

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA"
TIMIȘOARA

TEZA DE DOCTORAT

CONTRIBUTII LA OPTIMIZAREA FABRICATEI
DE TUBURI METALICE FLEXIBILE

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

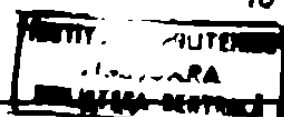
CONDUCATOR ȘTIINȚIFIC,
PROF. DR. DOCENT
ing. Aurel Manu

DOCTORAND,
ing. Rodina Augustin

INSTITUTUL POLITEHNIC TIMIȘOARA	
BIBLIOTECA	
Volumul Nr.	506732
Data	253 Lit. 4

CUPRINS

	Pag.
1. Introducere în problematica fabricării tuburilor flexibile	4
1.1. Clasificarea tuburilor flexibile	4
1.2. Stadiul actual a fabricației tuburilor metalice flexibile pe plan mondial și național	5
1.3. Simbolizarea tuburilor flexibile	7
1.3.1. Tuburi metalice flexibile de protecție, simbol general SP	7
1.3.2. Tuburi metalice flexibile pentru presiuni medii, simbol general SR	9
1.3.3. Tuburi metalice flexibile de tip agrafă, simbol general SSA	9
1.3.4. Tuburi metalice flexibile cu pereți dubli, simbol general PD	10
1.3.5. Tuburi metalice flexibile cu secțiunea poligonală, simbol general FP, numite și antitorzionale	11
1.3.6. Tuburi metalice flexibile din benzi late pentru protecție, simbol general PF, numite și Kopex	12
1.3.7. Tuburi flexibile din țevi ondulate sau benzi sudate, simbol general O	12
1.3.8. Tuburi flexibile din sîrmă profilată, simbol general SSP	13
1.3.9. Tuburi flexibile pentru conducerea lichidelor de răcire la sculele mașinilor unelte, simbol general RA	14
1.3.10. Tuburi flexibile, cu rezonanță, pentru susținerea lămpilor de iluminat local și a microfocanelor, simbol general FR	14
1.3.11. Echivalarea tuburilor flexibile în simboluri românești cu cele străine	59
2. Noțiuni de calcul și proiectare ale tuburilor metalice flexibile	64
2.1. Alegerea tipului de tub flexibil funcție de condițiile de exploatare	64
2.2. Proiectarea tuburilor metalice flexibile	76
2.2.1. Proiectarea tuburilor flexibile din benzi profilate, simbol SPU, neetanșate	76



2.2.2. Proiectarea tuburilor flexibile din benzii profilate, simbol SPD, etanșate	81
2.2.3. Proiectarea tuburilor flexibile de tipul SR etanșate pentru presiuni medii	84
2.2.4. Proiectarea tuburilor flexibile cu spirele în formă de semingrafi SSA	89
2.2.5. Proiectarea tuburilor metalice flexibile din țevi cu ranuri paralele tip O	92
2.3. Model generalizat de proiectare a tuburilor metalice flexibile și utilizarea calculatorului în acest scop	95
3. Proiectarea mașinilor specializate utilizate la fabricarea tuburilor metalice flexibile din benzii	116
3.1. Particularități constructive și cinematice ale mașinilor de fabricat tuburi metalice flexibile	116
3.2. Scheme cinematice ale mașinilor de fabricat tuburi flexibile din benzii profilate	118
3.3. Deformarea plastică progresivă a benzilor funcție de tipul tubului flexibil	118
3.4. Determinarea razei de curbură a ghidajului curb	120
3.5. Metoda de calcul a mașinilor specializate de fabricat tuburi flexibile din benzii profilate	120
3.6. Acționarea mașinilor de fabricat tuburi flexibile	126
4. Tehnologia fabricării tuburilor metalice flexibile	130
4.1. Materiale utilizate la fabricarea tuburilor flexibile	130
4.1.1. Materiale metalice	130
4.1.2. Materiale pentru etanșare	131
4.1.3. Teciături metalice și nemetalice - trese	131
4.1.4. Materiale plastice și din cauciuc	132
4.2. Tehnologia de fabricare a tuburilor flexibile din benzii	132
4.3. Tehnologia de fabricare a tuburilor flexibile cu remanență	134
4.4. Tehnologia de fabricare a tuburilor flexibile din țevi sau benzii sudate în elice	135
4.5. Încercarea și verificarea tuburilor flexibile	138
5. Calculul de asamblare și montare a tuburilor metalice flexibile	139
5.1. Alegerea materialului	139
5.2. Influența temperaturii și presiunii	140
5.3. Dimensionarea montajelor în arc	141
5.4. Calculul montajelor pentru preluarea dilatațiilor	144

5.5. Calculul pierderilor de presiune în tuburile flexibile	149
5.6. Indicații de montaj și exploatare	153
6. Concluzii	157
6.1. Contribuții teoretice	157
6.2. Contribuții aplicative	160
6.3. Eficiența economică a lucrării	161
Bibliografie	162

CONTRIBUTII LA OPTIMIZAREA TEHNOLOGIEI DE FABRICATIE A TUBURILOR METALICE FLEXIBILE

1. INTRODUCERE IN PROIECTAREA FABRICARII TUBURILOR METALICE FLEXIBILE

1.1. Clasificarea tuburilor metalice flexibile

Aproape că nu există domeniu în care tubul metalic flexibil, ca organ de mașină sau mijloc de protecție, să nu fie utilizat.

Explozia tehnologică din ultimile decenii, în special obținerea unor materiale cu caracteristici fizico-mecanice superioare, și mijloacele moderne de prelucrare au permis și au condiționat, deopotrivă, fabricarea unui număr mare de tipodimensiuni de tuburi metalice flexibile.

Țara noastră, care a pășit hotărât și dinamic pe calea fabricării unei industrii moderne proprii, a devenit o mare consumatoare de tuburi metalice flexibile, iar perspectiva anilor viitori ne îndreptățește să apreciem că acest consum va spori aproximativ în ritmul creșterii producției industriale.

Pe plan mondial, comparativ cu țara noastră, fabricația de tuburi metalice flexibile este foarte dezvoltată, dar literatura de specialitate din acest domeniu este sărăcă. Fabricanții prezintă prospecte sau cataloage din care se pot afla numai caracteristici tehnico-economice ale produselor.

Tubul metalic flexibil este un organ de mașină compus din spire, care se îmbină corespunzător în procesul de fabricație, executate din benzi metalice, țevi sau diferite profiluri, care face de obicei, legătura între două organe de mașină ale unui agregat sau ale unei instalații, care au de cele mai multe ori o mișcare relativă unul față de celălalt.

Tuburile flexibile ca organe de mașini sau ca mijloace de protecție pot urma trasee sinuoase după cele trei grade de libertate, execută mișcări relative sau sînt statice.

În continuare tuburile metalice flexibile se vor denumi

"tuburi flexibile" și se va înțelege prin aceasta că sînt cele metalice.

Utilizarea tuburilor flexibile este avantajoasă din următoarele considerente: înlătură sisteme improvizate, compuse din articulații cu mișcări relative, care nu o fiabilitate scăzută mai ales îmbinările etanșate; se montează și se demontează cu ușurință; se întreține ușor; se montează după trasee sinuoase fără utilizarea unor elemente intermediare; sînt flexibile și relativ ieftine; utilizate la construcția erborilor flexibili prezintă avantajul construirii unor dispozitive simple care transmit cupluri de rotație de ordinul miilor de newton; tehnologia fabricării lor este destul de simplă și productivă.

Principalele dezavantaje ale tuburilor flexibile sînt: dependența mare a fiabilității lor de temperatura la care lucrează; respectarea cu strictețe a prescripțiilor de montaj, care de obicei depinde de conștiințozitatea și priceperea muncitorilor; posibilitatea alegerii greșite a acestor organe de mașină în cazul lipsei unei documentații necesare și a specialistului; nu se pot repara și recupera.

Cu toate dezavantajele enumerate, tuburile flexibile se fabrică și se utilizează pe scară industrială și sînt uneori de neînlocuit.

Tuburile flexibile pot fi clasificate în funcție de mai mulți parametri. Acești parametri sînt: presiunea nominală, profilul spirii din care sînt fabricate, calitatea materialului, construcția tubului flexibil propriu-zis sau a spirelor, precum și temperatura la care pot lucra. În fig. 1.1 se prezintă clasificarea tuburilor flexibile ce se fabrică și se utilizează în prezent pe plan mondial.

1.8. Stadiul actual a fabricației tuburilor metalice flexibile pe plan mondial și național

Fabricația tuburilor flexibile este foarte dezvoltată, pe plan mondial executîndu-se o mare varietate de tipodimensiuni care satisfac cele mai exigente pretenții ale beneficiarilor.

Principalele țări producătoare de tuburi flexibile sînt: R.F. Germania, Italia, Elveția, Franța, Cehoslovacia, Anglia, S.U.A. și U.R.S.S.

Aceste țări fabrică tuburi flexibile de toate tipurile cunoscute pînă azi, cu caracteristici tehnice și funcționale înalte.

Fabricația tuburilor flexibile în țara noastră a început în anul 1965 în orașul Oțelu-Roșu.

Acțiunea de asimilare a tipodimensiunilor de tuburi flexibile

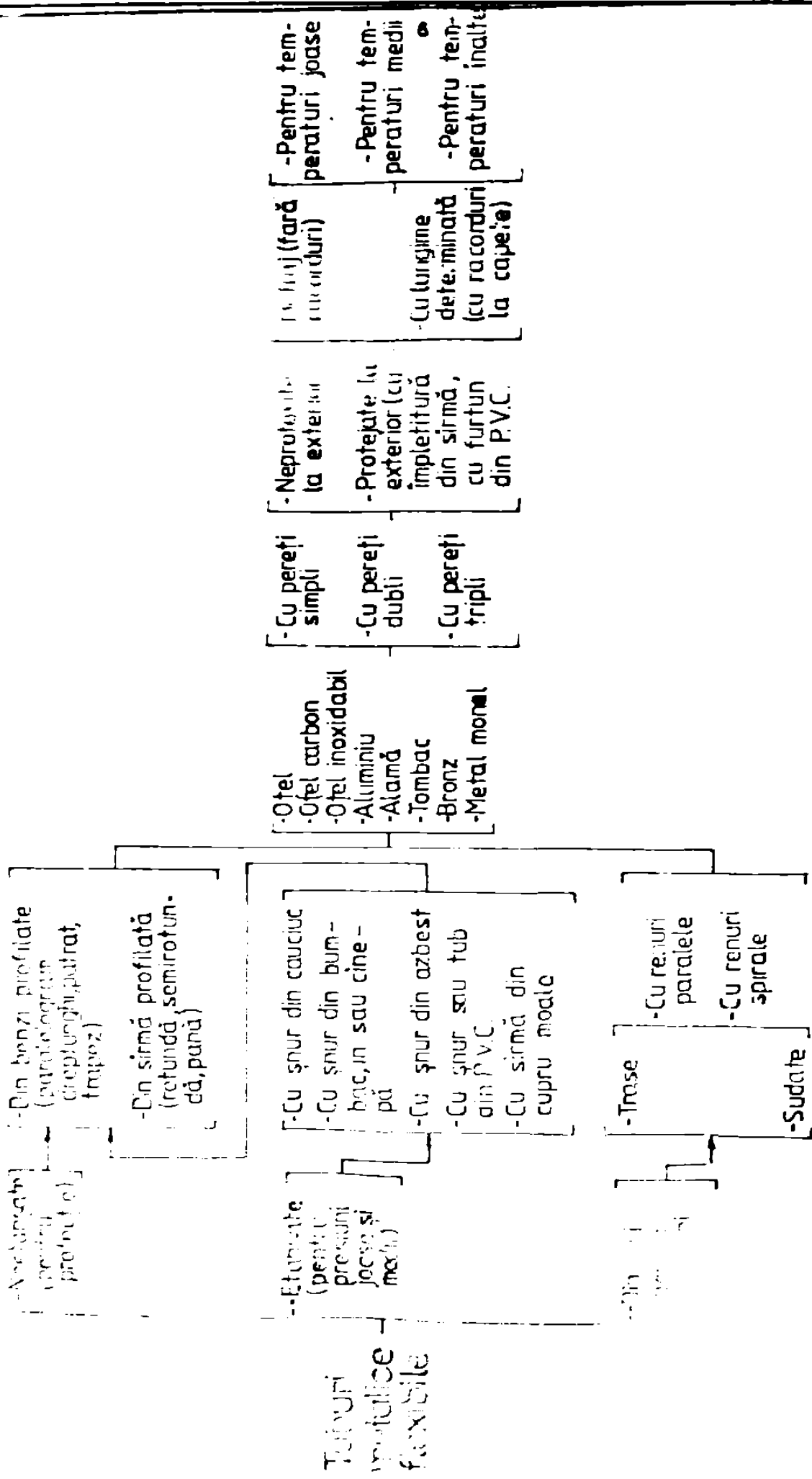


Fig. 1.1. Clasificarea tuburilor flexibile.

pentru protecție și presiuni reduse a căpătat un caracter de cercetare, care într-o perioadă relativ scurtă a reușit să introducă în fabricație șase tipuri de tuburi flexibile SFD, SFD-B(A), FD-SFD-HP, VP-SFD-A, OC și RA.

Producția de tuburi din tipurile arătate a permis renunțarea la import, întrucât calitatea produselor noastre este comparabilă cu a celor de fabricație străină.

Tehnologiile aplicate în fabricație tuburilor flexibile la noi în țară sînt moderne, mașinile și fluxurile tehnologice au parametri tehnici și productivi înalți.

În tabelele 1.1 - 1.37 se prezintă principalele tipodimensiuni de tuburi flexibile cu caracteristicile lor tehnice, ce se fabrică pe plan mondial și în țara noastră. În tabelul 1.36 se prezintă câteva tipuri de racorduri mai des utilizate la fabricarea tuburilor flexibile și dimensiunile principale de montaj. [9]

1.3. Simbolizarea tuburilor metalice flexibile

Diversitatea mare de tipodimensiuni în care se fabrică tuburile flexibile, precum și utilizarea unui limbaj comun între fabricanții de tuburi și cei ce le utilizează, au făcut necesară simbolizarea acestor organe de mașini.

Ca și în cazul altor produse, în simbolizare se utilizează litere și cifre care sînt inițiale ale caracteristicilor principale ale tuburilor metalice flexibile cum ar fi: secțiunea spirii, natura materialului de etanșare, diametrul nominal (interior), lungimea nominală, protecția exterioară, etc.

După forme constructive și funcționalitate, ținînd seama, mai ales de caracteristicile tehnice și funcționale, de forma profilului spirii, de modul în care se îmbină spirile precum și de secțiunea transversală a tuburilor, se prezintă în continuare simbolizarea tuburilor flexibile care se fabrică în țară sau se importă, precum și codificarea acestora.

1.3.1. Tuburi metalice flexibile de protecție, simbol general SF

Secțiunea transversală a acestor tuburi este rotundă, iar spirile sînt formate din două renuri regulate sub formă de patrulater ca în fig. 1.2.

Simbolul SF reprezintă spire sub formă de patrulater.

Patrulaterul poate fi una din figurile geometrice regulate: pătrat, dreptunghi, trapez sau paralelogram. Simbolul în acest caz se completează cu una din literele P, D, T sau P₁. Tuburile SP pot fi fabricate în două variante: neetanșate sau etanșate. Materialul de etansare mai adaugă simbolului una din literele B, C, C₁, A sau P, după cum etanșarea se face cu bumbac, cauciuc, oinăpă, azbest sau șnur din material plastic.

Pentru ca simbolizarea tubului să fie completă se adaugă la sfârșit cifre care reprezintă diametrul nominal al tubului.

Conform cu cele de mai înainte, simbolul SPD-12 reprezintă un tub flexibil neetanșat, cu spirele S sub formă de patruleter P, din renuri dreptunghiulare D, cu diametrul nominal (interior) de 12 mm și cu lungimea nedeterminată (cît rezultă din fabricație), iar simbolul SP₁-A-1-20 reprezintă un tub flexibil cu spirele din renuri sub formă de paralelogram P₁, etanșat cu azbest A, protejat la exterior cu un strat de țesătură din sîrmă 1, (cu diametrul nominal 20 mm) și cu lungimea rezultată din fabricație.

Tuburile flexibile simbolizate ca mai înainte se execută și se livrează la lungimi arbitrare, fără racorduri la ambele capete, cu sau fără țesătură din sîrmă la exterior, cunoscute sub denumirea de retraj.

Tuburile flexibile fabricate la lungimi fixe, cu racorduri la capete, se simbolizează ca și cele cu lungimi arbitrare, adăugîndu-se distinct, după diametrul nominal, lungimea de gabarit a tubului în metri aszblat cu racorduri în stare întinsă.

Codificarea tuburilor de tip SP cu semnificația fiecărei litere sau cifre este schematic reprezentată în fig. 1.3.

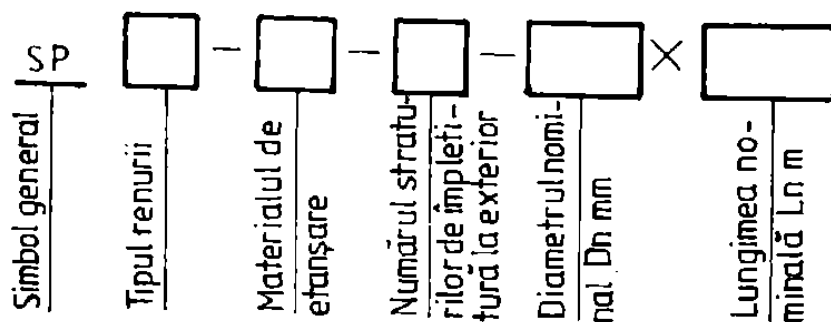


Fig. 1.3

Utilizînd această simbolizare, fiecare tub este univoc determinat.

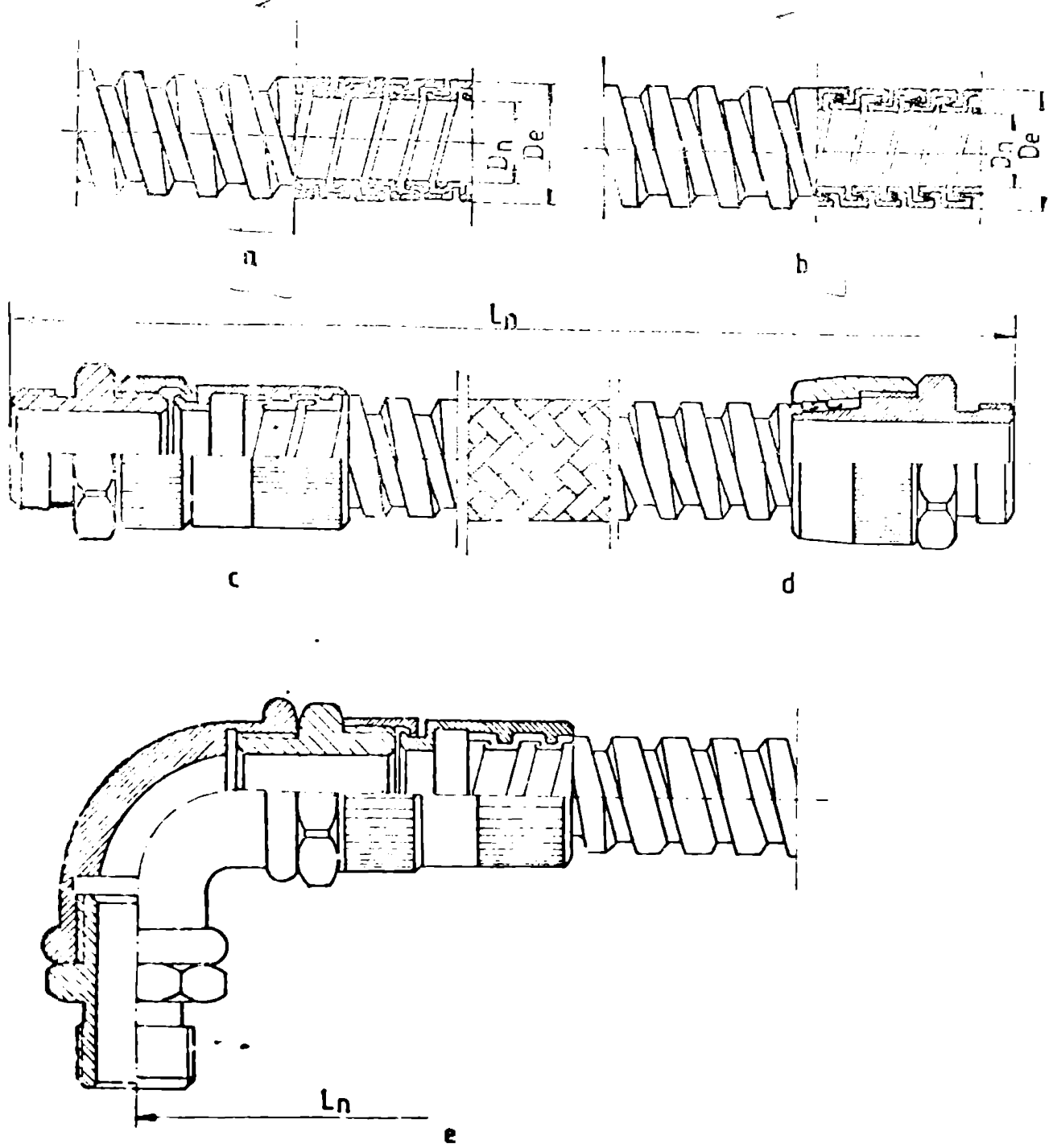


Fig.12. TUBURI FLEXIBILE DE TIP SP:

- a- tub flexibil SPD (neetansat) cu lungimea nedeterminată;
- b- tub flexibil SPD-A(B,C) (etansat) cu lungimea nedeterminată;
- c,d- tuburi flexibile SP (etansate sau neetansate) cu racorduri și lungime determinată;
- e- tub flexibil SP cu racord de tip cot.

