0 a arcului nesolicitat	$H_0 = H + n(t - d)$ (3.20)	$H_0 = H + n(t - h)$ (3.21)
Verificarea condiției de stabilitate	$\lambda < \lambda_{lim}^{***}$ (3.22) $\lambda = H_0 / D_m$; $\lambda_{lim} = 2,62/\nu$; (3.23) λ_{lim} , din fig. A.3-3; ν , din fig. A.3-4	
Săgeata δ_b la blocarea arcului	$\delta_b = H_0 - H$ (3.24)	
Sarcina de blocare F_b	$F_b = \delta_b F_n / \delta_n$ (3.25)	
Diametrele arcului D_i, D	$\left. \begin{array}{l} D = D_m + d \\ D_i = D_m - d \end{array} \right\}$ (3.26)	$\left. \begin{array}{l} D = D_m + b \\ D_i = D_m - b \end{array} \right\}$ (3.27)
Unghiul de înclinare α_0	$\operatorname{tg} \alpha_0 = t / \pi D_m$ (3.28)	

Tabelul 3.1 (continuare)

Elementul de calcul	Relațiile de calcul și recomandările necesare	
	Secțiunea circulară	Secțiunea dreptunghiulară**)
Lungimea semifabricatului l_s	$l_s = \pi D_m n_t / \cos \alpha_0 \quad (3.29)$ <p>Pentru arcurile elicoidale cilindrice de întindere</p> $l_s = \pi D_m n / \cos \alpha_0 + l_c \quad (3.29')$	
Verificarea la sarcini variabile	<p>În special pentru arcurile de compresiune-întindere solicitate repetat ($F_1 \approx F_n$); de exemplu, arcurile de supape, arcurile de la reazemele elastice metalice etc.</p>  $\tau_{ta} = 4KD_m(F_n - F_1)/\pi d^3, \quad (3.30) \quad \left \quad \tau_{ta} = \Omega D_m(F_n - F_1)/2(bh)^3 l^2, \quad (3.31)$ <p>calculindu-se coeficientul de siguranță la oboseală. Se pot utiliza — relațiile aproximative [30] — pentru coeficientul de siguranță la oboseală, în funcție de rezistența la oboseală cunoscută:</p> $c_s = 2\tau_{02}/\tau_{t \max} [(1 + \tau_{t \min}/\tau_{t \max}) + (2\tau_{02}/\tau_0 - 1) \times (1 - \tau_{t \min}/\tau_{t \max})] \quad (3.32)$ <p>sau</p> $c_s = 2\tau_{02}/\tau_{t \max} [(1 + \tau_{t \min}/\tau_{t \max}) + \tau_{02}(1 - \tau_{t \min}/\tau_{t \max})/\tau_{-1}] \quad (3.33)$	

Tabelul 3.1 (continuare)

Elementul de calcul	Relațiile de calcul și recomandările necesare	
	Secțiunea circulară	Secțiunea dreptunghiulară**)
	<i>Observație.</i> În general, dacă $\tau_{t1} = \tau_{aR \min}$ și $\tau_{t2} \leq \tau_{aR \max}$ (v. și STAS 7067-76) se consideră că materialul ales corespunde condițiilor de solicitare a arcului.	
Caracteristica elastică	Se trasează conform modelului din acest tabel.	

*) Arcurile elicoidale cilindrice de întindere se proiectează cu relațiile din acest tabel considerind $F_0 = (0,75 \dots 0,83)F_1$; diferă doar lungimea semifabricatului l_s .

**) Latura mare b este perpendiculară pe axa longitudinală a arcului.

***) În cazul $\lambda > \lambda_{lim}$, arcul își poate pierde stabilitatea la $\delta = \delta_{cr}$

Arcul proiectat trebuie verificat dacă asigură condițiile impuse de gabarit și rigiditate (ținând seama de α_0); de asemenea trebuie stabilit gradul de neliniaritate al caracteristicii.