1.3.2. Tuburi metalice flexibile pentru presiuni medii, simbol general SR

Constructiv aceste tuburi au spirele din două, patru sau cinci renuri, avînd interiorul neted sau profilat, cu sau fără țesătură la exterior, și se fabrică în exclusivitate cu recorduri la ambele capete, ca în fig.1.4 - 1.6.

Simbolul SR₂N-C-1-18x2 reprezintă un tub flexibil cu spirele S din două renuri R₂, cu interiorul neted N, etanșat cu cauciuc C, cu un strat de țesătură la exterior 1, al cărui diametru nominal (interior) este de 18 mm și are lungimea de 2 m.

Tubul flexibil SR₄N-A-16x0,8 are spirele formate din patru renuri, interiorul neted, etanșat cu azbest, diametrul nominal de 16 mm și lungimea totală de 0,8 m, fără împletitură la exterior.

Tubul flexibil simbolizat SR₅P-C-12x1,5 are spirele din cinci renuri cu interiorul profilat P, etanșat cu cauciuc, diametrul nominal fiind de 12 mm iar lungimea nominală de 1,5 m.

Codificarea tuburilor flexibile de tip SR cu semnificația fiecărei litere se reprezintă schematic în fig.1.7.

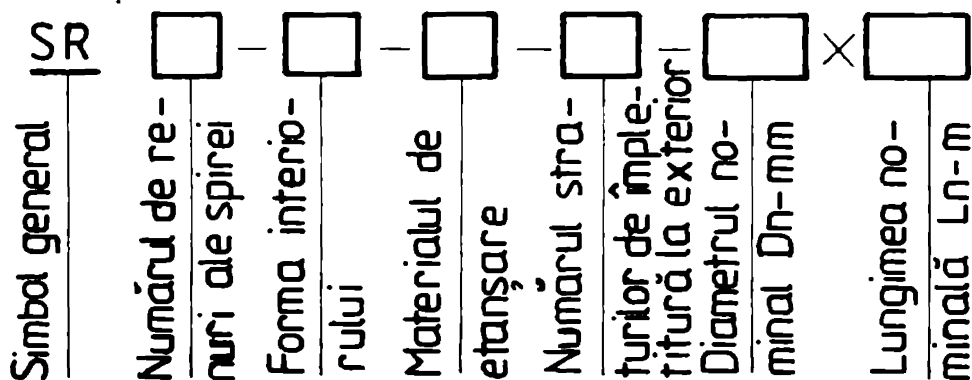


Fig.1.7

1.3.3. Tuburi metalice flexibile de tip agrafă, simbol general SA

Se fabrică în variantele neetanșate și etanșate, cu sau fără țesătură metalică la exterior, cu renurile din semiagrafe dreptunghiulare sau rotunjite ca în fig.1.8.

Simbolul SA-D-40x5 reprezintă un tub flexibil neetanșat cu

spiraletă din semiagrafe SA creștunghiulare D cu diametrul nominal de 40 mm și lungimea de 5 m, fără împletitură la exterior.

Tubul flexibil simbolizat SSA-R-1-50x4 reprezintă un tub flexibil cu spirale formate din semiagrafe rotunjite R etanșat cu azbest, cu diametrul nominal de 50 mm și lungimea de 4 m, fără împletitură la exterior.

Codificarea tuburilor de tip SSA cu semnificația fiecărui simbol este reprezentată schematic în fig.1.9.

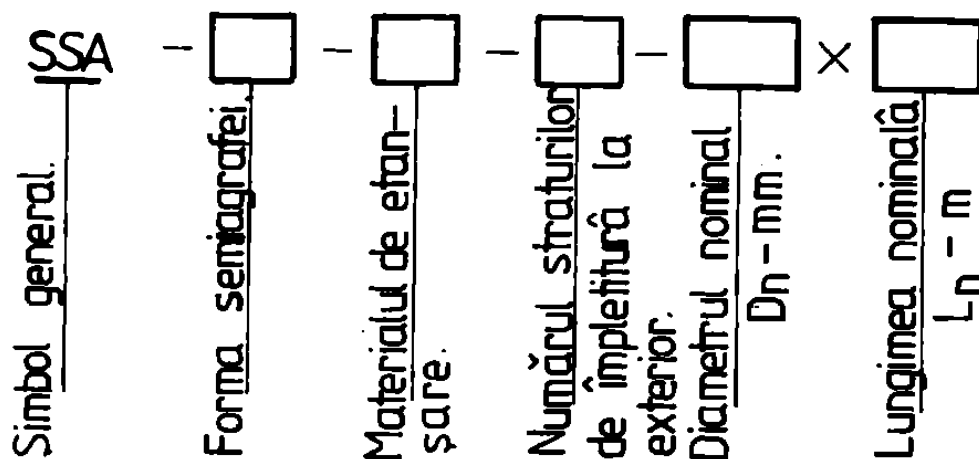


Fig.1.9.

1.3.4. Tuburi metalice flexibile cu pereți dubli, simbol general FD

Tuburile flexibile cu pereți dubli se obțin din combinația a două tuburi care se aleg în funcție de caracteristicile ce trebuie să le îndeplinească tubul, ca în fig.1.10.

Tubul flexibil cu pereți dubli FD obținut prin combinarea tubului SR₂N și a tubului din benzi late BL, neșrofilate, cu diametrul nominal de 50 mm și cu lungimea de 3 m, are simbolul FD-SR₂N-BL-50x3.

Alte combinații de tuburi ce se utilizează frecvent la fabricarea tuburilor FD sînt următoarele: FD-SSA-BL, FD-SSA-A-BL, FD-SPP-A-BL, FD-SPP₁-A-SP, FD-SPD-SSA-A.

Codificarea acestor tuburi cu semnificația fiecărui simbol este reprezentată schematic în fig.1.11.

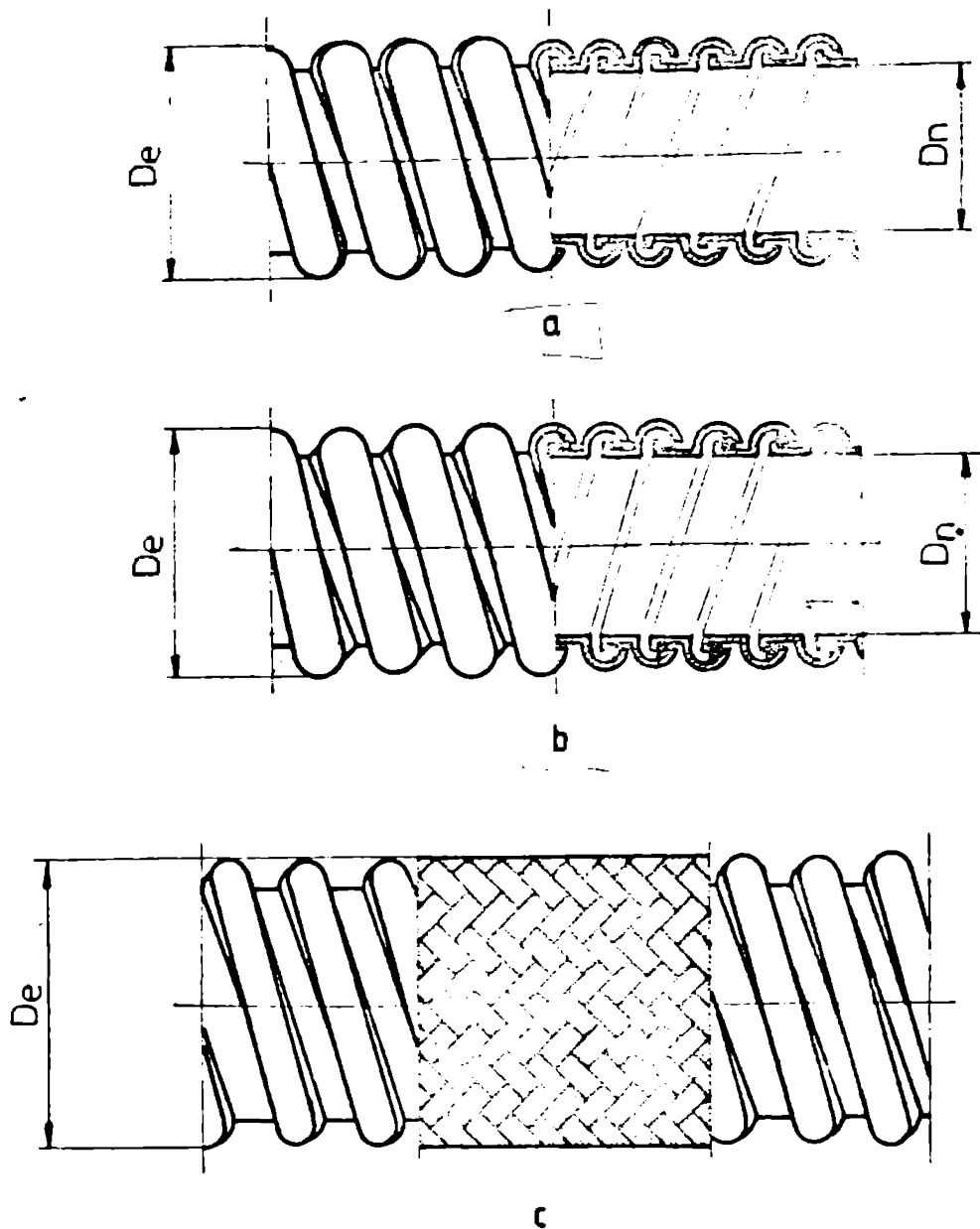


Fig. 14. Tuburi flexibile de tip SR_2N :

- a - tub flexibil SR_2N (neetanșat);
- b - tub flexibil $SR_2N-A(B,C)$ (etanșat);
- c - tub flexibil SR_2N cu împletitură din sîrmă la exterior.

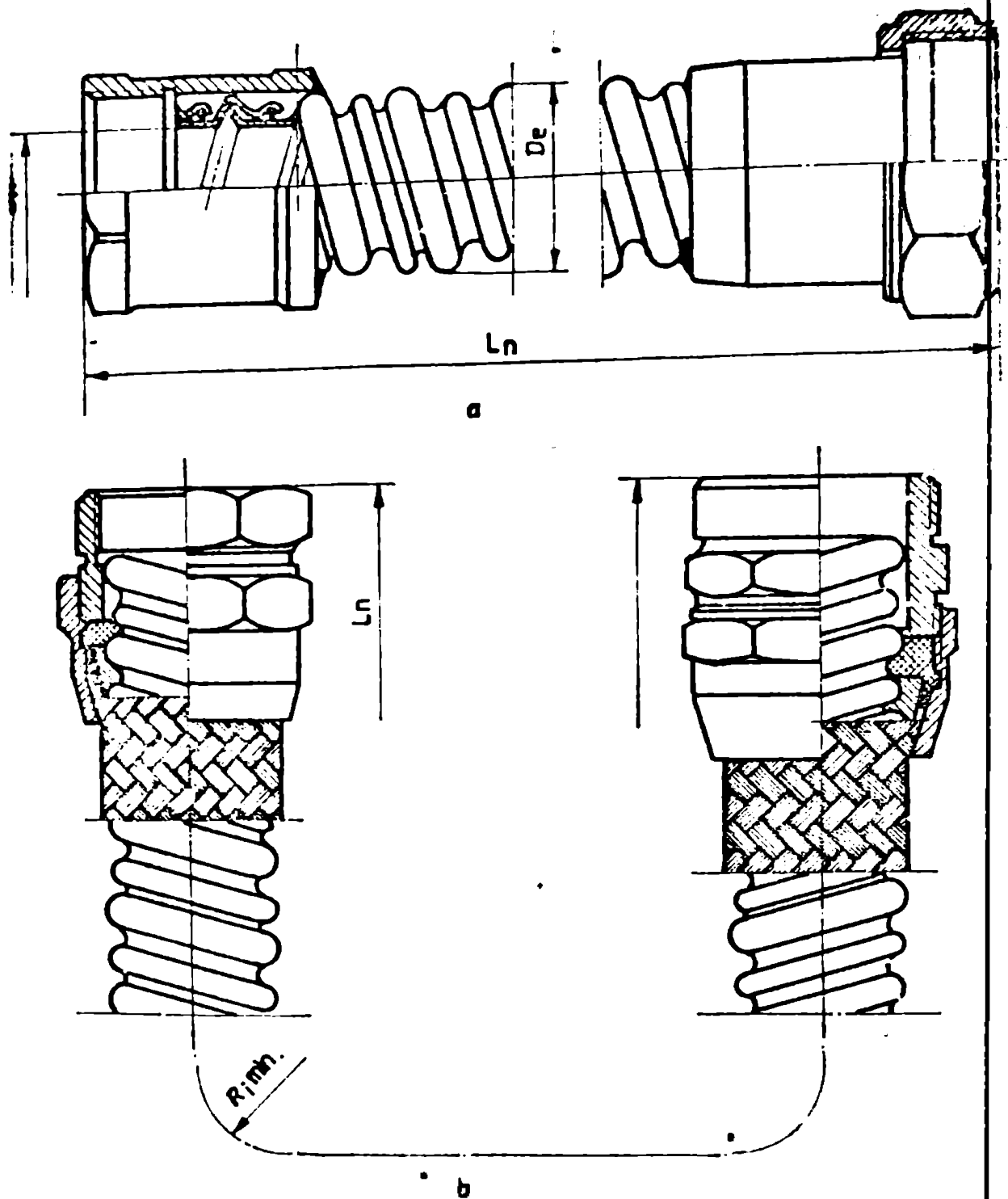


Fig. 15. Tuburi flexibile de tip SR_4N :

a - tub flexibil ($SR_4N-A(B,C)$) (etanșat) fără împetitură la exterior ;

b - tub flexibil SR_4N cu împetitură la exterior.

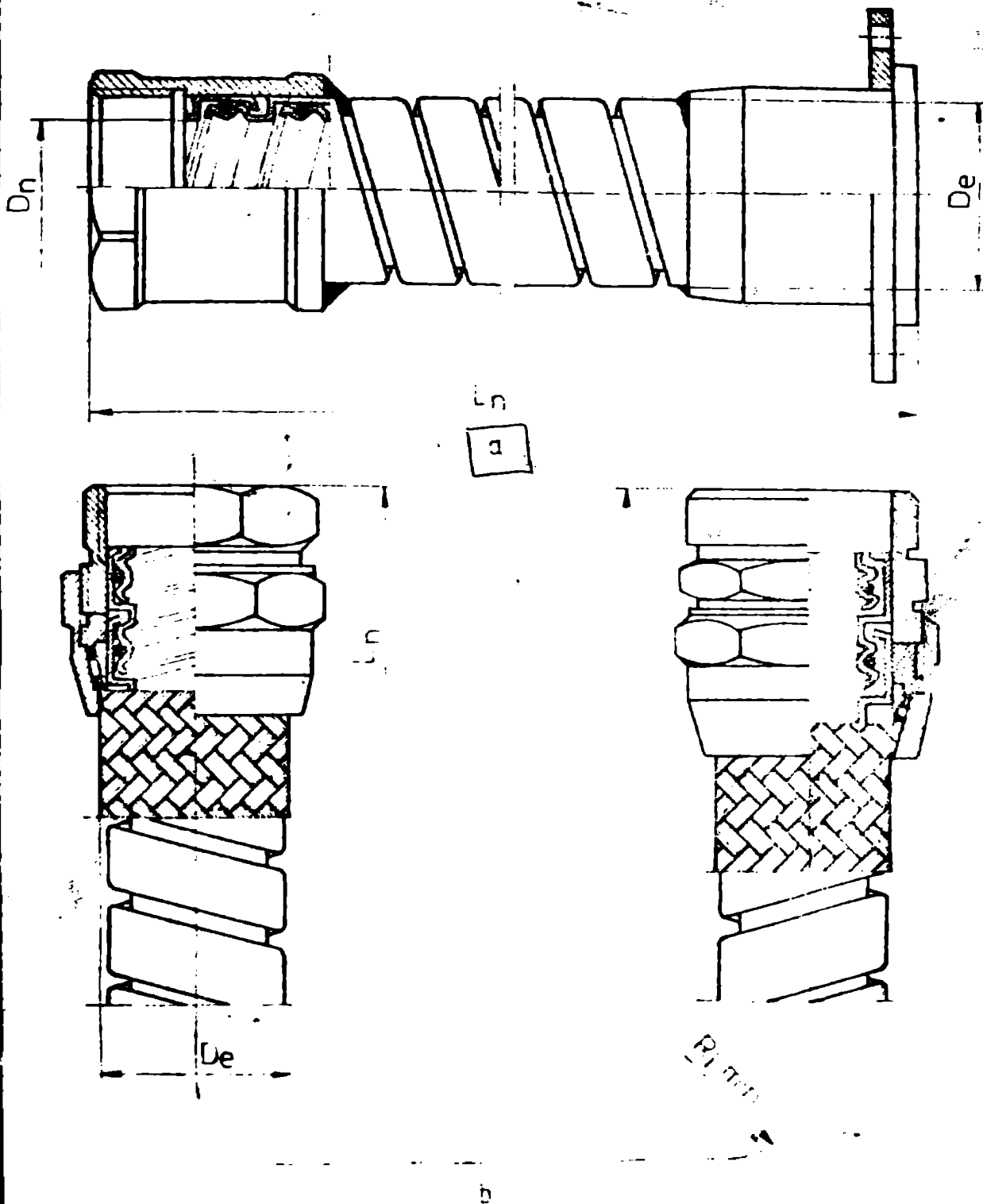


Fig 16. Tuburi flexibile de tip SR₅P:

- a - tub flexibil SR₅F-A(B,C) (etansat), fără împietură la exterior.
- b - tub flexibil SR₅P cu împietură la exterior

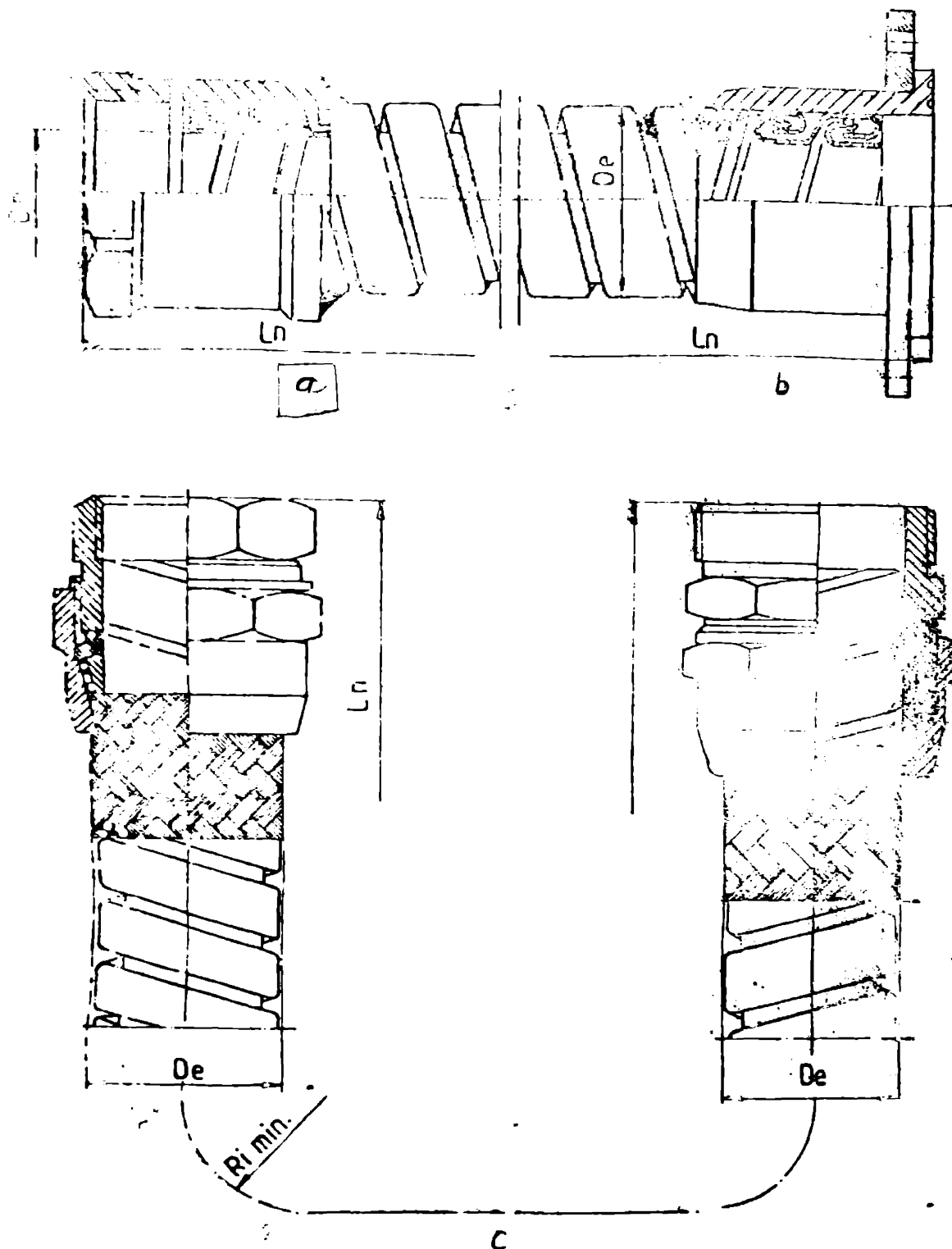


Fig.1.8 Tuburi flexibile de tip SSA:

- a - tub flexibil SSA-D-A (etansat) cu semiagrafe dreptunghiulare, fără împletitură la exterior;
- b - tub flexibil SSA-R cu semiagrafe rotunjite fără împletitură la exterior;
- c - tub flexibil SSA cu împletitură la exterior.

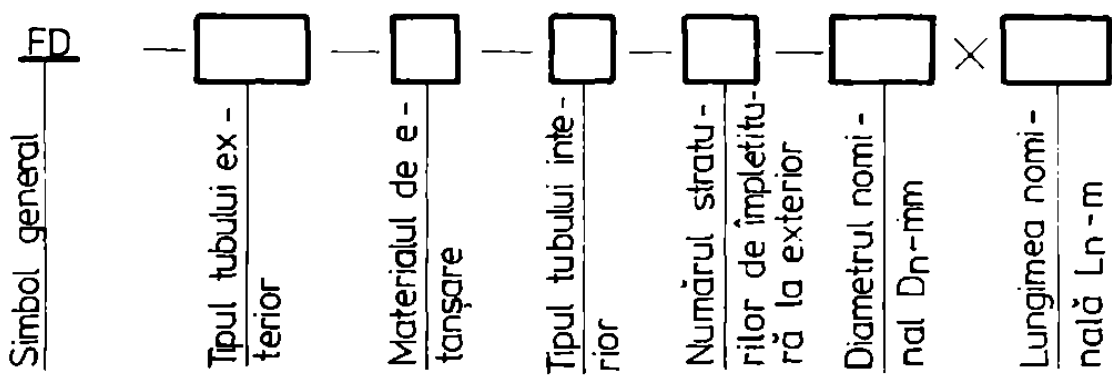


Fig. 1.11

1.3.8. Tuburi metalice flexibile cu secțiunea poligonală, simbol general FP, nășite și antitorșionale

Tuburile flexibile cu secțiunea poligonală se obțin din tuburile prezentate anterior prin înfășurarea lor pe un profil poligonal în elice ca în fig. 1.12.

Tubul flexibil poligonal obținut din tubul SFD cu diametrul circumscriis poligonului de 80 mm și cu lungimea de 0,7 m se simbolizează astfel: FP-SFD-80x0,7. Acest tub, în construcție etanșată, are simbolul FP-SFD-A-80x0,7.

Codificarea acestor tuburi cu semnificația fiecărui simbol este reprezentată în fig. 1.13.

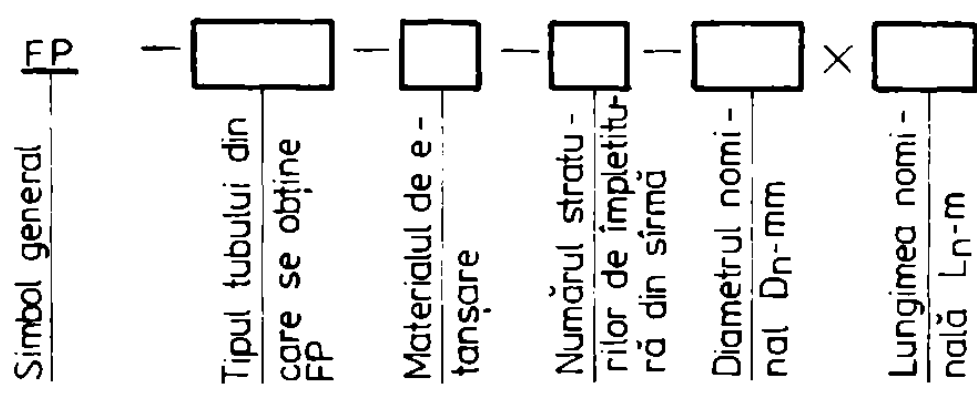


Fig. 1.13

1.3.6. Tuburi metalice flexibile din benzi late pentru protecție, simbol general PF, numite și Kopez

În fig.1.14 sînt prezentate principalele tipuri constructive ce se fabrică în mod obișnuit.

- PF-I-13x3 - Tub de protecție P, flexibil F, izolat I, cu diametrul nominal de 13 mm și lungimea de 3 m.
- PF-I-R-13x3 - același tub ca mai sus cu rezistență mecanică R.
- PF-R-13,3x3 - tub metalic flexibil neizolat cu rezistență mecanică, cu diametrul nominal de 13 mm și lungimea de 3 m.

Codificarea acestor tuburi se prezintă în fig.1.15.

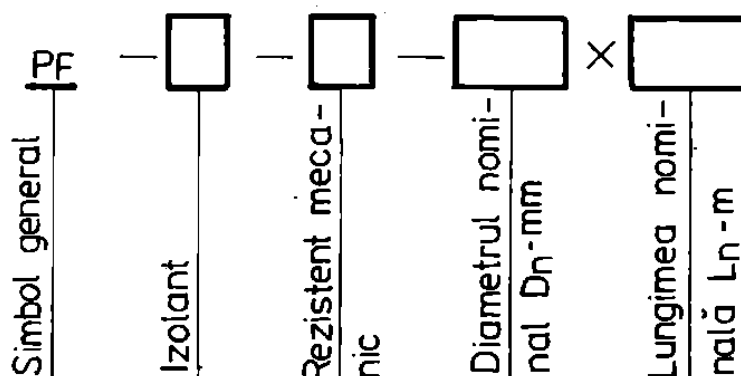


Fig. 1.15

1.3.7. Tuburi flexibile din țevi ondulate sau benzi sudate, simbol general O

Schematic aceste tuburi flexibile se prezintă în fig.1.16.

Variantele constructive ale acestor tuburi au următoarele simboluri:

- OS tub flexibil din țevă ondulată O, cu ondulații în spirală S;
- OC tub flexibil din țevă ondulată, cu ondulații paralele și concentrice C;
- OC-MT tub flexibil din țevă ondulată, cu ondulații paralele și concentrice pentru membrane termostatică;
- OSS tub flexibil cu ondulații în spirală din benzi sudate S.

Toate aceste tuburi pot fi fabricate și cu pereți dubli, întotdeauna avînd unul, două sau trei structuri de împletitură din sîrmă la exterior.

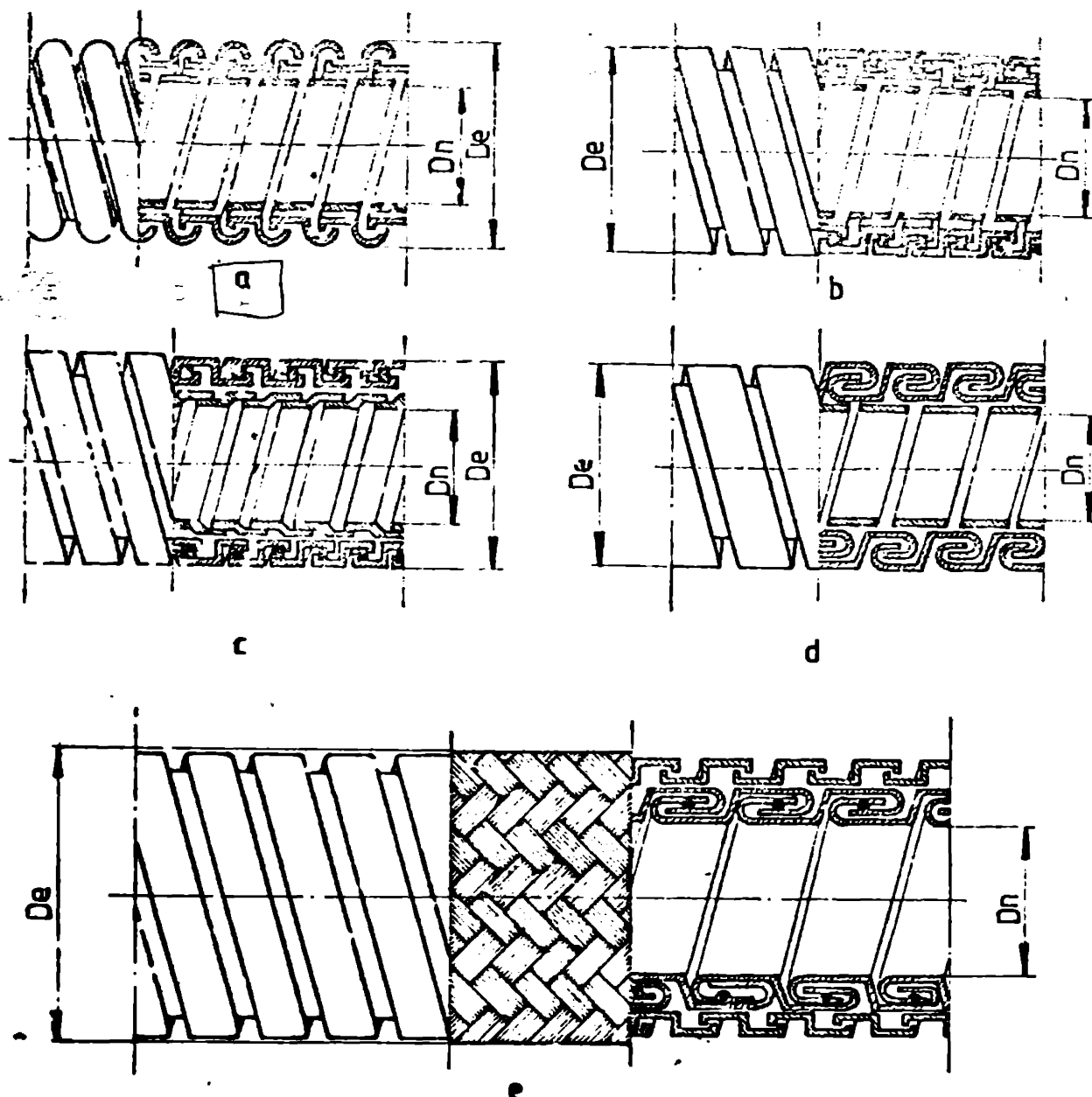


Fig. 1.10. Tuburi flexibile de tip FD:

- a-tub flexibil FD-SR₂N-BL fără împletitură la exterior;
- b-tub flexibil FD-SPD-A-BL fără împletitură la exterior;
- c-tub flexibil FD-SPD-A-BP fără împletitură la exterior;
- d-tub flexibil FC-SSA-BL fără împletitură la exterior;
- e-tub flexibil FD-SPD-SSA-A cu împletitură din sîrmă la exterior.

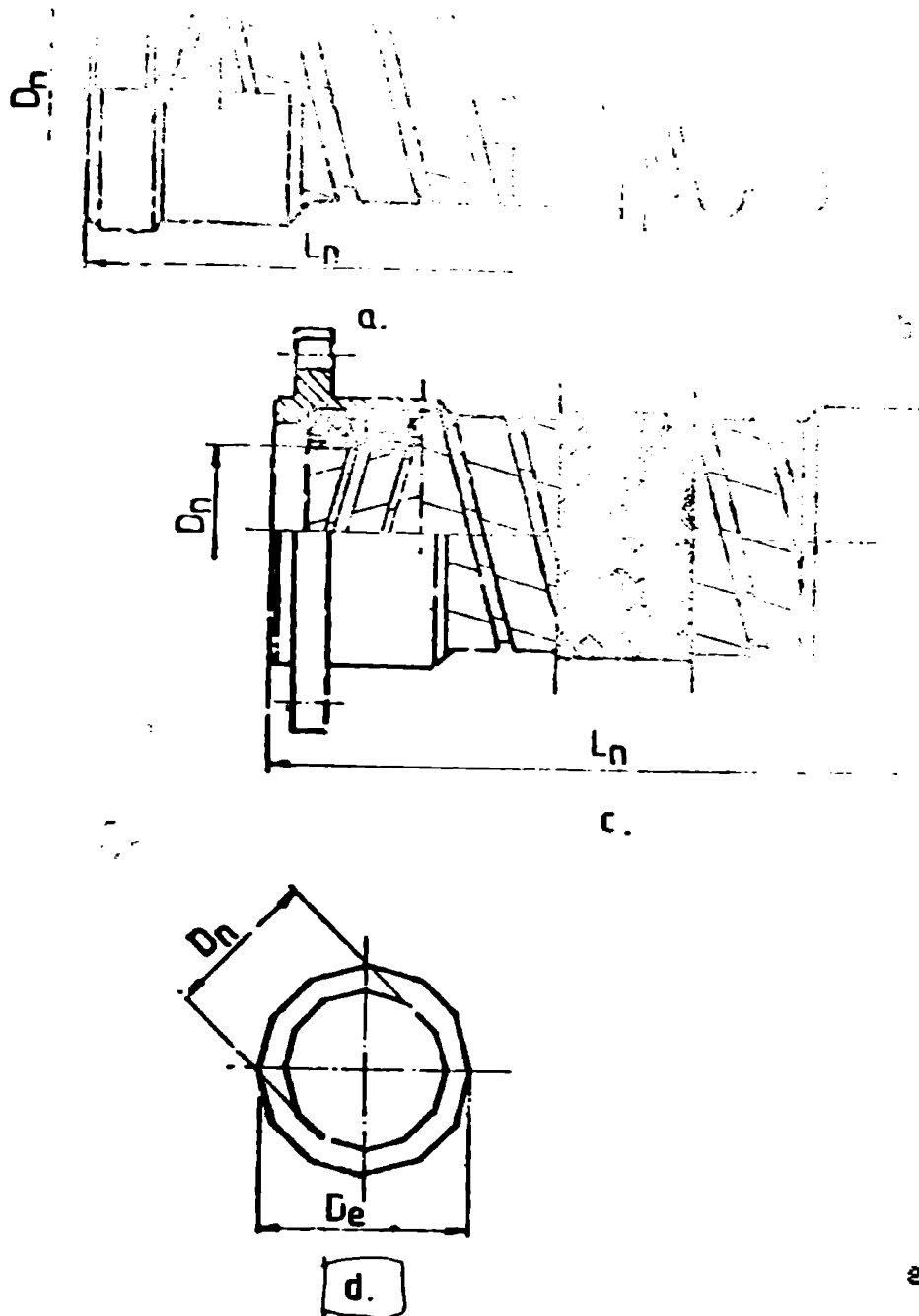


Fig. 12. Tuburi flexibile de tip FP:

- a - tub flexibil FP-SPU-A fără împletitură la exterior
- b - tub flexibil FP-SR₄N-A fără împletitură la exterior
- c - tub flexibil FP-FD-SPD-A-BP cu împletitură la exterior
- d - secțiune prin țevă la $\alpha = 0^\circ$
- e - secțiune prin țevă la $\alpha = 90^\circ$

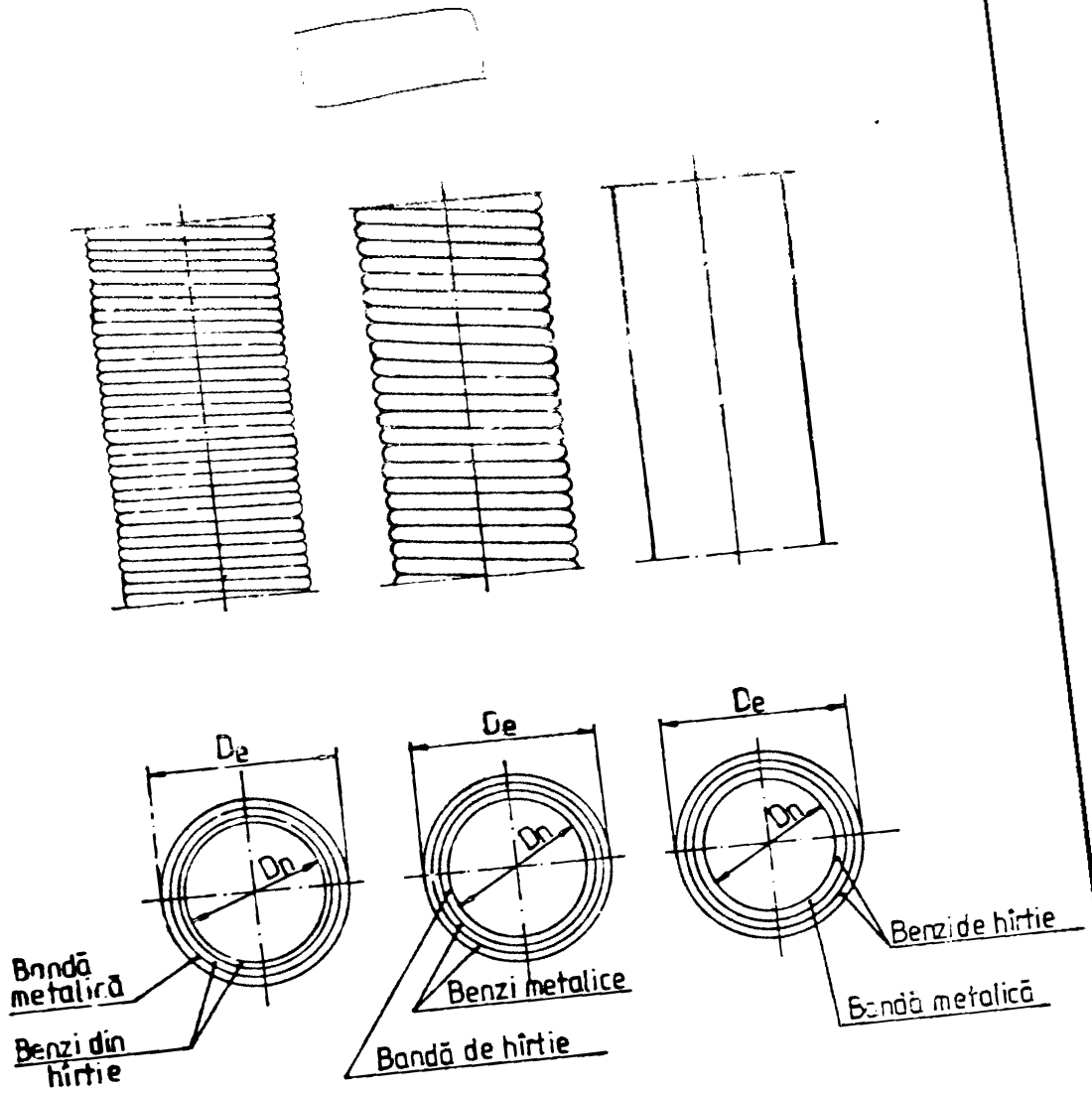


Fig 1.14. Tuburi flexibile din benzi metalice subțiri și hirtie electroizolantă de tip PF

- a-tub flexibil PF-J (izolat la interior);
- b-tub flexibil PF-FR;
- c-tub flexibil PF-I (izolat la exterior și interior).

Codificarea tuburilor din țevă este prezentată schematic în fig.1.17.

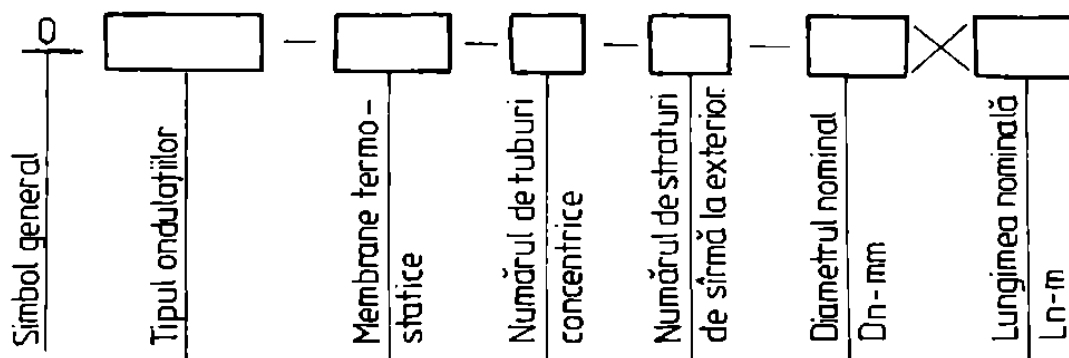


Fig.1.17.

1.3.8. Tuburi flexibile din sîrmă profilată, simbol general SSP

Schematic în fig.1.18 sînt prezentate principalele tipuri constructive fabricate în variantele cu pereți simpli și dubli, cu sau fără împletitură textilă ori metalică la exterior.

Se simbolizează în felul următor:

- SSP-R tub flexibil spiral S din sîrmă profilată SP cu secțiunea rotundă R;
- SSP-P același tub din sîrmă cu secțiunea pătrată P;
- SSP-D-SC-P_n tub flexibil spiral din sîrmă profilată cu pereți dubli D, peretele interior din sîrmă semicirculară SC, iar cel exterior din sîrmă sub formă de pană P_n;
- SSP-D-R-P_n același tub ca mai sus cu peretele interior din sîrmă rotundă.

Codificarea se prezintă schematic în fig.1.19.

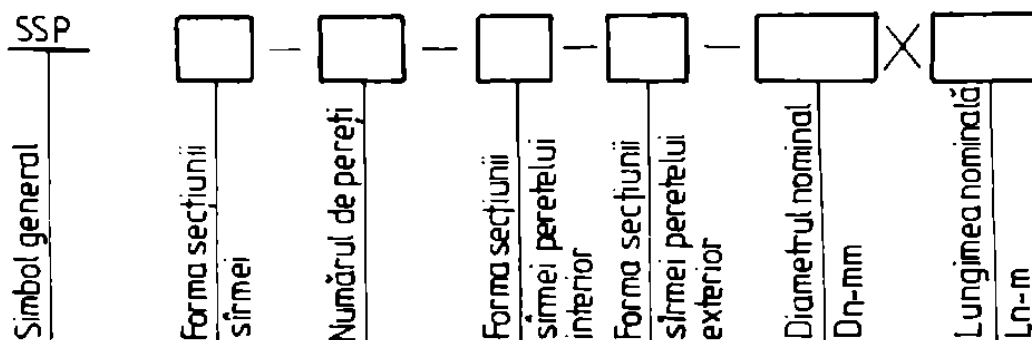


Fig 1.19

**1.3.9. Tuburi flexibile pentru conducerea lichidelor de răcire
la sculele mașinilor-unelte, simbol general RA**

Schematic, aceste tuburi sînt prezentate în fig.1.20 și se execută în șase variante, funcție de lungime. Ele se codifică ca în fig. 1.21.

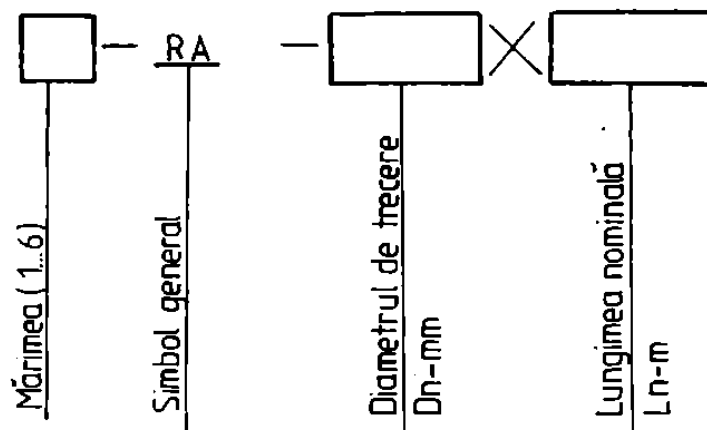


Fig.1.21

1.3.10. Tuburi flexibile, cu remanță, pentru susținerea lămpilor de iluminat local și a microfoanelor, simbol general FR

Construcția acestor tuburi este prezentată schematic în fig. 1.22, iar codificarea se face ca în fig.1.23.