✓ Pentru calculul de oboseală, când materialul este omogen, se cunoaște cu precizie limita de rezistență la oboseală (sub formă de diagramă) și se pot lua în considerare — total și precis — condițiile de funcționare ale arcului, se poate recomanda un coeficient de siguranță $c_{sr} = 1,3 \dots 1,6$.

În general lipsesc diagramele de oboseală complete ale arcurilor; calculul trebuie efectuat cu aproximație și se recomandă $c_{sr} = 1,8 \dots 2,2$, în funcție de gradul de importanță al arcului.

Desenele de execuție ale arcurilor elicoidale cilindrice de întindere sau compresiune se alcătuiesc conform STAS 2102-77.

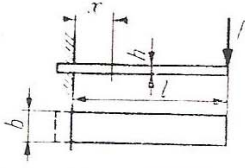
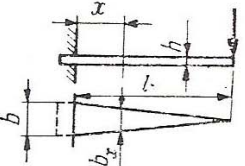
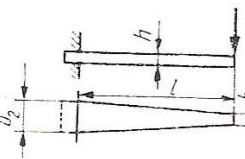
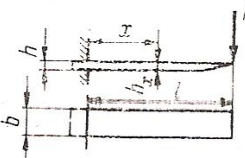
În vederea utilizării corespunzătoare a spațiului disponibil se întrebuințează *arcuri elicoidale multiple* — montate în paralel sau în serie — care funcționează simultan (v. și tabelul A.3-3).

Exemple de utilizare a arcurilor elicoidale cilindrice de întindere-compresiune în diversele domenii ale construcției de mașini sînt date în fig. 3.2—8.13.

Arcurile elicoidale cilindrice de răsucire (flexionale) sînt utilizate, pe scară largă, în construcția de mașini: la mașinile agricole, la demaroarele autovehiculelor, la unele cuplaje speciale etc. Din punct de vedere constructiv, arcurile de răsucire diferă de cele de întindere-compresiune doar prin forma capetelor de prindere (fig. 3.14).

Tabelul 3.7

Relațiile principale pentru calculul arcurilor monolamelare [9, 11, 12, 17, 28]

Forma lamelei	Efortul unitar $\sigma_{i\max}$, daN/cm ²	Săgeata maximă δ , cm	Rigiditatea k , daN/cm
Dreptunghiulară 	$\sigma_{i\max} = 6Fl/bh^2 \leq \sigma_{at}$ pentru $x = 0$	$\delta = 2\sigma_{i\max}l^2/3Eh$ sau $\delta = 4Fl^3/Ebh^3$	$k = 3EFh/l^2\sigma_{i\max}$ sau $k = F/\delta$; $k = Ebh^3/4l^3$
Triunghiulară 	$\sigma_{i\max} = 6Fl/bh^2 \leq \sigma_{at}$ constant pe lungime	$\delta = l^2\sigma_{i\max}/hE$; $\delta = 6Fl^3/Ebh^3$	$k = EFh/l^2\sigma_{i\max}$; $k = Ebh^3/6l^3$
Trapezoidală 	$\sigma_{i\max} = 6Fl/b_2h^2 \leq \sigma_{at}$	$\delta = 2\chi_0\sigma_{i\max}l^2/3Eh$; $\delta = 4\chi_0Fl^3/Ebh^3$, cu $\chi_0 = 3/(2 + b_1/b_2)$	$k = 3EFh/2l^2\chi_0\sigma_{i\max}$; $k = Ebh^3/4\chi_0l^3$
Dreptunghiulară; grosimea h parabolă simplă 	$\sigma_{i\max} = 6Fl/bh^2 \leq \sigma_{at}$	$\delta = 4l^2\sigma_{i\max}/3Eh$; $\delta = 8Fl^3/Ebh^3$	$k = 3EFh/4l^2\sigma_{i\max}$; $k = Ebh^3/8l^3$