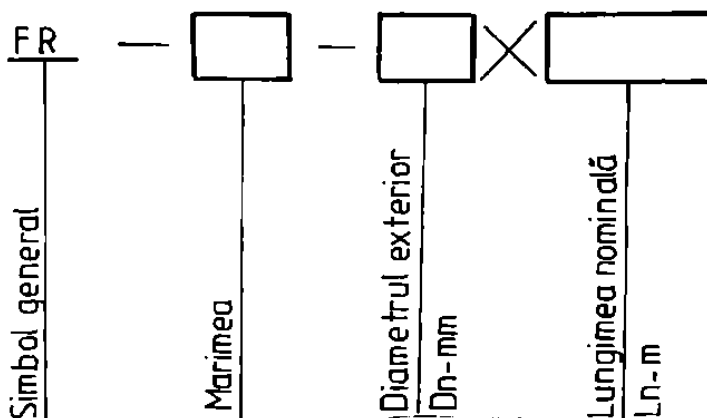


Fig.1.23

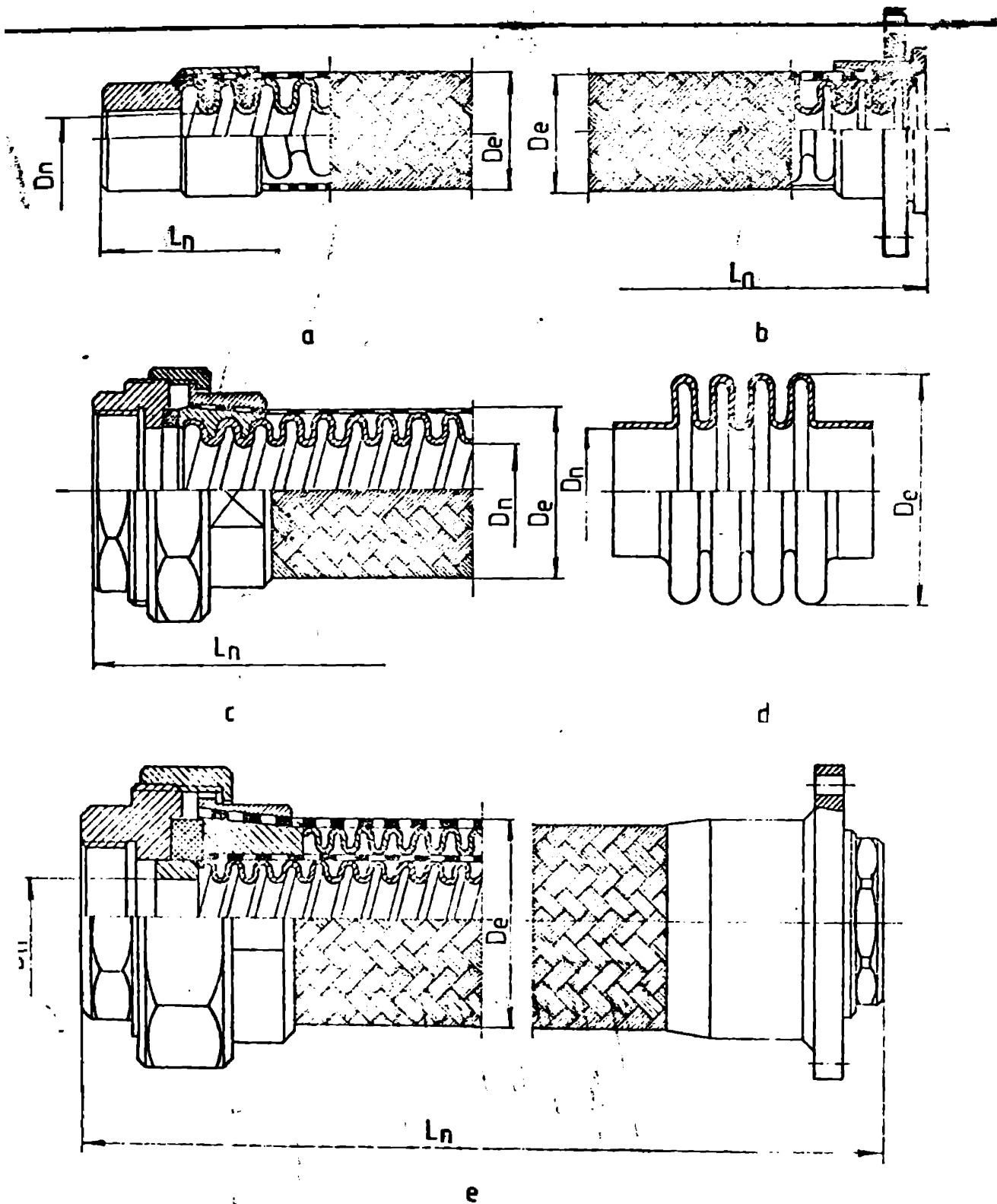


Fig. 1.16. Tuburi flexibile de tip O:

a - tub flexibil OS, din teavă cu ondulații în spirală și împletitură la exterior; b - tub flexibil OC, din teavă cu ondulații paralele și concentrice cu împletitură la exterior; c - tub flexibil USS, din benzi de spire sudate cap la cap; d - membrana termostatică OC-MT; e - tub flexibil cu pereți dubli: interiorul OS iar exteriorul OC.

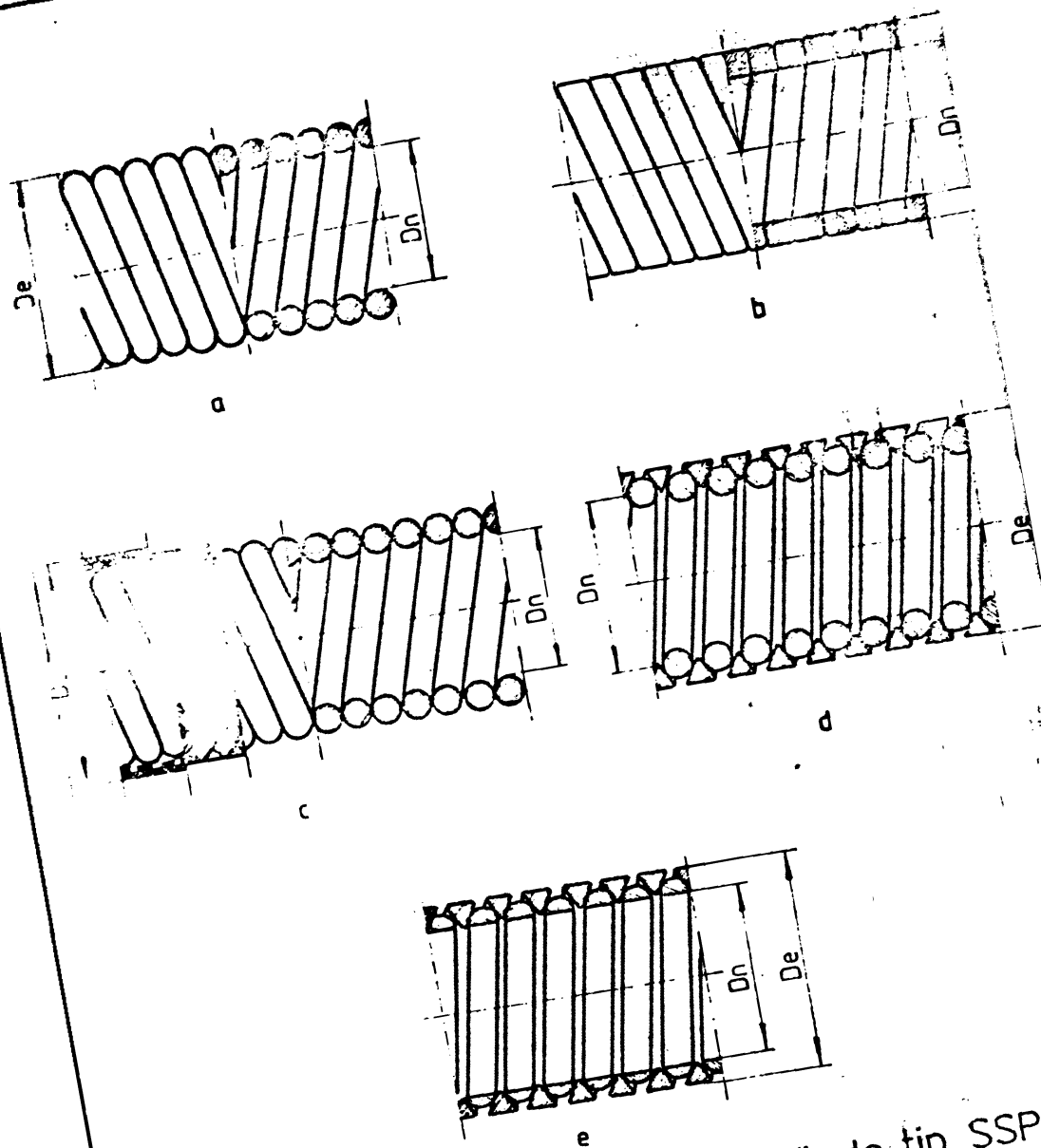
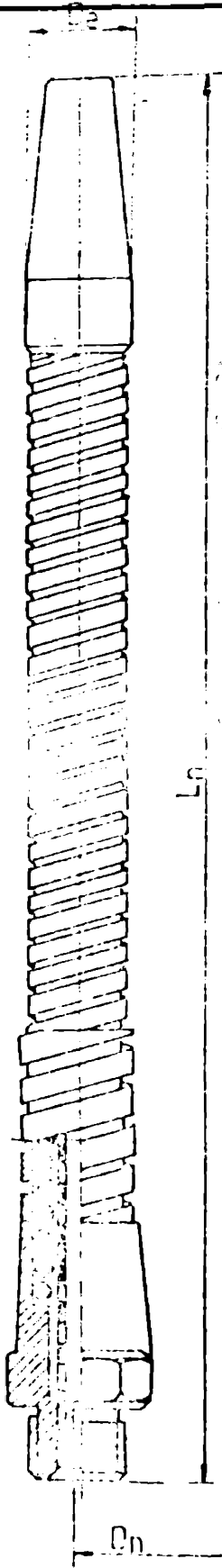
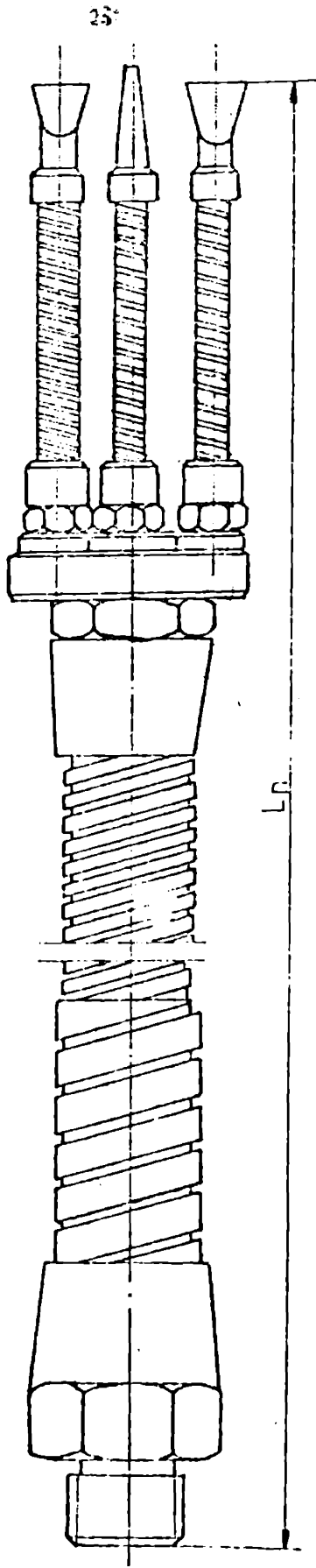


Fig.18. Tuburi flexibile din sîrmă de tip SSP:

- a - tub flexibil SSP-R;
- b - tub flexibil SSP-P;
- c - tub flexibil SSP-R împletit la exterior și protejat printr-un tub din PVC;
- d - tub flexibil SSP-D-R-P;
- e - tub flexibil SSP-D-SC-P.



cel de maso



506932
253 2

Fig.1.20. Tuburi flexibile pentru conducerea lichidelor de răcire la mașinile unelte, tip P.A :

- a- tub flexibil cu o singură cale de răcire
- b- tub flexibil cu mai multe căi de răcire

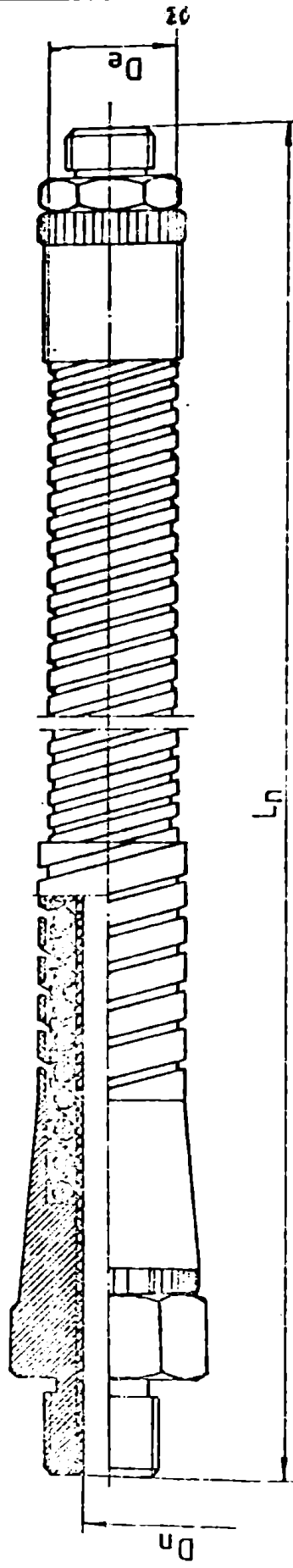


Fig. 1.22. Tub flexibil cu remanență pentru susținerea elementelor de iluminat, tip FR.

Tabloul 1.1. Tuburi metalice flexibile neetanșate de protecție de
tipul GSE (Hydra - DS)

Diometrul nominal D_n mm	Diometrul exterior D_e mm	Abaterile de la D_n și D_e \pm mm	Raza minimă de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm	Greutatea $G \pm 10\%$ din N/m
5	6,6	0,1	24	0,042
6	8,0	0,2	25	0,052
7	9,1	0,2	27	0,059
8	10,0	0,2	29	0,067
9	11,0	0,2	30	0,074
10	13,0	0,2	32	0,109
11	14,0	0,2	34	0,119
12	15,0	0,2	36	0,128
13	16,0	0,2	40	0,138
14	17,0	0,2	40	0,147
15	18,0	0,2	45	0,157
16	19,0	0,2	45	0,166
17	20,0	0,2	50	0,176
18	21,0	0,2	50	0,185
22	25,8	0,3	65	0,306
23	27,0	0,3	70	0,319
25	29,0	0,3	75	0,344
29	34,2	0,4	85	0,417
30	35,0	0,4	85	0,430
31	36,0	0,4	90	0,444
35	43,2	0,4	105	0,536
40	46,0	0,4	110	0,563
45	50,2	0,5	120	0,629
47	52,0	0,5	125	0,656
49	54,2	0,5	130	0,668
51	56,0	0,6	140	0,709

Tabelul 1.2. Tuburi metalice flexibile etanșate de protecție, de tipul SZ-(3,C) (Hydra - SI)

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Abateră de la D_n și D_e \pm mm	Raza minimă de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm	Greutate $G \pm 10\%$ kg/m
6	8,0	0,2	50	0,092
8	10,0	0,2	60	0,119
10	12,0	0,3	65	0,148
12	14,0	0,3	75	0,175
16	19,2	0,3	90	0,273
18	21,2	0,3	95	0,304
20	24,0	0,3	100	0,382
25	29,0	0,3	110	0,444
30	34,0	0,4	130	0,527
35	39,0	0,4	150	0,609
40	45,0	0,4	160	0,971
45	50,0	0,4	160	1,090
50	55,0	0,5	200	1,200
60	66,0	0,5	230	1,490
65	71,4	0,6	250	1,600
70	76,4	0,6	270	1,730
75	81,4	0,6	290	1,840
80	86,4	0,6	310	1,960
100	100,0	0,8	350	3,280
125	133,0	1,0	450	4,070

Observații. 1. Presiunile admise sînt de maxia 0,12 bar. 2. Materiale de etanșare: cauciuc (60°C), bumbac (120°C), azbest obișnuit (250°C) azbest pur (600°C).

Tabelul 1.3. Tuburi flexibile de tipul SR₂N (Hydra - US)

Diometrul nominal D_n mm	Diometrul exterior D_e mm	Abateren de la D_n și D_e \pm mm	Raza minimă de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm	Creșterea $G \pm 10\%$ de N/m
6	9	0,2	75	0,140
7	10,5	0,2	95	0,205
8	11,5	0,2	100	0,230
9	12,5	0,2	105	0,225
10	14	0,2	110	0,300
11	15	0,2	115	0,330
12	16	0,2	120	0,360
13	17	0,2	122	0,390
14	18	0,3	125	0,500
15	19	0,3	130	0,535
16	20	0,3	135	0,570
18	22	0,3	150	0,640
20	27	0,3	170	1,200
25	30	0,3	180	1,380
25	32	0,3	190	1,500
28	35	0,3	200	1,660
30	39,5	0,4	260	2,570
32	41,5	0,4	270	2,730
35	45	0,4	280	2,960
40	50	0,4	300	3,330
45	55	0,4	305	3,700
50	60	0,5	310	4,000

Observație: Presiunea maximă admisă 0,12 bar.

Tabelul 1.4. Tuburi metalice flexibile de tipul SR₄N-A(C)

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Raza min. de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm		Presiunea nomi- nală P_n bar		Greutatea $G \pm 10\%$ de N/m	
		SR ₄ N-A	SR ₄ N-C	SR ₄ N-A	SR ₄ N-C	SR ₄ N-A	SR ₄ N-C
1	2	3	4	5	6	7	8
4	7,6	250	180	41	16	0,177	0,136
5	8,6	270	210	37	16	0,217	0,180
6	10,0	300	240	32	14	0,267	0,227
8	12	340	270	28,5	13,5	0,326	0,280
10	15	370	300	26	13	0,390	0,346
12	17	350	330	23,5	12,5	0,446	0,436
13	18	390	340	22,5	12,5	0,485	0,510
14	20	410	360	22	12	0,600	0,614
16	21	420	370	21	12	0,648	0,764
18	24	460	410	18,5	11	1,020	0,936
20	26	490	440	17,5	10,5	1,121	1,024
25	32	550	500	15	9,5	1,590	1,242
30	37	600	550	13	9	1,860	1,643
32	39	630	590	12,5	8,5	1,970	1,739
35	42	670	620	12	8	2,215	1,965
38	45	700	640	11	8	2,380	2,280
40	49	720	660	11	7,5	2,490	2,486
45	55	760	700	10	7	2,770	2,746
50	60,6	800	750	9	6,5	4,333	3,011
55	65,5	840	790	8,5	6	4,720	3,284
60	73,5	860	830	8	5,5	5,100	4,506
65	78,5	910	870	7,5	5,5	5,430	4,841
70	83,5	940	900	7,5	5,5	5,984	5,334
75	88,5	960	940	7	5,5	6,353	5,677
80	93,5	1020	970	7,5	5,5	6,728	6,021
90	103,5	1070	1030	7	5	7,930	7,123
100	113	1130	1080	7	5	9,095	7,849
110	123	1250	1190	7	5	9,950	8,630
120	133	1300	1240	7	5	10,775	9,420
125	138	1350	1250	7	5	11,200	9,616

1	2	3	4	5	6	7	8
130	143	1400	1290	7	5	11,640	10,210
135	148	1460	1310	7	5	12,045	10,630
140	153	1480	1330	7	4	12,455	11,040
150	163	1570	1390	7	4	13,315	11,740
175	190	1760	1620	7	4	15,600	13,720
200	218	1950	1850	7	4	17,800	15,670

Tabelul 1.5. Tuburi flexibile tip CR₅P (Hydra - HC)

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Abaterile de la D_n și D_e \pm mm	Raze min. de îndoire $R_{i \pm 10\%}$ mm	Presiunea nominală P_n bar	Greutatea $G \pm 10\%$ da N/m	Lungimea L L_{max} m
1	2	3	4	5	6	7
Tuburi din benzii de oțel cu grosime normală						
4	7,7	0,2	40	40	0,140	100
5	8,7	0,2	40	40	0,170	100
6	9,7	0,2	45	40	0,195	100
8	12,7	0,2	75	32	0,320	100
10	15,6	0,3	100	32	0,500	100
12	17,6	0,3	110	25	0,565	100
16	22,6	0,3	140	20	0,915	100
Tuburi din benzii de oțel îngroșate						
4	8,9	0,2	40	80	0,205	100
5	9,9	0,2	40	60	0,245	100
6	10,9	0,2	45	60	0,280	100
8	13,9	0,2	75	64	0,460	100
10	17,1	0,3	100	64	0,680	100
12	19,1	0,3	110	50	0,785	100
16	24,1	0,3	140	40	1,190	100

1	2	3	4	5	6	7
Tuburi din benzii de bronz cu grosime normală						
4	7,7	0,2	40	32	0,155	100
5	8,7	0,2	40	32	0,165	100
6	9,7	0,2	45	32	0,215	100
8	12,7	0,2	75	25	0,350	100
10	15,6	0,3	100	25	0,550	100
12	17,6	0,3	110	20	0,645	100
16	21,6	0,3	140	16	1,000	100
Tuburi din benzii de bronz îngroșate						
4	8,9	0,2	40	64	0,325	100
5	9,9	0,2	40	64	0,270	100
6	10,9	0,2	45	64	0,310	100
8	13,9	0,2	75	50	0,505	100
10	17,1	0,3	100	50	0,750	100
12	19,1	0,3	110	40	0,865	100
16	24,1	0,3	140	32	1,310	100

Observații: Presiunea nominală se recalculează în funcție de temperatură cu formula $P_T = P_n \cdot k_T$ în care $t^{\circ}\text{C}$ și k_T sînt următorii:

$t^{\circ}\text{C}$	20	150	200	250	300
k_T	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Tabelul 1.6. Tuburi flexibile agrară tip SSA-R (Hydra - SA)

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Abateres de la D_n și D_e \pm mm	Reze min. de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm	Greutatea $G \pm 10\%$ da N/m
1	2	3	4	5
Tuburi SSA din benzii de oțel (bronz), ușoare - SA				
10	12,2	0,3	50	0,127
11	13,2	0,3	60	0,139
12	14,2	0,3	65	0,150
13	15,2	0,3	70	0,162
14	16,8	0,3	75	0,223
15	17,8	0,3	80	0,238
16	18,6	0,3	85	0,267
18	20,8	0,3	95	0,281
20	22,8	0,3	105	0,310
23	25,8	0,3	120	0,354
25	26,3	0,3	130	0,465
28	31,3	0,3	140	0,540
30	33,3	0,4	150	0,576
32	35,3	0,4	160	0,612
36	38,3	0,4	175	0,667
40	44,4	0,4	200	0,956
45	49,4	0,4	225	1,070
50	54,4	0,5	250	1,183
Tuburi SSA din benzii de oțel (bronz), medii - SA				
6	8,2	0,2	35	0,081
7	9,2	0,2	40	0,093
8	10,2	0,2	45	0,105
9	11,2	0,2	50	0,116
10	12,8	0,3	55	0,165
11	13,8	0,3	60	0,180
12	14,8	0,3	65	0,194
13	15,8	0,3	70	0,209
14	17,3	0,3	80	0,283
15	18,3	0,3	85	0,302
16	19,3	0,3	90	0,320

1	2	3	4	5
18	21,3	0,3	100	0,356
20	23,3	0,3	110	0,392
23	26,3	0,3	125	0,446
25	29,3	0,3	140	0,616
28	32,3	0,3	160	0,684
30	34,4	0,4	170	0,730
32	36,4	0,4	180	0,776
35	39,4	0,4	195	0,843
40	45,5	0,4	225	1,245
45	50,5	0,4	255	1,390
50	55,5	0,5	280	1,536
65	72,2	0,6	370	2,585
80	87,2	0,8	450	3,150
100	108,8	0,8	550	4,835
125	133,8	1	700	5,993

Tabelul 1.7. Tuburi flexibile agrafă tip SSJ-R-A (Hydra - HU)

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Abaterrea de la D_n și D_e \pm mm	Raza min. de îndoire $R_i \pm 10\%$ mm	Presiunea nominală T_m bar		Greutatea $G \pm 10\%$ da N/m	Lungimea maximă L_{max} m
				A	B		
1	2	3	4	5	6	7	8
Tuburi SSJ-R-A din oțeluri aliate (Cr, Ni, Ti)							
20	24,5	0,25	160	32	40	0,635	38
	26,1			50	50	0,885	
	28,1			50	50	0,885	
25	29,5	0,25	200	25	32	0,795	38
	31,1			40	40	1,280	
	31,1			40	40	1,280	
32	35	0,3	230	25	32	1,150	38
	37			40	40	1,580	
	37			40	40	1,580	

1	2	3	4	5	6	7	8
40	45	0,3	300	20	25	1,530	32
	47			32	32	2,150	
	47			32	32	2,150	
50	56	0,3	3,20	16	25	1,91	32
	57,3			32	32	2,60	
	57			32	32	2,60	
65	72	0,4	420	12,5	20	2,960	20
	75			25	25	4,130	
	75			25	25	4,130	
80	82	0,4	475	12,5	20	3,370	20
	85			25	25	4,720	
	85			25	25	4,720	
100	106	0,4	850	10	16	5,910	16
	111			20	20	7,680	
	111			20	20	7,680	
125	134	0,4	1000	10	16	8,150	12
	137			20	20	10,100	
	137			20	20	10,100	
150	159	0,4	1150	8	12,5	9,870	12
	162			16	16	12,000	
	162			16	16	12,000	

Taburi 4HA - A din benzii de otel sinente

12	16	0,2	120	50	50	0,390	32
	17,6			64	64	0,635	
16	20	0,25	160	40	50	0,640	32
	21,6			64	64	0,665	
20	24,5	0,25	180	25	32	0,635	32
	26,1			40	40	0,685	
	25			32	40	0,645	
	26,6			50	50	1,100	
25	29,5	0,25	200	80	25	0,975	32
	31,1			32	32	1,780	
	30			80	32	1,060	
	31,6			40	40	1,340	
	31,5			250	32	40		1,140
36,5	36	0,3	230	20	25	1,150	32
	37			32	32	1,580	
	36,5			25	32	1,370	

1	2	3	4	5	6	7	8
30	38,5	0,3	230	40	40	1,800	
35	39		290	32	40	1,920	
	45		300	16	20	1,530	
	47		300	15	25	2,150	
40	46,5	0,3	300	20	25	1,620	32
	48,8		300	32	32	2,440	
	48		330	25	32	2,550	
	55		320	12,5	20	1,91	
	57,3		330	25	25	2,00	
50	56,5	0,3	340	16	25	2,26	32
	58,8		340	32	32	2,95	
	58		400	20	32	3,17	
	72		420	10	16	2,95	
	75		420	20	20	4,13	
65	73	0,4	420	12,5	20	4,22	80
	76		420	25	25	5,40	
	74		550	16	25	4,62	
	82		475	10	12,5	5,37	
	85		475	16	16	4,72	
75	83	0,4	500	12,5	20	4,77	20
	86		500	25	25	6,02	
	84		650	16	25	5,35	
	108		850	8	12,5	5,91	
	111		850	16	16	7,08	
100	109	0,4	700	10	16	7,11	16
	112		700	20	20	8,88	
	110		720	12,5	20	8,34	
	134		1000	8	12,5	0,15	
	137		1000	16	16	10,1	12
125	135	0,4	750	10	16	10,4	
	133		750	20	20	12,4	
	159		1150	8	10	9,87	
	168	0,4	1150	12,5	12,5	12,0	12
150	160		850	8	12,5	12,6	
	163		850	16	16	14,8	
200	210	0,4	1200	8	8	16,7	10
250	262	0,5	2000	8	8	21,8	8

Taburii SSA - A din benzii de bronz

1	2	3	4	5	6	7	8
12	16	0,2	120	40	40	0,445	32
	17,4			50	50	0,810	
16	20,5	0,25	160	32	40	0,730	32
	22,1			50	50	0,966	
20	25,5	0,25	180	25	32	0,963	32
	27,1			40	40	1,25	
25	30,5	0,25	200	20	25	1,20	32
	32,5			32	32	1,52	
	31,5			25	32	1,30	
30	36,5	0,3	230	20	25	1,56	32
	38,5			32	32	2,03	
	36			25	32	2,19	
36	46,5	0,3	300	16	20	2,07	32
	48,8			25	25	2,77	
	48			20	25	2,91	
50	56,5	0,3	340	12,5	25	2,58	32
	58,8			25	25	3,36	
	58			16	25	3,61	
65	73	0,4	420	10	16	4,61	20
	76			20	20	6,16	
	74			12,5	20	5,27	
100	109	0,4	700	8	12,5	6,11	16
	112			16	16	10,1	
	110			10	16	9,51	
125	135	0,4	750	8	12,5	11,9	12
	138			16	16	14,1	
150	160	0,4	850	6	10	14,4	12
	163			12,5	12,5	18,9	
200	210	0,4	1200	4	4	19,0	10
250	262	0,5	2000	4	4	24,9	8

Observații. 1. Taburii notate cu A sînt soliciitate la mișcări arbitrare, de frecvență mare, pînă la raza minimă de îndoire; taburii notate cu B sînt soliciitate la mișcări cu frecvență și amplitudine mică. 2. Presiunea nominală se recalculează în funcție de temperatura de lucru cu formula: $P_T = P_N \cdot k_T$ în care $T^{\circ}\text{C}$ și k_T sînt următorii:

$T^{\circ}\text{C}$	20	100	150	200	250
k_T	1	0,9	0,8	0,75	0,7

T ^o C	20	100	150	200	250	300	350	450	500	550	600
Oțel inoxid. K _T	1	0,84	0,76	0,69	0,64	0,59	0,56	0,51	0,5	0,49	0,47
Oțel carbon K _T	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,6	0,5	-	-	-	-
Bronz K _T	1	0,9	0,8	0,75	0,7	-	-	-	-	-	-

3. Tuburile din bronz admit T_{max.} = 300^oC, cele din oțel zincat T_{max.} = 400^oC, iar cele din oțeluri aliate T_{max.} = 600^oC. 4. Material de etanșare: azbest special la temperatura 400^oC, azbest pur la temperatura 600^oC.

Tabelul 1.8. Tuburi metalice flexibile cu pereți dubli de tipul
FD-SR₂N-31

Diametrul nominal D _n mm	Diametrul exterior D _e mm	Raze minime de întoarcere R ₁ ± 10% mm	Presiunea nominală P _n bar	Greutatea G ± 10% de N/m
5	9	37	0,120	0,183
6	10	42	0,120	0,219
7	11	52	0,120	0,256
8	12	60	0,120	0,293
9	14	62	0,120	0,525
10	15	65	0,120	0,582
11	16	67	0,120	0,642
12	17	70	0,120	0,700
14	21	74	0,120	1,141
15	23	79	0,120	1,226
16	24	85	0,120	1,308
17	26	88	0,120	1,361
18	29	90	0,120	1,441
20	31	100	0,120	1,611
25	37	150	0,120	2,080
30	42	180	0,120	2,496
36	47	210	0,120	2,912
40	52	240	0,120	3,374

Tabloul 1.9. Tuburi metalice flexibile cu pereți dubli de tipul
FD-3FD-B-EL

Diometrul nominal D_n mm	Diometrul exterior D_e mm	Masa minimă de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm	Presiunea nominală P_n bar	Greutatea $G \pm 10\%$ da N/m
15	23	260	0,120	1,070
18	26	295	0,120	1,250
20	28	305	0,120	1,360
22	30	310	0,120	1,480
25	33	320	0,120	1,670
30	38	350	0,115	1,950
35	44	380	0,115	2,600
40	49	470	0,115	2,940
110	124	1000	0,100	9,050
120	134	1050	0,100	9,860
125	139	1100	0,100	10,250
130	144	1150	0,100	10,540
140	154	1200	0,100	11,430
150	164	1250	0,100	12,210
160	174	1300	0,090	13,000
170	184	1400	0,090	13,780
175	189	1450	0,090	14,150
180	194	1500	0,090	14,500
190	204	1550	0,090	15,310
200	214	1600	0,090	16,140

Tabloul 1.10. Tuburi metalice flexibile cu pereți dubli de tipul
FD-3FD-B-BP

Diometrul nominal D_n mm	Diometrul exterior D_e mm	Masa minimă de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm	Presiunea nominală P_n bar	Greutatea $G \pm 10\%$ da N/m
1	2	3	4	5
45	53	180	0,115	2,750
50	59	230	0,115	3,300
55	64	240	0,110	3,650
60	69	270	0,110	4,050
65	75	270	0,110	4,500

1	2	3	4	5
70	80	300	0,110	4,950
75	86	320	0,110	5,500
80	91	340	0,110	6,100
90	102	380	0,110	6,900
100	113	420	0,110	7,800
110	123	450	0,100	8,750
120	134	470	0,100	9,900
125	139	510	0,100	10,090
130	144	540	0,100	11,300
140	154	570	0,100	11,500
150	165	620	0,090	12,900
160	175	670	0,090	14,500
170	185	720	0,090	16,300
175	190	740	0,090	17,800
200	215	800	0,090	19,800
225	241	880	0,090	22,000
250	267,	980	0,090	24,600
300	317	1170	0,080	27,400
350	368	1380	0,080	30,600
400	418	1550	0,080	34,100

Tabelul 1.11. Tuburi metalice flexibile cu pereți dubli de tipul
FD-20R-2-A-21

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Raza minimă de îndoire $R_1 + 10\%$ mm	Presiunea nominală P_n bar	Greutatea $G \pm 10\%$ de H/m
12	18,8	400	90	1,120
14	22,2	450	88	1,308
15	23,6	500	87	1,400
16	24,6	520	86,5	1,477
17	25,6	540	86	1,550
18	26,6	560	85	1,624
20	28,6	580	75	1,770
22	30,6	600	72	1,820
23	31,6	620	68	1,990
25	33,6	630	60	2,138

1	2	3	4	5
27	35,6	680	59	2,285
30	36,6	755	56	2,909
32	416	805	54	2,938
35	45	881	52	2,962
37	40	931	49	3,131
40	50	1007	45	3,265
45	55	1120	42	3,410
50	60	1300	40	3,530
55	65	1400	39	3,860
60	71	1500	38	4,190
65	76	1550	37	4,520
70	81	1600	35	4,655
75	66	1700	29	5,160
80	91	1800	22	5,510
90	101	1900	18	6,170
100	111	2100	17	6,620

Tabelul 1.12. Tuburi metalice flexibile poligonale de tipul
FP-SPC-1 (B,C); (Hydra - BK)

Diametrul nominal D_n mm	Abateren de la D_n \pm mm	Diametrul exterior D_e mm	Raza minimă de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm		Greutatea $C \pm 10\%$ de N/m	
			Fară etansare	Cu etansare	Fară etansare	Cu etansare
1	2	3	4	5	6	7
20	0,3	24,0	60	100	0,239	0,332
25	0,3	29,6	70	110	0,293	0,407
30	0,4	34,0	85	130	0,340	0,462
32	0,4	36,0	90	140	0,370	0,512
35	0,4	39,0	100	150	0,402	0,556
40	0,4	45,0	110	160	0,483	0,690
45	0,4	50	115	180	0,540	0,760
50	0,5	55,0	125	200	0,597	0,862
60	0,5	66,0	130	230	0,312	1,376
65	0,6	71,0	140	250	0,914	1,486
70	0,6	76,0	150	270	1,056	1,596

1	2	3	4	5	6	7
75	0,6	81,0	160	290	1,189	1,705
80	0,8	88,0	170	310	1,201	1,815
90	0,8	97,5	130	350	1,445	2,240
100	0,8	101,5	210	400	1,559	2,479
110	0,8	117,5	230	440	1,753	2,718
120	0,8	127,5	250	480	1,907	2,957
135	0,0	132,5	280	500	1,984	3,076
140	1,0	149,0	280	560	2,782	4,653
150	1,0	159,0	310	610	2,974	4,985
160	1,0	169,0	330	650	3,167	5,308
175	1,0	184,0	350	710	3,455	5,791
180	1,0	189,0	360	740	3,552	5,945
200	1,5	212,5	400	830	5,064	8,190
225	1,5	237,5	450	930	5,700	9,210
250	1,5	262,5	500	1050	6,310	10,270
275	1,5	287,5	550	1150	6,933	11,100
300	2,0	312,5	600	1250	7,549	12,00
350	2,0	387,5	680	1480	11,053	17,920
400	3,0	417,5	770	1700	12,594	20,500
450	3,0	469,0	900	1900	17,061	24,000
500	3,0	519,0	1000	2100	18,918	27,000

Observații. 1. Presiunile admise sînt maxia 0,12 bar. 2. Materiale de etanșare: cauciuc (60°C); bumbac (120°C); azbest obișnuit (250°C); azbest special (400°C); azbest pur (600°C).

Tabelul 1.13. Tuburi metalice flexibile poligonale de tipul
FP-SR₄N-A(C) (Hydra - MK)

Diametrul nominal D _n mm	Abateră de la D _n ± mm	Diametrul exterior D _e mm	Abateră de la D _e ± mm	Raza minimă de îndoire R _{1-10%} mm	Greutate G ± 10% de N/m
Tuburi flexibile FP-SR₄N - execuție medie					
50	0,5	56	0,8	225	1,19
65	0,6	41	1,0	300	1,52
80	0,8	87	1,2	400	2,30
100	0,8	110	1,2	440	3,75
125	1,0	135	1,5	550	4,65
150	1,0	160	1,5	650	5,66
200	1,5	215	2,0	900	8,90
230	1,5	265	2,0	1200	11,00
Tuburi flexibile FP-SR₄N - execuție grea					
20	0,3	26	0,5	210	0,460
25	0,3	31	0,5	220	0,580
32	0,4	38	0,6	260	0,750
40	0,4	47	0,6	300	1,57
50	0,5	57	0,8	330	1,94
65	0,6	75	1,0	390	3,60
80	0,8	90	1,2	460	4,35
100	0,8	115	1,2	500	4,96
125	1,0	140	1,5	600	8,60
150	1,0	165	1,5	710	10,0
200	1,5	215	2,0	1000	13,5
250	1,5	265	2,0	1400	16,7
300	2,0	316	2,5	1800	20,4
350	2,0	366	2,5	2000	23,0

Observații. 1. Tuburile sînt din benzi zincate. 2. Material de etanșare: cauciuc (60°C); azbest special (400°C). 3. Presiunea maximă admisă 20 bar.

Tabelul 1.14. Tuburi metalice flexibile poligonale de tipul
FA-BPD-A-BP (Hydra - DX)

Diametrul nominal D_n mm	Abateră de la D_n \pm mm	Diametrul exterior D_e mm	Abateră de la D_e \pm mm	Raza minimă de îndoire $R_i \pm 10\%$ mm	Greutate $G \pm 10\%$ da N/m
1	2	3	4	5	6
20	0,3	24,0	0,5	100	0,332
30	0,4	34,0	1,6	130	0,484
40	0,4	45,0	0,6	160	0,700
50	0,5	55,0	0,8	200	0,865
60	0,5	66,0	0,8	230	1,360
65	0,6	71,0	1,0	250	1,450
70	0,6	76,0	1,0	270	1,560
80	0,8	86,0	1,2	310	1,790
90	0,8	97,5	1,2	350	2,120
100	0,8	107,5	1,2	400	2,370
110	0,8	117,0	1,2	440	2,600
120	0,8	127,5	1,2	480	2,830
125	1,0	132,5	1,5	500	2,940
140	1,0	149,0	1,5	560	4,450
150	1,0	159,0	1,5	610	4,750
160	1,0	169,0	1,5	650	5,060
180	1,0	189,0	1,5	740	5,680
200	1,5	212,5	2,0	830	6,090
225	1,5	237,0	2,0	930	9,070
250	1,5	262,5	2,0	1030	10,100
280	1,5	292,5	2,0	1180	11,200
300	2,0	312,5	2,5	1250	12,000
315	2,0	327,5	2,5	1310	12,700
350	2,0	367,0	2,5	1420	15,200
400	3,0	417,5	3,5	1620	16,900
450	3,0	470,0	3,5	1820	23,900
500	3,0	520,0	3,5	2020	26,500
600	3,0	621,0	3,5	2420	31,800
630	3,5	651,0	4,0	2540	39,500
710	3,5	731,0	4,0	2860	44,400
750	3,5	771,0	4,0	3020	46,900
800	3,5	821,0	4,0	3210	50,000
900	4,0	921,0	4,5	3610	56,200

1	2	3	4	5	6
1000	4,0	1020,0	4,5	4000	62,500

Observații. 1. Tuburile sînt din benzi de oțel zincate. 2. Materialele folosite la etanșare: cauciuc (60°C), bumbac (120°C), azbest obișnuit (250°C), azbest special (400°C). 3. Presiunea maximă admisă 0,12 bar.