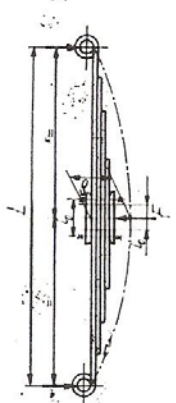
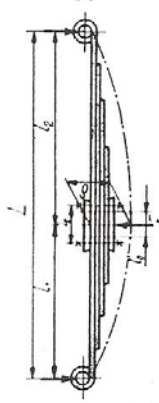
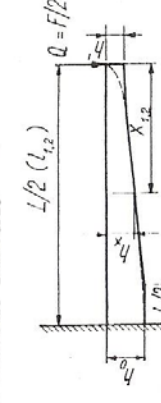
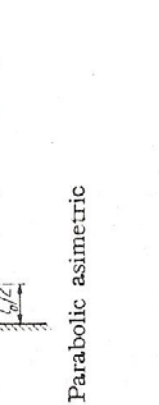
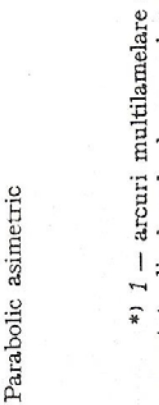
Observație. Pentru cazul general se recomandă $\sigma_{at} = 4\,500 \dots 6\,000$ daN/cm².

Din relațiile săgeții δ (v. tabelul 3.8) — cunoscând eforturile unitare maxime admisibile, săgeata maximă și coeficientul χ — se determină lățimea lamelor și numărul lamelor de diferite grosimi; lățimea se alege din profilele standardizate. Este recomandabil ca să se respecte raportul dintre lățimea și grosimea medie a lamelor:

$$6 < b/h < 10. \quad (3.6\,6)$$

Tabelul 3.8

Relațiile principale pentru calculul aproximativ al arcurilor multilamelare, utilizate la suspenzia autovehiculelor [8, 9, 20, 28, 30, 42]

Tipul arcului	Săgeata statică, cm	Rigiditatea, daN/cm	Efortul unitar maxim, daN/cm ²
Semieliptic simetric	1*)  $\delta = \chi FL^3 / 48 EI_0$; (3.47)	$k = 48 EI_0 / \chi L^3$; (3.48)	$\sigma_k = 12 EI_0 \delta / \chi L^3 W_k$; (3.49) $\sigma_k = FL I_0 / 4 W_k I_0$ $\sigma = 6 h \delta E / \chi L^3$; (3.52) $\sigma = 3 FL' / 2 n b h^2$ σ_a , v. fig. A. 3-9 [15]
Semieliptic asimetric	2  $\delta = \chi FL^3 / 48 n b h^3$; (3.50) cu **) $L' = L - l'_0$; $l'_0 \approx 2/3 l_0$; $I_0 = n b h^3 / 12$; (3.53) χ , din fig. A.3-8	$k = 4 n b h^3 E / \chi L^3$; (3.51)	$\sigma_k = 3 E I_0 \delta / \chi l'_0 W_k$; (3.56) $\sigma_k = FL' I_0 / L' I_0 W_k$ $\sigma = 3 h \delta E / 2 \chi l'_0$; $\sigma = 6 FL' I_0 / L' n b h^2$; (3.59)
Parabolic simetric ***)	1  $\delta = \chi F l_1^2 l_2^2 / 3 E L I_0$; (3.54) 2  $\delta = 4 \chi F l_1^2 l_2^2 / n b h^3 E L$; (3.57) cu: $l'_{1,2} = l_{1,2} - l'_0 / 2$	$k = 3 L I_0 E / \chi l_1^2 l_2^2$; (3.55) $k = n b h^3 E L / 4 \chi l_1^2 l_2^2$; (3.58)	$\sigma = 3 \delta E h_0 / \chi L^3$; $\sigma = 3 FL' / n b h_0^2$; (3.62)
Parabolic asimetric	 $\delta = 8 \chi F l_1^2 l_2^2 / n E b h_0^3 L$; (3.63)	$k = 2 n b E h_0^3 / \chi L^3$; (3.61) $k = n E b h_0^3 L / 8 \chi l_1^2 l_2^2$; (3.64)	$\sigma = 3 \delta E h_0 / 4 \chi l_1^2 l_2^2$; $\sigma = 6 FL' I_0 / n b h_0^2 L$; (3.65) σ_a , v. fig. A.3-9 [15]