Tabelul 1.15. Tuburi metalice flexibile de tipul Fr-I

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Lungimea de fabricație L mm	Numărul de îndoiri la care rezistă tubul
9	13,4	100	12
11	16,5	100	12
13,5	18,9	100	8
16	21,4	50	8
23	28,5	50	8
29	35,0	50	8
36	43,0	50	6

Tabelul 1.16. Tuburi metalice flexibile din oțel inoxidabil de tipul OS (Hydra - MB)

Diametrul nominal D_n mm	Abaterrea de la D_n \pm mm	Diametrul exterior D_e mm	Abaterrea de la D_e \pm mm	Reza- mini- mă de indoi- re $R_{1,10\%}$ mm	Presiu- nea no- minală P_n bar	Greuta- tea $G_{10\%}$ de N/m	Lungimea maximă L_{max} m
1	2	3	4	5	6	7	8
6	0,3	9,0	0,3	110	20	0,035	15
		10,1			80	1,100	
		10,1			125	0,100	
		11,2			125	0,185	
6	0,3	9,0	0,3	110	12,5	0,050	15
		10,1			12,5	0,115	

1	2	3	4	5	6	7	8
	0,3	10,1 11,2	0,3	70	160 160	0,115 0,130	10
6	0,3	11,0 12,1 12,1 13,2	0,3	160	32 60 100 160	0,065 0,135 0,135 0,210	15
	0,3	11,0 12,1 12,1 13,2	0,3	100	12,5 20 100 160	0,005 0,155 0,155 0,230	10
10	0,4	13,0 14,4 14,4 15,8	0,4	170	20 100 125 125	0,075 0,190 0,190 0,305	15
	0,4	13,0 14,4 14,4 15,8	0,4	110	10 100 125 160	0,095 0,210 0,210 0,325	10
12	0,4	15,0 16,4 16,4 17,8	0,4	200	12,5 100 100 125	0,080 0,200 0,200 0,325	15
	0,4	15,0 16,4 16,4 17,8	0,4	110	8 80 100 125	0,110 0,230 0,230 0,355	10
16	0,5	21,0 22,6 22,6 24,2	0,5	300	16 64 100 125	0,160 0,360 0,360 0,560	15
	0,5	21,0 22,6 22,6 24,2	0,5	210	8 64 100 125	0,210 0,410 0,410 0,610	10
	0,5	26,0 27,6 27,6 29,2	0,5	300	16 64 150 180	0,180 0,405 0,405 0,655	15

1	2	3	4	5	6	7	8
20	0,5	26,0	0,5	240	6	0,260	5
		27,6			32	0,465	
		27,6			50	0,465	
		29,2			100	0,720	
25	0,5	33,0	0,5	310	6	0,280	7
		35,0			40	0,690	
		35,0			64	0,690	
		37,0			64	1,120	
	0,5	33,0	0,5	250	2,5	0,330	5
		35,0			40	0,740	
		35,0			64	0,740	
		37,0			64	1,17	
32	0,5	41,0	0,5		4	0,400	7
		43,0			25	0,665	
		43,0			40	0,665	
		45,0			50	1,350	
	0,5	41,0	0,5	260	2,5	0,460	5
		43,0			25	0,925	
		43,0			40	0,925	
		45,0			50	1,41	

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 600°C. 2. Presiunea la temperatura T°C se recalculează cu formula $P_{T^{\circ}C} = P_{T^{\circ}C} \cdot k_T$ în care T°C și k_T sînt următorii:

T°C	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
k_T	1	0,66	0,61	0,78	0,71	0,66	0,64	0,61	0,53	0,52	0,57	0,5

Tabelul 1.17. Tuburi metalice flexibile din țevi de oțel carbon de
tipul CB (Hydra - M3)

Diame- trul no- minal L_n mm	Intereș de la $\frac{D_n}{D_e}$ mm	Diame- trul exterior D_e mm	Monte- ren la $\frac{D_n}{D_e}$ mm	Raza mi- nimă de îndoire $R_{1 \pm 10\%}$ mm	Presiu- nen no- minală $P_{n \pm 10\%}$ bar	Greuta- tea $G_{10\%}$ da N/m	lungimea maximă L_{max} m
1	2	3	4	5	6	7	8
6	A	15,0 16,4 17,8	0,2	110	40 64 125	0,190 0,310 0,435	
	B	15,0 16,4 17,8	0,2	105	20 64 125	0,230 0,350 0,475	10
10	A	19,0 20,6 22,2	0,2	120	25 64 125	0,230 0,420 0,615	
	B	19,0 20,6 22,2	0,2	110	12,5 64 125	0,300 0,490 0,685	10
12	A	23,0 24,6 26,2	0,3	130	16 40 80	0,270 0,475 0,690	
	B	23,0 24,6 26,2	0,3	120	10 40 80	0,350 0,555 0,770	10
16	A	28,0 30,0 32	0,4	190	16 64 125	0,430 0,810 1,20	
	B	28,0 30,0 32	0,4	160	10 64 125	0,570 0,950 1,34	10
20	A	34,0 36,0 38,0	0,5	220	12,5 40 80	0,530 0,945 1,36	
	B	34,0 36,0 38	0,5	200	8 40 80	0,660 1,06 1,51	10
25	A	41,0 43,0 45	0,6	290	12,5 25 40	0,860 1,33 1,81	
	B	41,0 43,0 45,0	0,6	250	8 25 40	1,06 1,53 2,01	10
32	A	50,0 52,3 54,5	0,6	330	8 25 50	1,06 1,77 2,47	
	B	50,0 52,3 54,5	0,6 0,6	275	4 25 50	1,32 2,01 2,71	10
40	A	60,0 62,3 64,5	0,8	420	8 16 32	1,61 2,37 3,14	
	B	60,0 62,3 64,5	0,8	360	4 16 32	1,99 2,75 3,52	10

1	2	3	4	5	6	7	8	
50	A	1,6	72,0 75,2 78,3	0,8	440	6 25 30	2,07 3,40 4,75	
	B	1,6	72,0 75,2 78,3	0,8	380	2,5 25 30	2,53 3,86 5,21	10
65	A	1,0	88,0 91,2 94,3	0,3	520	4 20 32	3,02 4,50 6,00	
	B	1,6	88,0 91,2 94,3	0,8	570	2,5 20 32	3,61 5,09 6,59	10
80	A	1,8	104,0 107,2 110,3	1,0	750	2,5 20 32	3,64 5,52 7,42	
	B	1,8	104,0 107,2 110,3	1,0	700	1,6 20 32	4,38 6,26 8,16	10
100	A	2,0	128,0 129,2 132,3	1,0	1100	2,5 20 32	4,98 7,34 9,74	
	B	2,0	128,0 129,2 132,3	1,0	960	1,6 20 32	5,96 8,84 10,74	10
125	A	1,0	152,0 161,3 164,6	0,5	1200	2,5 10 20	6,41 8,47 11,3	
	B	1,0	152,0 162,8 168,1	0,5	950	2,5 10 30	6,40 10,9 13,3	6
150	A	1,0	182,0 186,3 189,6	0,5	1400	2,5 12,5 25	7,50 10,6 13,6	
	B	1,0	184,5 187,8 192,1	0,5	1200	1,8 12,5 25	9,83 12,9 15,9	8
200	A	1,1	240,0 252,0 256,3	0,55	3000	2,5 10 16	18,7 24,1 29,5	
	B	1,1	250,0 254,2 258,4	0,55	1900	1,6 10 18	25,1 30,5 35,9	4
250	A	1,1	298,0 302,2 306,4	0,55	3700	1,6 6 12,5	21,9 28,2 31,5	
	B	1,1	300,0 304,2 308,4	0,55	2200	1 6 12,5	30,9 36,2 41,5	4
300	A	1,2	348,0 352,2 356,4	0,6	4300	1,6 4 8	27,0 33,9 40,8	
	B	1,2	350,0 354,3 358,4	0,6	2600	1 4 8	36,5 43,4 50,3	4
350	A	1,2	390,0 402,2 406,4	0,6	5000	1,6 2,5 4	31,2 38,7 46,2	

1	2	3	4	5	6	7	8
3	1,2	400,0 404,2 408,4	0,6	3000	1 2,5 4	40,6 48,1 55,6	4

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 450°C. 2. Presiunea la temperatură T°C se calculează cu formula: $P_T = P_n \cdot k_T$, în care T°C și k_T sînt următorii:

T°C	20	100	150	200	250	300	350	400
k_T	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,6	0,5	0,43

Tabelul 1.18. Tuburi metalice flexibile din țevi de bronz de tipul 02 (Ryza - MZ)

Diametrul nominal D_n mm	Abaterea de la D_n \pm mm	Diametrul exterior D_e mm	Abaterea de la D_e \pm mm	Raza minimă de îndoire $R_i \pm 10\%$ mm	Presiunea nominală P_n bar	Greutate $G \pm 10\%$ da N/m	lungimea maximă l_{max} m
1	2	3	4	5	6	7	8
8	0,4	15,0	0,2	255	25	0,200	10
		16,4			64	0,300	
		16,4			125	0,335	
		17,8			125	0,435	
		17,8			160	0,475	
10	0,4	15,0	0,2	205	18	0,250	10
		16,4			64	0,370	
		16,4			125	0,385	
		17,0			125	0,485	
		17,8			160	0,525	
10	0,5	19,0	0,2	260	26	0,265	10
		20,6			64	0,475	
		20,6			125	0,495	
		21,2			125	0,670	
		22,2			125	0,715	
12	0,5	19,0	0,2	210	12,5	0,555	10
		20,6			64	0,545	
		20,6			125	0,565	
		22,2			125	0,740	
		22,2			125	0,785	
12	0,6	23,0	0,3	270	16	0,425	10
		24,6			40	0,650	
		24,6			80	0,655	
		26,2			80	0,845	
		26,2			125	0,895	

1	2	3	4	5	6	7	8
	0,6	23,0 34,6 24,8 26,2 26,2	0,3	215	10 40 60 80 125	0,530 0,735 0,780 0,950 1,00	10
16	0,8	28,0 30,0 30,0 32,0 32,0	0,4	280	12,5 64 80 125 125	0,600 0,980 1,03 1,37 1,47	10
	0,8	28,0 40,0 30,0 32,0 32,0	0,4	225	8 64 80 125 125	0,750 1,13 1,18 1,52 1,62	10
20	1,0	34,0 36,0 36,0 38,0 38,0	0,5	300	10 40 64 80 100	0,855 1,25 1,30 1,68 1,76	10
	1,0	34,0 36,0 36,0 38,0 38,0	0,5	240	8 40 64 80 100	1,04 1,46 1,51 1,89 1,99	10
25	1,2	41,0 43,0 43,0 45,0 45,0	0,6	320	8 25 50 40 80	1,09 1,56 1,61 1,94 2,15	10
	1,2	41,0 43,0 43,0 45,0 45,0	0,6	255	6 25 50 40 80	1,37 1,84 1,89 2,31 2,43	10
32	1,3	50,0 52,3 52,3 54,5 54,5	0,6	350	8 25 50 50 80	1,50 2,19 2,27 2,88 3,05	10
	1,3	50,0 52,3 52,3 54,5 54,5	0,6	280	4 25 50 50 80	1,67 2,56 2,64 3,25 3,42	10
40	1,5	60,0 62,3 62,3 64,5 64,5	0,7	400	8 16 32 32 64	2,00 2,76 2,85 3,53 3,71	10
	1,5	60,0 62,3 62,3 64,5 64,5	0,7	320	4 16 32 32 64	2,51 3,27 3,36 4,04 4,22	10
	1,5	70,0 75,2 76,2	0,7	540	8 25 32	2,05 3,98 4,14	10

1	2	3	4	5	6	7	8
50		78,3			50	8,33	
		78,3			50	5,66	
	1,6	72,0			2,5	3,32	
		75,2	0,7	300	25	4,65	10
		78,2			32	4,61	
		78,3			50	8,00	
	78,3			50	6,33		
65	1,7	88,0			4	3,47	
		91,2	0,6	550	16	4,95	10
		91,2			25	5,13	
		94,3			25	6,45	
		94,3			40	6,62	
	1,7	88,0			2,5	4,34	
		91,2	0,8	440	16	5,82	10
		91,2			25	6,00	
		94,3			25	7,39	
		94,3			40	7,69	
	1,8	104,0			4	4,47	
		107,2	0,9	670	16	6,35	10
		107,2			25	6,57	
		110,3			25	8,25	
		110,3			40	8,71	
	1,8	104,0			2,5	5,59	
		107,2	0,9	540	16	7,47	10
		107,2			25	7,69	
110,3				25	9,37		
110,3				40	9,83		

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 300°C, 2. Presiunea la temperatura 2°C se recalculează cu formula:

$$P_T = P_n \cdot k_T$$
 în care $T^\circ C$ și k_T sînt următorii:

$T^\circ C$	20	100	150	200	250
k_T	1	0,9	0,8	0,75	0,70

Taberul 1.19. Tuburi metalice flexibile din țevi de tombac tip OS
(Hydra - VT-3)

Diametrul nominal D_n mm	Abatererea de la D_n \pm mm	Diametrul exterior D_e mm	Abatererea de la D_e \pm mm	Reza minimă de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm	Presiunea nominală P_n bar	Greutatea Gelo% dal/m	Lungimea maximă L_{max} m
1	2	3	4	5	6	7	8
3	0,2	6,0	0,2	60	20	0,045	4
		7,1			100	0,065	
		7,1			200	0,085	
		8,2			200	0,125	
	0,3	8,2	0,2	30	250	0,125	2,5
		6,0			16	0,070	
		7,1			100	0,110	
		7,1			200	0,110	
4	0,2	8,2	0,2	70	200	0,125	4
		8,2			250	0,130	
		8,6			200	0,190	
		9,7			250	0,195	
	0,3	7,5	0,2	35	12,5	0,095	2,5
		8,6			125	0,155	
		8,6			200	0,160	
		9,7			200	0,220	
6	0,3	9,7	0,2	60	200	0,225	4
		10,5			16	0,125	
		11,6			64	0,195	
		11,6			125	0,200	
	0,3	12,7	0,2	40	100	0,265	3
		12,7			200	0,280	
		10,5			12,5	0,165	
		11,6			64	0,235	
8	0,4	12,7	0,2	80	125	0,240	4
		12,7			100	0,305	
		12,7			200	0,320	
		13,0			12,5	0,160	
	0,4	14,4	0,2	45	60	0,270	3
		14,4			80	0,395	
		14,4			160	0,430	
		15,6			160	0,430	
10	0,5	15,6	0,2	110	160	0,470	4
		15,6			160	0,470	
		15,8			10	0,210	
		18,8			50	0,325	
	0,5	18,9	0,2	60	100	0,325	3
		16,9			100	0,325	
		16,9			160	0,485	
		18,3			160	0,485	
0,5	18,3	0,2	60	8	0,245	3	
	18,3			50	0,370		
	18,3			100	0,500		
	18,3			125	0,530		

1.	2	3	4	5	6	7	8
12	0,6	20,0 21,0 21,6 23,2 23,2	0,3	130	8 50 100 80 100	0,260 0,455 0,475 0,655 0,700	4
	0,6	20,0 21,6 21,6 23,2 23,2	0,3	80	8 60 80 60 60	0,320 0,515 0,535 0,715 0,760	3
16	0,6	25,0 26,6 26,6 28,2 28,2	0,4	165	4 32 64 50 60	0,400 0,620 0,645 0,485 0,900	4
	0,6	25,0 26,6 26,6 28,2 28,2	0,4	100	2,6 32 64 50 64	0,590 0,810 0,835 1,04 1,09	3
20	1,0	30,0 32,0 32,0 34,0 34,0	0,5	200	2,5 50 64 50 64	0,525 0,916 0,965 1,32 1,42	4
	1,0	30,0 32,0 32,0 34,0 34,0	0,5	125	1,6 50 50 50 50	0,750 1,14 1,19 1,55 1,65	3
25	1,2	38,0 40,0 40,0 42,0 42,0	0,6	250	1,6 25 50 50 64	0,880 1,33 1,38 1,77 1,89	4
	1,2	36,0 40,0 40,0 42,0 42,0	0,6	150	1 25 50 50 50	1,17 1,62 1,67 2,06 2,18	3
32	1,2	46,0 48,3 48,3 50,5 50,5	0,6	300	1 32 50 50 50	1,12 1,76 1,86 2,45 2,62	4
	1,2	46,0 48,3 48,3 50,5 50,5	0,6	200	1 32 50 50 50	1,60 2,26 2,34 2,93 3,10	3
40	1,6	58,0 60,3 60,3 62,5 62,5	0,8	350	1 20 32 32 50	1,60 2,34 3,10 3,10 3,28	4
	1,6	58,0 60,3 1,6	0,8	250	1 20 32	2,05 2,79 3,55	2,8

1	2	3	4	5	6	7	8
		62,5			32	3,55	
		62,5			50	3,73	
50	1,6	68,0	0,8	400	0,5	1,95	3,6
		71,2			25	3,24	
		71,2			32	3,40	
		74,3			50	4,56	
	74,3	50	4,87				
	1,6	68,0	0,8	300	0,5	2,25	2,8
		71,2			25	3,54	
		71,2			32	3,70	
74,3		50			4,86		
74,3	50	5,17					

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 250°C. 2. Presiunea la temperatura T°C se calculează cu formula:

$P_n = k_T \cdot k_p$ în care T°C și k_p sînt următorii:

T°C	80	100	150	200
k _p	1,6	0,9	0,6	0,7

Tabloul 1.20. Tuburi metalice flexibile din țevi de oțel inoxidabil construcție ușoară, tip OC (Hydra - 70)

Diametrul nominal D _n mm	Abateren de la D _n mm	Diametrul exterior D _e mm	Abateren de la D _e mm	Raza minimă de îndoire R _i + 10 ³ mm	Presiunea nominală P _n bar	Greutatea celuloză daN/m	Lungimea maximă L _{max} m
1	2	3	4	5	6	7	8
8	0,2	12,6	0,2	45	4	0,060	10
		14,0				0,170	
		14,0				0,170	
10	0,2	15,1	0,2	55	6	0,100	10
		16,5				0,220	
		16,5				0,220	
12	0,2	17,7	0,2	65	4	0,125	10
		19,1				0,260	
		19,1				0,260	
16	0,2	22,2	0,2	75	2,5	0,180	10
		23,8				0,365	
		23,8				0,365	
20	0,2	27,1	0,2	105	2,5	0,270	10
		28,7				0,500	
		28,7				0,500	

1	2	3	4	5	6	7	8
	0,3	33,2 35,2 35,2	0,3	120	1,6 32 40	0,340 0,755 0,7555	10
32	0,3	42,0 44,0 44,0	0,3	140	1 20 32	0,455 0,915 0,915	10
40	0,3	51,6 53,8 53,8	0,3	160	1 20 25	0,545 1,24 1,24	10
50	0,4	65,0 65,3 65,3	0,4	210	0,5 12,5 20	0,830 1,61 1,61	10
65	0,4	80,0 83,2 83,2	0,4	250	0,5 12,5 18	1,07 2,49 2,49	5
80	0,5	97,0 100,2 100,2	0,5	310	0,5 12,5 12,3	1,59 3,41 3,41	5
100	0,5	119,0 122,2 122,2	0,5	350	0,5 10 12,5	1,98 4,01 4,01	8
125	0,7	146,2 149,4 152,6	0,7 1,4 2,41	500	0,6 18 18	3,98 8,00 9,25	6
150	0,7	173,2 177,0 181,0	0,7 1,4 2,1	600	0,6 18 18	4,76 7,50 10,3	6
200	0,8	227,0 232,0 237,0	0,8 1,6 2,4	700	0,6 10 12,5	6,31 11,0 15,8	6
250	0,8	281,6 287,0 292,0	0,8 1,6 2,4	900	0,5 8 12,5	10,9 15,5 20,2	6
300	1,0	334,6 340,0 345,0	1,0 2,0 3,0	1200	0,5 8 10	12,7 19,5 26,4	6

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 600°C. Presiunea la temperatura T°C se recalculează cu formula $P_T = P_n \cdot k_T$ în care T°C și k_T sînt următorii:

T°C	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
k_T	1	0,86	0,81	0,78	0,70	0,66	0,64	0,61	0,59	0,58	0,57	0,5

Tabelul 1.21. Tuburi metalice flexibile din țevi de oțel inoxidabil,
construcție mijlocie, de tipul OC (Hydra RS - 83)

Diame- trul nominal D_n mm	Abater- ea de la D_n ± mm	Diame- trul exterior D_e mm	Abater- ea de la D_e ± mm	Raza mi- nimă de îndoire $R_{1-10\%}$ mm	Presi- nea no- minală P_n bCE	Greuta- tea $G_{10\%}$ daN/m	Lungi- mea maximă $L_{max.}$ m
1	2	3	4	5	6	7	8
		9,3			25	0,095	
5	0,2	10,4 11,5	0,2	85	200 250	0,180 0,230	4
8	0,3	10,6 11,7 12,8	0,3	110	20 160 200	0,150 0,220 0,290	4
6	0,3	13,4 14,8 16,2	0,3	130	20 160 160	0,210 0,325 0,445	4
10	0,3	16,1 17,5 18,9	0,3	150	16 125 160	0,280 0,405 0,540	4
12	0,3	18,8 20,4 22,0	0,3	160	12,5 125 160	0,350 0,470 0,610	4
16	0,3	24,0 25,8 27,6	0,3	200	10 60 125	0,470 0,605 0,800	4
20	0,3	29,3 31,3 33,3	0,3	250	8 100 100	0,550 0,940 1,34	5
25	0,3	35,2 37,6 39,6	0,3	300	6 80 100	0,700 1,19 1,63	5
32	0,3	44,1 46,4 48,6	0,3	350	4 80 80	1,15 1,80 2,45	5
40	0,3	52,7 56,0 58,2	0,3	380	2,5 80 64	1,50 2,21 2,90	5
50	0,4	65,5 68,7 71,8	0,4	430	2,5 50 64	1,93 3,20 4,50	5
65	0,4	83,0 86,5 89,3	0,4	500	1,6 40 50	3,04 4,47 5,93	5
80	0,4	100,2 103,4 106,5	0,4	600	1,6 40 40	4,02 5,86 7,73	5
100	0,5	122,8 126,0 129,1	0,5	700	1,6 32 32	5,61 7,97 10,35	5
125	0,7	146,8 150,0 153,2	0,7 1,4 2,1	1200	2 25 32	8,56 8,00 10,6	6
150	0,7	174,4 179,0 183,0	0,7 1,4 2,1	1500	2 16 32	8,95 11,6 14,2	6

1	2	3	4	5	6	7	8
200	0,8	228,0	0,6	1800	2	11,96	6
		233,0	1,6		12,5	16,5	
		238,0	2,4		25	21,2	
250	0,8	262,6	0,6	2400	1,6	17,88	6
		280,0	1,6		8	22,3	
		293,0	2,4		16	27,0	
300	1,0	335,8	1,0	3000	1	21,10	6
		341,0	2,0		6	27,70	
		346,0	3,0		10	34,35	

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 600°C. 2. Presiunea admisă la temperatura T°C se recalculează cu formula $P_T = P_n \cdot k_T$ în care T°C și k_T au valorile prezentate în tabelul 1.19.

Figura 1.22. Arcuri metalice flexibile din țevi de oțel inoxidabil, construcție grosă, de tipul OC (Hydra 20 - E).

Diimetrul nominal D_n	Abateres de la D_n	Diimetrul exterior D_e	Abateres de la D_e	Raza mi-nimă de îndoire R_{i-100}	Presiu-nea no-minală P_n	Creu-tatea G_{100}	lungi-tatea ma-ximă L_{max}
mm	mm	mm	mm	mm	bar	daN/m	m
6	0,3	10,1	0,3	180	30	0,150	4
		11,5			300	0,255	
		12,9			400	0,365	
8	0,3	12,8	0,3	220	25	0,210	4
		14,2			180	0,320	
		15,6			320	0,430	
10	0,3	15,9	0,3	250	25	0,290	4
		17,5			200	0,405	
		19,1			360	0,645	
12	0,3	18,7	0,3	300	25	0,370	4
		20,3			125	0,555	
		21,9			250	0,780	
16	0,3	24,4	0,3	360	16	0,580	4
		26,4			150	0,740	
		28,4			280	1,300	

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 600°C. 2. Presiunea admisă la temperatura T se recalculează cu formula $P_T = P_n \cdot k_T$ în care T°C și k_T au valorile prezentate în tabelul 1.19.