Observație. Relațiile sînt valabile și pentru arcul parabolic monolamelar, înlocuind $n = 1$

*) 1 — arcuri multilamelare executate din lamele diferite (ca dimensiuni și formă a secțiunii); 2 — arcuri multilamelare executate din lamele de aceeași grosime, cu secțiune dreptunghiulară

**) În primă aproximație, $L' = L$ și $l'_{1,2} = l_{1,2}$

***) La arcul parabolic simetric $l_1 = l_2 = L/2$.

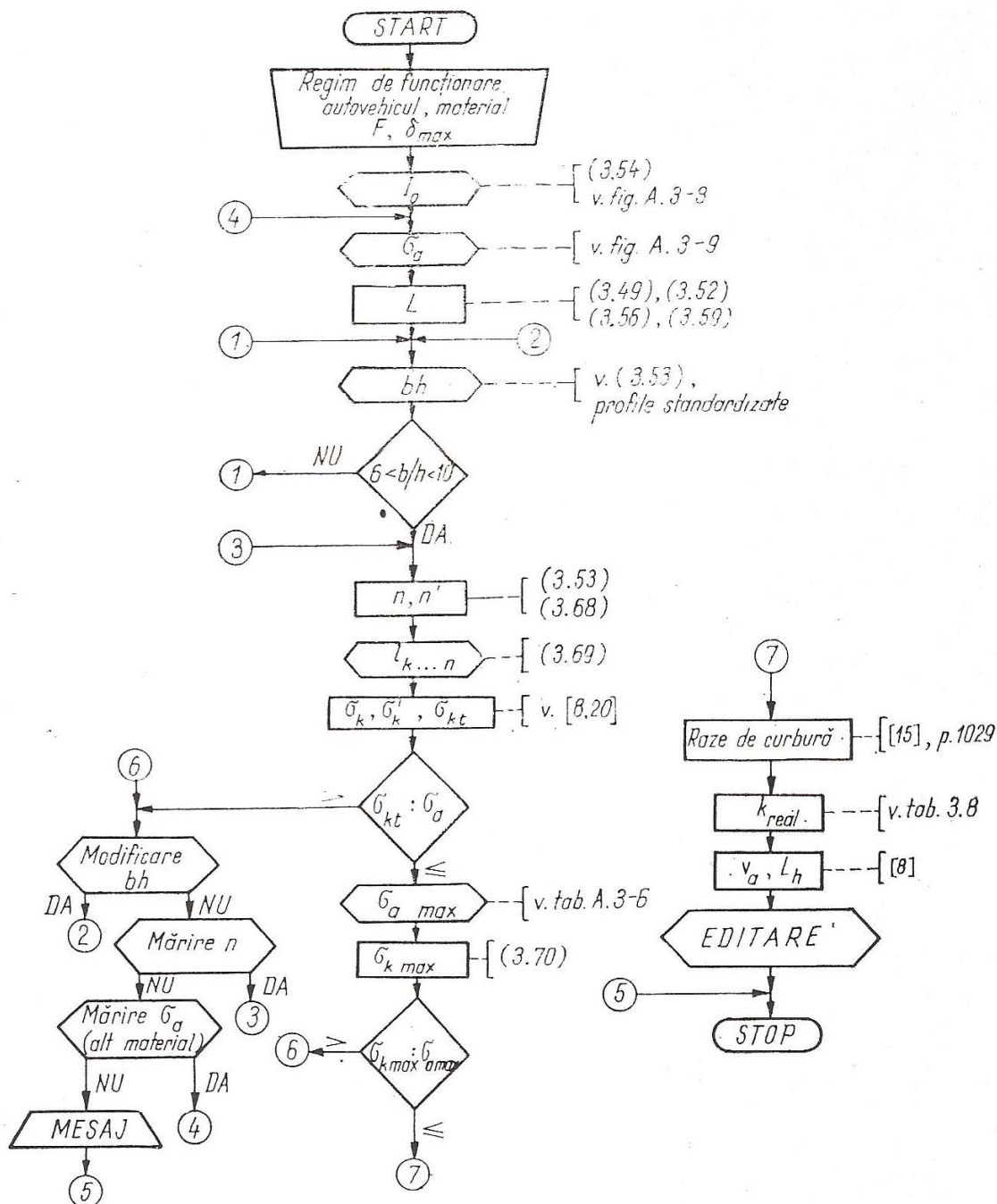


Fig. 3.31. Schema logică pentru calculul arcurilor multilamelare obișnuite, utilizate în suspenzia autovehiculelor.