Tabelul 1.23. Tuburi metalice flexibile din oțel de oțel inoxidabil, foarte flexibile, de tipul OC (Hydra RS - H)

Diametrul nominal D_n	Abaterrea de la D_n \pm	Diametrul exterior D_e	Abaterrea de la D_e \pm	Reza minimă de îndoire $R_{1-10\%}$	Presiunea nominală P_n	Creșterea $G_{10\%}$	Lungimea max. L_{max}
mm	mm	mm	mm	mm	bar	daN/E	m
8	0,2	12,6 14,0 14,0	0,2	55	4 10 40	0,20 0,200 0,200	3,6
10	0,2	15,1 16,6 16,6	0,2	95	4 50 50	0,160 0,270 0,270	3,6
12	0,2	17,7 19,1 19,1	0,2	115	4 50 50	0,190 0,370 0,380	3,6
16	0,2	23,2 23,5 23,8	0,2	130	2,5 30 40	0,240 0,445 0,445	3,6
20	0,2	27,1 28,7 28,7	0,2	140	2,5 30 40	0,410 0,640 0,640	3,6
25	0,2	33,2 33,2 33,2	0,3	150	1,6 30 30	0,510 0,925 0,925	3,6
32	0,2	42,0 44,0 44,0	0,3	160	1 30 30	0,660 1,10 1,15	3,6

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 600°C. 2. Presiunea admisă la temperatură T se recalculează cu formula $P_{adm} = k_p \cdot T$, în care T °C și k_p au valorile prezentate în tabelul 1.19.

Tabelul 1.24. Tuburi metalice flexibile din oțel de bronz de tipul OC (Hydra RS)

Diametrul nominal D_n	Abaterrea de la D_n \pm	Diametrul exterior D_e	Abaterrea de la D_e \pm	Reza minimă de îndoire $R_{1-10\%}$	Presiunea nominală P_n	Creșterea $G_{10\%}$	Lungimea maximă L_{max}
mm	mm	mm	mm	mm	bar	daN/E	m
1	2	3	4	5	8	7	8
6	0,2	10,0 11,1 11,1	0,2	50	10 30 31	0,060 0,125 0,130	2,2
8	0,2	12,6 14,0 14,0	0,2	70	5 30 34	0,060 0,190 0,200	10
10	0,2	15,1 16,6 16,6	0,2	130	5 30 34	0,120 0,240 0,250	10

1	2	3	4	5	6	7	8
4	0,3	17,7 19,1 19,1	0,4	150	4 32 30	0,150 0,200 0,300	10
16	0,3	21,2 23,8 23,8	0,3	170	2,5 32 30	0,100 0,385 0,410	10
20	0,3	27,1 28,7 28,7	0,3	200	2,5 20 40	0,300 0,530 0,560	10
28	0,3	32,1 35,2 35,2	0,3	230	1,6 32 32	0,500 0,600 0,850	10
32	0,3	42,0 44,0 44,0	0,3	260	1 20 25	0,500 0,970 1,000	10

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 250°C. 2. Presiunea la temperatura T se recalculează cu formula $P_T = P_n \cdot k_T$, în care T^{00} și k_T sînt următorii:

T^{00}	20	100	150	200	250
k_T	1	0,9	0,8	0,73	0,7

Tabloul 1.25. Tuburi metalice flexibile din tevi de oțel, foarte flexibile, de tipul OC (Hydra 30 - V)

Diametrul nominal D_n	Coeficientul de la T	Diametrul exterior D_e	Coeficientul de la T	Reza minimă de îndoire R_i , cloș	Presiunea nominală P_n	Greutatea G , cloș/m	Longimea maximă L_{max}
mm	mm	mm	mm	mm	bar	kg/m	m
1	2	3	4	5	6	7	8
6	0,2	10,0 11,1 11,1	0,2	45	4 40 40	0,070 0,150 0,155	1,2
8	0,2	12,8 14,0 14,0	0,2	55	2,5 25 25	0,120 0,245 0,245	3,6
10	0,3	15,1 16,5 16,5	0,3	65	2,5 25 25	0,180 0,300 0,315	3,6
15	0,3	19,7 20,1 20,1	0,3	115	1,6 25 25	0,255 0,385 0,405	3,6
16	0,3	21,2 23,8 23,8	0,3	130	1,6 20 20	0,310 0,515 0,540	3,6

1	2	3	4	5	6	7	8
20	0,3	27,1 28,7 28,7	0,3	140	1,6 20 20	0,450 0,680 0,710	3,6
25	0,3	33,2 35,2 35,2	0,3	150	1 16 16	0,645 1,06 1,11	3,6
32	0,3	42,0 44,0 44,0	0,3	150	0,8 10 10	0,625 1,30 1,35	3,6

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 250°C. Presiunea admisă la temperatura T se recalculează cu formula $P_T = P_n \cdot k_T$ în care T°C și k_T au valorile prezentate în tabelul 1.19.

Tabelul 1.26. Tuburi metalice flexibile din țevi de tipul OC-MT

Diametrul nominal d_n mm	Diametrul exterior d_e mm	Presiunea nominală P_n bar		Secțiunea nominală A cm ²	Numărul de ondulații
		interioară	exterioară		
1	2	3	4	5	6

Tuburi din țevi de tambac cu pereți simpli

6	9,5	10	26	0,50	12
10	14,5	7	17	1,13	30
12	19	7	17	1,68	30
15	22	5	15	2,34	30
18	27	6	15	3,00	30
18	28	5,5	14	4,50	30
20	31,5	5	14	5,00	30
25	36,5	4,5	11	6,90	26
28	39,5	4,5	11	8,40	25
30	43	5	10	11,00	25
32	50	4	10	13,20	25
40	58	3,8	9,5	16,90	25
40	60	3,5	9	20,40	25
50	68	3,8	9,5	25,07	20
60	77	3,7	9	31,21	19
65	90	3,5	9	47,17	15
80	108	3,5	9	62,00	13
90	116	3,5	9	75,30	12
100	122	3,3	8,25	91,60	10

1	2	3	4	5	6
Tuburi din țevi de oțel sau pereți dubli					
5	9,5	23	62	0,50	12
10	14,5	17	44	1,17	30
12	19	17	44	2,00	30
15	22	15	37	2,54	30
18	27	15	37	3,90	30
20	31,5	14	34	5,40	27
25	32	14	35	5,90	26
30	33	12	30	6,00	26
30	41,5	12	30	10,30	25
30	50	10	25	13,20	25
40	35	3,5	9,5	16,98	25
40	60	3,5	9	20,42	25
50	66	3,5	9,5	25,07	20
60	77	3,5	9	34,21	19
65	80	3,5	9	45,17	15
80	107	3,5	9	62,00	13
90	110	3,5	9	77,30	12
100	121	3,3	8,25	91,30	20

Tuburi din țevi de oțel inoxidabil

5	9,5	23	62	0,50	12
10	14,5	17	44	1,17	30
12	19	17	44	2,00	30
15	22	15	37	2,54	30
18	27	15	37	3,90	30
20	31,5	14	34	5,40	27
25	32	14	35	5,90	26
26	33	12	30	6,00	26
30	41,5	12	30	10,30	25
32	50	10	25	13,20	25

Tuburi din țevi de metal moale

10	14,5	15	36	1,17	30
12	19	14	36	2	30
15	22	12	30	2,54	30
18	27	12	30	3,90	30
20	31,5	11	25	5,40	30
25	32	11	31	5,90	26
26	33	10	26	6	26

1	2	3	4	5	6
30	42,5	10	26	10,30	25
30	45	9	21	11	25

Tabelul 1.27. Tuburi metalice flexibile din benzi de oțel inoxidabil sudate prin suprapunere de tipul OSG (Hydra - H^o)

Diametrul nominal D_n mm	Abaterrea de la D_n \pm mm	Diametrul exterior D_e mm	Abaterrea de la D_e \pm mm	Raza minimă de îndoire R_1 , % mm	Presiunea nominală P_n bar	Creștutea C, % dal/m	Lungimea maximă L_{max} m
1	2	3	4	5	6	7	8
5	0,25	8,5	0,25	55	6	0,080	22
		9,6			100	0,140	
		9,8			200	0,140	
		10,9			250	0,220	
6	0,25	9,7	0,25	55	4	0,090	22
		10,6			64	0,155	
		10,8			160	0,155	
		12,0			200	0,245	
8	0,2	12,3	0,2	60	2,5	0,140	22
		13,7			80	0,250	
		13,7			125	0,250	
		15,2			200	0,410	
10	0,2	14,3	0,2	70	2,5	0,160	22
		16,7			50	0,280	
		15,7			100	0,280	
		17,2			160	0,460	
12	0,2	17,1	0,2	80	2,5	0,190	22
		18,5			32	0,320	
		18,5			100	0,320	
		20,1			160	0,545	
16	0,2	21,1	0,2	100	1,6	0,230	22
		22,7			40	0,430	
		22,7			80	0,430	
		24,5			125	0,740	
20	0,2	26,4	0,2	170	1	0,340	22
		28,0			20	0,565	
		28,0			50	0,565	
		29,9			80	0,960	
25	0,2	31,4	0,2	160	1	0,400	22
		33,3			32	0,800	
		33,4			50	0,800	
		35,7			80	1,400	
32	0,3	40,5	0,3	200	0,5	0,600	15
		42,5			20	1,06	
		42,5			40	1,06	
		45,1			64	2,02	
40	0,3	48,5	0,3	240	0,5	0,700	15
		50,6			20	1,37	
		50,6			40	1,37	
		53,6			64	2,60	

1	2	3	4	5	6	7	8
50	0,3	60,7	0,3	280	0,5	1,05	15
		63,0			12,5	1,81	
		63,0			32	1,81	
		65,9			50	3,62	
65	0,3	75,7	0,3	330	0,5	1,25	15
		78,9			12,5	2,61	
		78,9			20	2,61	
		82,7			40	5,23	
80	0,4	94,8	0,4	470	0,5	1,70	12
		98,1			12,5	3,49	
		98,1			18	3,49	
		100,3			25	7,23	
100	0,4	114,8	0,4	550	0,4	2,20	12
		118,0			10	4,17	
		118,0			12,5	4,17	
		120,3			25	8,24	
125	0,5	142,5	0,5	750	0,5	2,80	12
		145,2			8	5,32	
		145,5			10	5,32	
		147,8			16	10,52	
150	0,5	167,3	0,5	900	0,2	3,35	12
		170,5			6	6,10	
		170,5			6	6,10	
		173,3			10	12,32	
175	0,6	192,0	0,6	1100	0,2	3,80	12
		195,0			2,5	6,60	
		195,0			2,5	6,60	
		199,0			10	14,30	
200	0,6	217,0	0,6	1300	0,2	4,40	12
		220,0			2	7,40	
		220,0			2	7,40	
		225,0			8	16,50	

Observații. 1. Temperatura maximă admisă 600°C. 2. Presiunea admisă la temperatura T se recalculează cu formula $P_T = P_n \cdot k_T$ în care $T^\circ\text{C}$ și k_T sînt următorii:

$T^\circ\text{C}$	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
k_T	1	0,85	0,77	0,71	0,66	0,62	0,59	0,56	0,55	0,53	0,51	0,50

Tabelul 1.28. Tuburi metalice flexibile din sîrmă de tipul SFP-R

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Diametrul sîrmei d mm	Raza minimă de îndoire $R_2 \pm 10\%$ mm	Creșterea $G \pm 10\%$ de N/m
1	2,5	0,75	25	0,027
2,4	4	0,8	40	0,048
3	5	1,0	50	0,073
3	6	1,5	60	0,128
3,2	5,2	1,0	52	0,080
3,2	6,2	1,5	62	0,132
3,2	5,5	1,0	55	0,089
3,5	5,6	0,7	56	0,068
4,2	6,7	1,2	67	0,110
4,3	6,8	1,2	68	0,128
4,4	6,1	1,7	67	0,075
4,7	6,7	1,0	67	0,110
5	7	1,0	70	0,120
6,4	9,4	1,5	94	0,234

Tabelul 1.29. Tuburi metalice flexibile din sîrmă de tipul SFP-P

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Dimensiunile sîrmei axb mm	Raza minimă de îndoire $R_2 \pm 10\%$ mm	Creșterea $G \pm 10\%$ de N/m
2	3,3	0,9x0,6	32	0,038
2,5	3,8	0,9x0,6	37	0,044
2,75	4,05	0,9x0,6	40	0,047
3	4,3	0,9x0,6	42	0,050
3,2	4,5	0,9x0,6	44	0,053
3,2	5	1,1x0,85	49	0,080
3,5	5,3	1,1x0,85	52	0,088
4	6,6	1,1x0,85	57	0,096
4,5	6,8	1,1x0,85	62	0,106
5	6,6	1,1x0,85	67	0,116
5	7,8	1,3x1,3	76	0,105
5,5	6,3	1,3x1,3	81	0,200
6,0	6,8	1,3x1,3	86	0,215

Tabelul 1.30. Tuburi metalice flexibile din sîrmă de tipul HSP-D-9C

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Raza minimă de îndoire $R_{\perp} \pm 10\%$ mm	Greutatea $G \pm 10\%$ kg N/m
5,9	7	50	0,190
5	8	60	0,215
5-15	8-20	60-170	0,215-0,730

Tabelul 1.31. Tuburi metalice flexibile din sîrmă de tipul HSP-D-R-1

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Raza minimă de îndoire $R_{\perp} \pm 10\%$ mm	Greutatea $G \pm 10\%$ kg N/m
4	9	50	0,360
5	11	60	0,455
6	13	80	0,630
7	16	100	0,975
9	17	120	1,114
8,5	16,5	115	1,030

Tabelul 1.32. Tuburi metalice flexibile de tipul HA (Hydra - FR₂)

Diametrul nominal D_n mm	Filetul de record C tol	Raza minimă de îndoire $R_{\perp} \pm 10\%$ mm	Lungimea de fabricație L mm
8	G 1/4	65	200, 250, 320, 400, 500
8	G 3/8	80	250, 320, 400, 500, 630
10	G 1/2	100	320, 400, 500, 630
16	G 3/4	110	500

Tabelul 1.33. Tuburi metalice flexibile de tipul FR (Hydra - HA)

Diametrul nominal D_n mm	Filetul de record M mm	Raza minimă de îndoire $R_{\perp} \pm 10\%$ mm	Lungimea de fabricație L mm
4,9	M 10x1	50	90-1600
6,7	M 10x1	60	90-700
7,3	M 10x1	65	90-800
7,7	M 10x1	120	90-800

Tabelul 1.34. Tuburi metalice flexibile de tipul SPD (neetanșate) asimilate și fabricate în țară, NIT-101

Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_s mm	Dimensiunile profilului mm	Raza minimă de îndoire R_{ind} mm	Greutatea G_{lot} de H/m	
				Materii prime	
				Oțel	Alumă
1	2	3	4	5	6
4	5,9	4x0,95	27	0,050	0,055
5	6,9	4x0,95	30	0,075	0,082
6	7,9	4x0,95	31	0,120	0,132
7	8,9	4x0,95	31	0,145	0,160
8	10,5	4,8x1,25	32	0,165	0,180
9	11,5	4,8x1,25	35	0,171	0,188
10	12,5	4,8x1,25	40	0,188	0,215
11	13,5	4,8x1,25	42	0,208	0,225
12	15,6	6x1,6	45	0,221	0,245
13	16,6	6x1,6	46	0,240	0,264
14	17,6	6x1,6	50	0,250	0,275
16	20	7x2	52	0,351	0,384
18	22	7x2	55	0,301	0,407
20	24,5	8,4x2,85	60	0,436	0,480
21	25,5	8,4x2,85	62	0,448	0,494
22	26,5	8,4x2,85	64	0,490	0,540
23	27,5	8,4x2,85	65	0,515	0,565
24	28,5	8,4x2,85	68	0,560	0,615
25	29,5	8,4x2,85	70	0,590	0,650
30	36	10x3	80	0,820	0,900
32	38	10x3	90	0,925	1,004
35	41	10x3	95	1,080	1,190
37	44	12x3,5	100	1,250	1,370
40	47	12x3,5	105	1,542	1,750
45	52	14x3,5	130	1,400	1,540
48	53	14x3,5	135	1,500	1,650
50	57	14x3,5	140	1,540	1,680
55	62	16x3,5	170	1,820	2,000
60	67	16x3,5	180	1,986	2,190
65	72	16x3,5	220	2,100	2,310
70	77	18x3,5	240	3,069	3,380
75	82	18x3,5	255	3,145	3,460

1	2	3	4	5	6
85	95	18x4	285	3,680	4,020
90	98	18x4	300	3,800	4,170
95	103	18x4	315	4,030	4,430
100	108	20x4	330	4,200	4,600
110	118	20x4	360	4,400	4,850
120	128	21x4	390	4,500	4,950
125	133	21x4	405	6,700	6,800
130	138	21x4	420	6,300	6,900
140	148	21x4	440	6,630	7,025
150	158	21x4	470	7,200	7,900
160	168	21x4	480	8,050	8,600
170	170	21x4	510	8,120	8,940
180	188	21x4	540	8,200	9,000
190	198	21x4	560	8,326	9,160
200	208	21x4	590	8,450	9,300

Tabela 1.35. Tuburi metalice flexibile de tipul SFL-B(A) (etanșat)
asemilate și fabricate în țară, NID-102

Diametrul nominal D _n mm	Diametrul exterior D _e mm	Dimensiunile profilului mm	Raza mi- nimă de îndoire R _i , +10%	Greutatea 0-10% de N/A			
				Materii prime			
				Oțel	Alama	Bambac	Alte
1	2	3	4	5	6	7	8
4	5,9	4x0,95	35	0,037	0,037	0,001	0,00
5	6,9	4x0,95	40	0,100	0,110	0,002	0,00
6	7,9	4x0,95	42	0,120	0,130	0,003	0,004
7	8,9	4x0,95	43	0,140	0,155	0,004	0,006
8	10,8	4,8x1,25	45	0,200	0,220	0,005	0,006
9	11,8	4,8x1,25	50	0,210	0,232	0,008	0,100
10	12,8	4,8x1,25	55	0,220	0,242	0,008	0,011
11	13,8	4,8x1,25	75	0,230	0,253	0,0095	0,011
12	15,8	6x1,8	90	0,272	0,300	0,011	0,020
13	16,8	6x1,8	100	0,280	0,320	0,013	0,020
14	17,8	6x1,8	110	0,330	0,364	0,014	0,025
16	20	7x2	130	0,415	0,456	0,026	0,045

1	2	3	4	5	6	7	8
18	22	7x2	150	0,488	0,515	0,031	0,050
20	24,5	8,4x2,25	170	0,520	0,572	0,041	0,065
21	25,5	8,4x2,75	185	0,580	0,241	0,525	0,066
22	26,5	8,4x2,25	200	0,590	0,650	0,046	0,074
23	27,5	8,4x2,25	205	0,630	0,694	0,047	0,075
24	28,5	8,4x2,25	210	0,635	0,700	0,048	0,080
25	29,5	8,4x2,25	215	0,640	0,705	0,049	0,081
30	36	10x3	290	0,885	0,975	0,077	0,124
32	38	10x3	325	1,000	1,170	0,081	0,130
35	41	10x3	335	1,095	1,200	0,090	0,150
37	44	12x3,5	345	1,250	1,380	0,100	0,180
38	45	12x3,5	350	1,300	1,450	0,110	0,200
40	47	12x3,5	370	1,550	1,740	0,120	0,220
45	52	14x3,5	400	1,780	1,980	0,140	0,240
48	53	14x3,5	420	1,900	2,100	0,160	0,260
50	57	14x3,5	425	2,000	2,200	0,165	0,280
55	62	16x3,5	430	2,180	2,400	0,180	0,300
60	67	16x3,5	450	2,260	2,480	0,200	0,330
65	72	16x3,5	470	2,600	2,860	0,220	0,350
70	77	16x3,5	500	3,400	3,740	0,360	0,430
75	82	16x3,5	550	3,640	4,000	0,280	0,460
80	88	18x4	620	4,295	4,720	0,295	0,472
85	93	18x4	640	4,600	5,060	0,350	0,5
90	98	18x4	660	4,900	5,400	0,390	0,6
95	103	18x4	680	5,260	5,800	0,540	0,7
100	108	20x4	700	5,420	5,420	5,960	0,77
110	118	20x4	770	5,800	6,400	0,620	0,85
120	128	21x4	800	6,000	6,600	0,650	0,97
125	133	21x4	850	6,350	7,000	0,700	1,056
130	138	21x4	900	6,600	7,790	1,099	1,099
140	148	21x4	950	7,250	8,000	0,690	1,110
150	158	21x4	1000	7,900	8,700	1,000	1,400
160	168	21x4	1050	8,050	8,850	1,025	1,450
170	178	21x4	1070	8,120	8,120	1,060	1,500
180	188	21x4	1130	8,300	9,050	1,100	1,550
190	198	21x4	1170	8,320	9,160	1,150	1,600
200	208	21x4	1200	8,450	9,300	1,200	1,700

Tabelul 1.36. Tuburi metalice flexibile de tipul FD și FP, NID 103 și 104

Simbolul tubului	Diametrul nominal D_n mm	Greutatea $G \pm 10\%$ da N/m		
		Oțel	Aluminiu	Aluminiu
FD - SFD - A - BP	125	9,510	0,545	0,535
FD - SFD - A - HP	140	9,670	0,600	0,940
FP - SFD - A	80	0,400	-	0,100

Tabelul 1.37. Tuburi metalice flexibile de tipul RA, esaminate și fabricate în țară

Tipul tubului	Diametrul nominal D_n mm	Diametrul exterior D_e mm	Lungimea L mm	Reza minimă de îndoire $R_1 \pm 10\%$ mm
1 RA	6	14,5	220	40
2 RA	6	15,5	300	40
3 RA	6	15,5	400	40
4 RA	6	14,5	500	40
5 RA	6	14,5	700	40
6 RA	8/6	16,5/14,5	700	50

Tabelul 1.38. Tipuri de racorduri mai des utilizate la fabricarea tuburilor flexibile metalice