În cazul în care arcul se proiectează din lamele de aceeași grosime, numărul acestora se determină din relația

$$n = 12 I_0 / b h^3; \quad (3.67)$$

I_0 calculându-se din relația săgeții (v. tabelul 3.8). Arcurile multilamelare moderne au, de obicei, aceeași grosime pentru toate lamelele, determinată — în principal — de grosimea lamelei principale.

În cazul în care arcul se proiectează din câteva grupuri de lamele — de grosimi diferite — se alege inițial numărul de lamele pentru primele grupuri de grosimi, iar pentru celelalte — ținând seama de faptul că suma momentelor de inerție trebuie să fie egală cu I_0 — se utilizează relația

$$b(n_1 h_1^3 + n_2 h_2^3 + \dots + n_m h_m^3)/12 = b \sum_{k=1}^m n_k h_k^3/12 = I_0, \quad (3.68)$$

în care m este numărul grupurilor de lamele de grosime diferită ($m \leq 3$).

La alegerea numărului total de lamele trebuie avut în vedere faptul că micșorarea numărului total al acestora contribuie la micșorarea însemnată a greutateii arcului.

Alegerea corectă a lungimii fiecărei lamele presupune îndeplinirea condiției [20]:

$$(l_k - l_{k+1})/h_k^3 = (l_{k+1} - l_{k+2})/h_{k+1}^3 = \dots = (l_{n-1} - l_n)/h_{n-1}^3. \quad (3.69)$$

Pentru alegerea practică a lungimii lamelelor se recomandă folosirea metodei grafice indicate în [8, 20].

Dacă arcul este format din lamele de aceeași grosime, atunci treptele de lungime trebuie să fie egale; lungimile lamelelor intermediare se determină cu ușurință după alegerea constructivă a lungimii ultimei lamele.

Eforturile unitare totale σ_{kt} se determină prin însumarea algebrică a eforturilor unitare de asamblare σ'_k și a eforturilor unitare σ_k datorate acțiunii sarcinii exterioare (v. [20]).

Eforturile unitare maxime $\sigma_{k \max}$ datorate acțiunii sarcinii maxime de șoc F_{\max} se pot determina cu relația [8]

$$\sigma_{k \max} = K_d \sigma_{kt} \leq \sigma_{a \max}, \quad (3.70)$$

în care: $\sigma_{a \max}$ este efortul unitar maxim admisibil (v. tabelul A.3—6); $F_{\max} = K_d G_s$; G_s — sarcina statică pe arc (greutatea suspendată a autovehiculului complet încărcat) $K_d \approx 1,4 \dots 2,4$ [20], coeficient dinamic.

Întrucât materialul lamelelor de arc este solicitat la maxim, se recomandă efectuarea unui calcul de verificare a duratei de funcționare, care depinde de capacitatea de încărcare a materialului, de suprafața materialului care participă la preluarea sarcinilor, de frecvența vibrațiilor și de frecvența apariției acestora în timpul exploatării (v. [8]).

În fig. 3.32—3.36 se prezintă câteva tipuri speciale de arcuri multilamelare și unele exemple de utilizare a arcurilor multilamelare.

Forma capătului lamelei principale și sistemele de prindere, diferitele forme ale articulațiilor utilizate și ale bridelor (legăturilor de arc), forma posibilă a profilului laminat al oțelului, precum și exemplificarea utilizării garniturilor speciale — pentru înlăturarea sau diminuarea frecării — sînt prezentate în fig. 3.37—3.42.