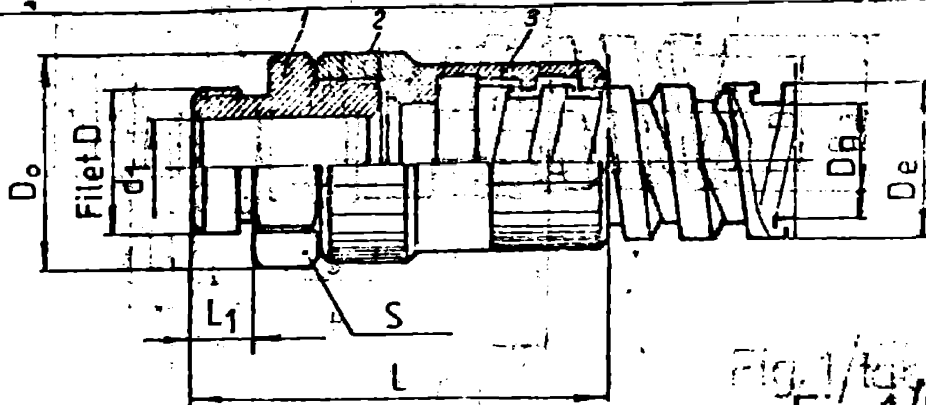


Fig. 1/tabelul 1.38

Racorduri cu filet IPE simbol IPE-SPD

Mărimea	Filet D mm	Tub flexibil SP		D ₀ mm	Deschiderea cheli S mm	d mm	L mm	L ₁ mm	Norma internă		
		D _n mm	D _e mm						Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3
1	IPE 7	8	10,5	19,5	18	9	28	5			
2	IPE 9	12	15,6	23	21	11	36,5	6			
3	IPE 11	14	17,6	26	24	14	38,5	6	NI 7101	NI 7101	NI 7101
4	IPE 13,5	16	20	30	27	15	45	7			
5	IPE 16	20	24,5	33	30	18	47	7			
6	IPE 21	23	27,5	40	36	22,5	54	8			
7	IPE 29	30	36	46	41	30	64	10			
8	IPE 36	40	47	60	55	38	74	10			
9	IPE 42	50	57	73	65	46	88	12			
10	IPE 48	55	62	78	70	50	88	12			

Racorduri cu filet metric simbol M-SPD

1	M14x1,5	8	10,5	19,5	18	9	28	5			
2	M16x1,5	12	15,6	23	21	11	36,5	6			
3	M20x1,5	14	17,6	26	24	14	38,5	6			
4	M22x1,5	16	20	30	27	15	45	7	NI 7102	NI 7101	NI 7101
5	M24x1,5	20	24,5	33	30	18	47	7			
6	M27x1,5	23	27,5	40	36	22,5	54	8			
7	M39x1,5	30	36	46	41	30	64	10			
8	M48x1,5	40	47	60	55	38	74	10			
9	M56x1,5	50	57	73	65	46	88	12			
10	M66x1,5	55	62	78	70	50	88	12			

Racorduri cu filet gaz simbol G-SPD

1	G 7/16	8	10,5	19,5	18	9	28	7			
2	G 1/2	12	15,6	23	21	11	36,5	10			
3	G 3/4	14	17,6	26	24	14	38,5	10			
4	G 1	16	20	30	27	15	45	12			
5	G 1 1/4	20	24,5	33	30	18	47	12	NI 7103	NI 7101	NI 7101
6	G 1 1/2	23	27,5	40	36	22,5	54	12			
7	G 2	30	36	46	41	30	64	12			
8	G 2 1/2	40	47	60	55	38	74	12			
9	G 3	50	57	73	65	46	88	12			
10	G 3 1/2	55	62	78	70	50	88	12			

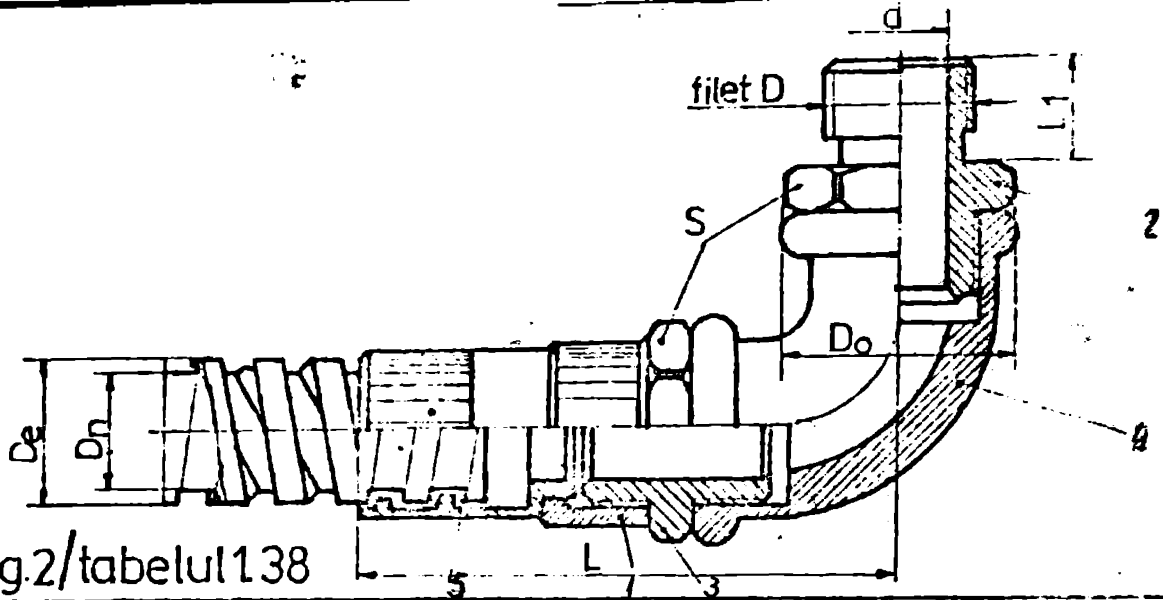


Fig.2/tabelul 138

Racorduri cu filet IPE simbol IPE-SPD

Mărimi- mea	Filet D mm	Tub flexibil SP		Do mm	Deschi- derea cheii S mm	d mm	L mm	L1 mm	Norma internă sau STAS			
		Dn mm	De mm						Poz. 1	Poz. 2-3	Poz. 4	Poz. 5
1	IPE 7	8	10,5	19,5	18	9	30	5				
2	IPE 9	12	15,6	26	24	11	35	6				
3	IPE 11	14	17,6	30	27	14	39	6				
4	IPE 15	16	20	30	27	15	41	7	NI 7103	NI 7101	STAS 474-66	NI 7104
5	IPE 16	20	24,5	36	32	18	46	7				
6	IPE 21	23	27,5	45	41	22,5	53	8				
7	IPE 20	30	36	52	46	30	63	10				
8	IPE 25	40	47	60	55	38	68	10				
9	IPE 27	50	57	71	65	44	80	12				
10	IPE 48	55	62	71	65	49	80	12				

Racorduri cu filet metric simbol M-SPD

1	M14x1,5	8	10,5	19,5	18	9	30	5				
2	M16x1,5	12	15,6	26	24	11	35	6				
3	M20x1,5	14	17,6	30	27	14	39	6				
4	M22x1,6	16	20	30	27	15	41	7				
5	M24x1,5	20	24,5	36	32	18,5	46	7	NI 7103	NI 7101	STAS 474-66	NI 7105
6	M25x1,5	23	27,5	45	41	22,5	53	8				
7	M30x1,5	30	36	52	46	30	63	10				
8	M35x1,5	40	47	60	55	38	68	10				
9	M50x1,5	50	57	71	65	44	80	12				
10	M60x1,5	55	62	71	65	49	80	12				

Racorduri cu filet gaz simbol G-SPD

1	G1/2"	8	10,5	19,5	18	9	48	10				
2	G3/4"	12	15,6	26	24	11	59,5	10				
3	G1"	14	17,6	30	27	14	65,5	13				
4	G1 1/4"	16	20	30	27	15	72	13				
5	G2"	20	24,5	36	32	18,5	79	13	NI 7103	NI 7101	STAS 474-66	NI 7105
6	G2 1/2"	23	27,5	45	41	22,5	91	15				
7	G3"	30	36	52	46	30	107	17				
8	G4"	40	47	60	55	38	127	17				

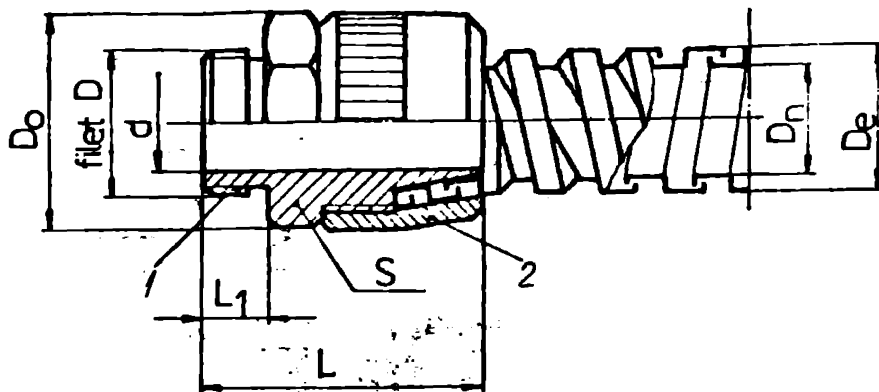


Fig. 3/tabelul 1.38

Racordări cu filet IPE simbol IPE - SPD

Nr. poz.	Filet D mm	Tub flexibil SP		D ₀ mm	Deschiderea cheii S - mm	d mm	L mm	L ₁ mm	Norma internă	
		D _n mm	D _e mm						Poz. 1	Poz. 2
1	IPE 7	8	10,5	21	21	7	33	9	7101	7107
2	IPE 9	12	15,6	26,7	22	11	35	9		
3	IPE 11	14	17,6	29	27	13	44	11		
4	IPE 13,5	16	20	33,5	32	15	42	11		
5	IPE 16	20	24,5	35,5	36	18	44	11		
6	IPE 21	23	27,5	40	41	22	53	13		
7	IPE 29	30	36	50	50	29	56	13		
8	IPE 36	40	47	65	65	38	58	13		
9	IPE 42	40	57	76	75	47	70	15		
10	IPE 48	55	62	63	80	52	70	15		

Racordări cu filet metric simbol M - SPD

1	M 14×15	8	10,5	23	21	7	33	9	7103	7107
2	M 16×15	12	15,6	24	22	11	35	9		
3	M 18×15	14	17,6	30	27	13	40	11		
4	M 20×15	16	20	35	32	15	42	11		
5	M 22×15	20	24,5	39	36	18	44	11		
6	M 27×15	23	27,5	45	41	22	53	13		
7	M 36×15	30	36	55	50	29	56	13		
8	M 45×15	40	47	71	65	38	58	13		
9	M 52×15	50	57	83	75	47	70	15		
10	M 60×15	55	62	88	80	52	70	15		

Racordări cu filet gaz simbol G - SPD

1	G 1/4	8	10,5	23	21	7	33	9	7103	7107
2	G 1/2	12	15,6	24	22	11	35	9		
3	G 3/4	14	17,6	30	27	13	40	11		
4	G 1	16	20	35	32	15	42	11		
5	G 1 1/4	20	24,5	39	36	18	44	11		
6	G 1 1/2	23	27,5	45	41	22	53	13		
7	G 2	30	36	55	50	29	56	13		
8	G 2 1/2	40	47	71	65	38	58	13		
9	G 3	50	57	83	75	47	70	15		
10	G 3 1/2	55	62	88	80	52	70	15		

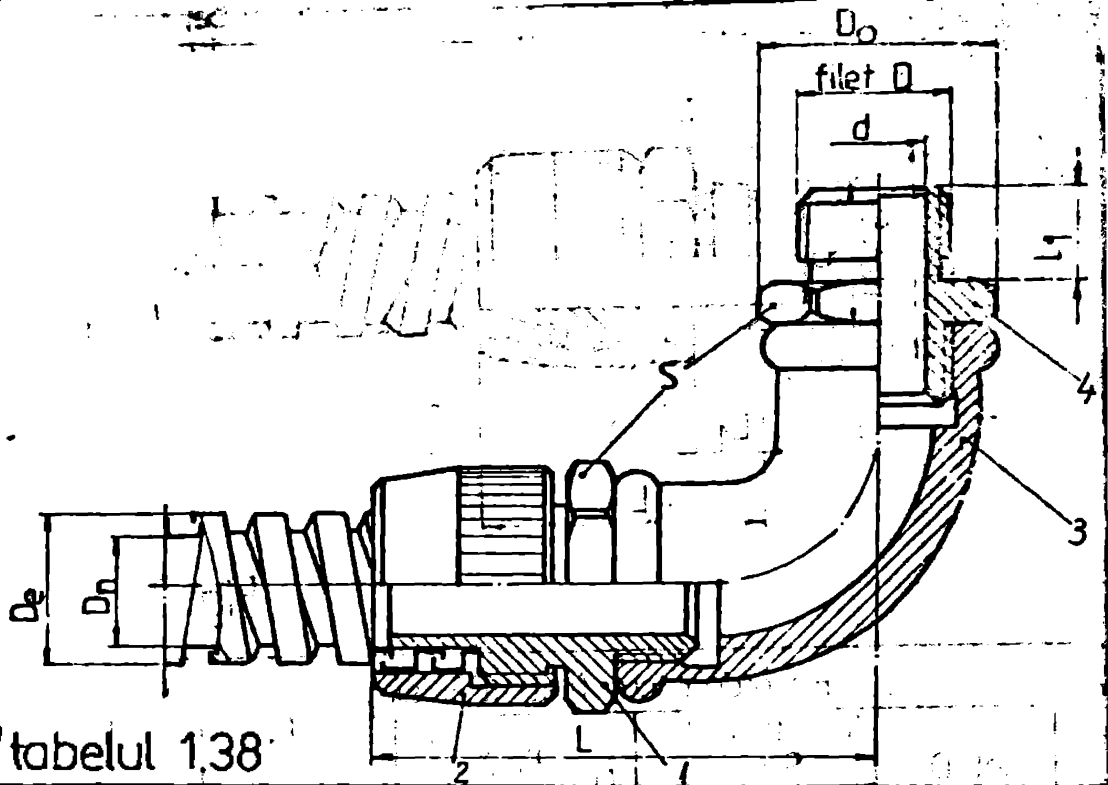


Fig.4 / tabelul 1.38

Racorduri cu filet IPE simbol IPE-SPD												
Mă- n- mea	Filet D mm	Tub flexibil SP		D _o mm	Deschide- rea cheii S mm	d mm	L mm	L ₁ mm	Norma internă sau STA			
		D _n mm	D _o mm						Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4
1	IPE 7	8	10,5	23	21	7	55	8				
2	IPE 9	12	15,6	24	22	11	62	10				
3	IPE 11	14	17,6	30	27	13	70	11				
4	IPE 13,5	16	20	35	32	15	72	12	NI	NI	STAS	NI
5	IPE 16	20	24,5	39	36	18	79	13	7109	7107	474-66	7106
6	IPE 21	23	27,5	45	41	22	93	13				
7	IPE 29	30	36	55	50	29	103	14				
8	IPE 36	40	47	71	65	38	110	16				
9	IPE 42	50	57	83	75	47	130	18				
10	IPE 48	55	62	88	80	52	130	18				

Racorduri cu filet metric simbol M-SPD												
Mă- n- mea	Filet D mm	Tub flexibil SP		D _o mm	Deschide- rea cheii S mm	d mm	L mm	L ₁ mm	Norma internă sau STA			
		D _n mm	D _o mm						Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4
1	M 14 x 1,5	8	10,5	23	21	7	55	10				
2	M 16 x 1,5	12	15,6	24	22	11	62	12				
3	M 20 x 1,5	14	17,6	30	27	13	70	12				
4	M 22 x 1,5	16	20	35	32	15	72	12	NI	NI	STAS	NI
5	M 27 x 1,5	20	24,5	39	36	18	79	12	7109	7107	474-66	7106
6	M 30 x 1,5	23	27,5	45	41	22	93	15				
7	M 42 x 1,5	30	36	55	50	29	103	15				
8	M 48 x 1,5	40	47	71	65	38	110	15				
9	M 60 x 1,5	50	57	83	75	47	130	18				
10	M 64 x 1,5	55	62	88	80	52	130	18				
1	G 1/8	8	10,5	23	21	7	55	10				
2	G 1/4	12	15,6	24	22	11	62	10				
3	G 3/8	14	17,6	30	27	13	70	13				
4	G 1/2	16	20	35	32	15	72	13				
5	G 3/4	20	24,5	39	36	18	79	13				
6	G 1	23	27,5	45	41	22	93	13	NI	NI	STAS	NI
7	G 1 1/4	30	36	55	50	29	103	15	7109	7107	474-66	7106
8	G 1 1/2	40	47	71	65	38	110	17				
9	G 2	50	57	83	75	47	130	18				
10	G 2 1/2	55	62	88	80	52	130	18				

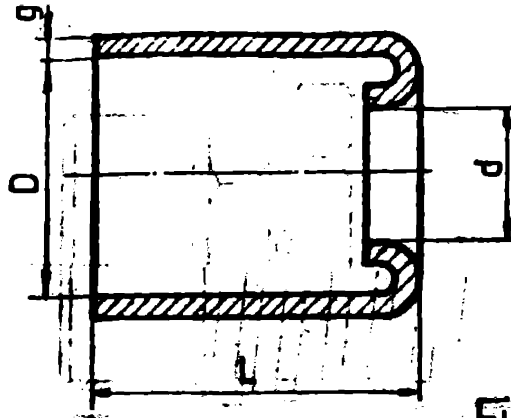


Fig. 5/tabelul 1.38

Mărimea	Tub flexibil SP		d mm	D mm	L mm	g mm
	D_n mm	D_e mm				
1	4	5,9	4	5,9	10	0,3
2	5	6,9	5	6,9	10	0,3
3	6	7,9	6	7,9	11	0,4
4	7	8,9	7	8,9	11	0,4
5	8	10,5	8	10,5	11	0,4
6	9	11,5	9	11,5	11	0,4
7	10	12,5	10	12,5	11	0,4
8	11	13,5	11	13,5	12	0,5
9	12	15,6	12	15,6	12	0,5
10	13	16,6	13	16,6	12	0,5
11	14	17,6	14	17,6	12	0,5
12	16	20	16	20	13	0,6
13	18	22	18	22	13	0,6
14	20	24,5	20	24,5	13	0,6
15	23	27,5	23	27,5	13	0,6
16	25	29,5	25	29,5	15	0,7
17	30	36	30	36	15	0,7
18	32	38	32	38	15	0,7
19	35	41	35	41	15	0,7
20	40	47	40	47	18	0,8
21	45	52	45	52	18	0,8
22	50	57	50	57	18	0,8
23	55	62	55	62	20	0,9
24	60	67	60	67	20	0,9
25	65	72	65	72	20	1

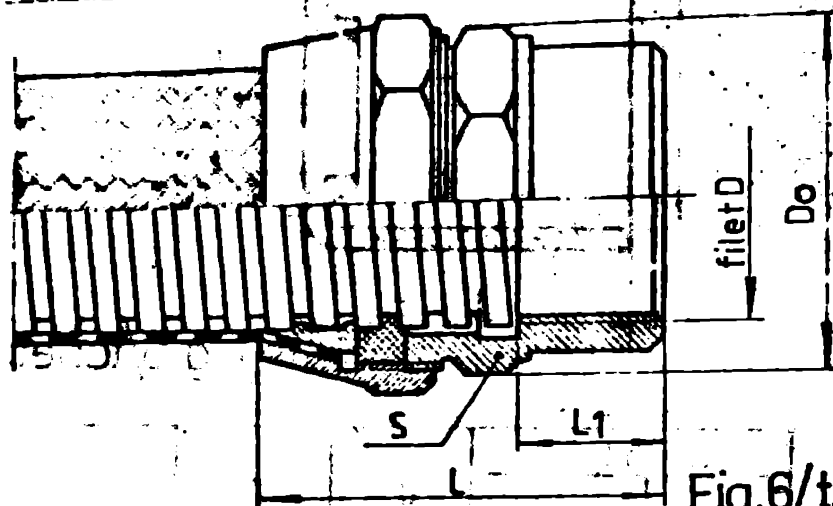


Fig.6/tabelul 1.3

Diametrul nominal al tubului Dn mm	5	6	8	10	12	14	20	25	30
Do mm	26,75	26,75	33,50	33,50	40	45,60	51,30	61,30	72,60
Deschiderea cheii S mm	24	24	30	30	36	41	46	55	65
d mm	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2	G5/8	G3/4	G1	G1 1/4	G1 1/2
L mm	81	81	92	92	103	113	124	136	147
L1 mm	11	11	15	15	19	23	23	27	31

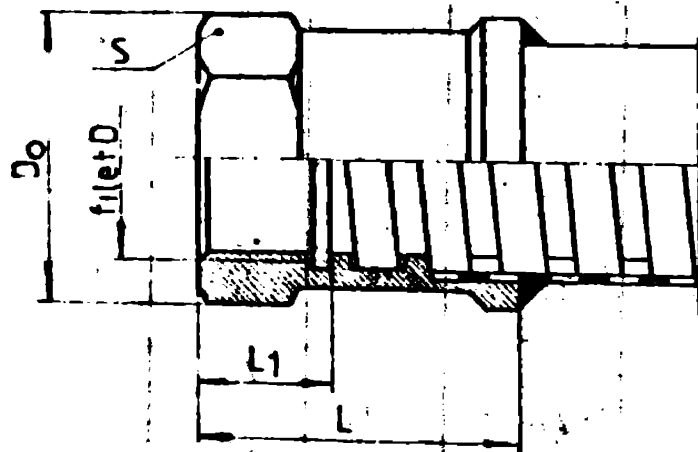


Fig.7/tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului Dn mm	8	10	12	16	20	25	30	35	40
Do mm	33,50	40	45,60	51,30	61,30	61,30	72,60	76	83,40
Deschiderea cheii S mm	30	36	41	46	55	55	65	70	75
d mm	G1/2	G5/8	G3/4	G7/8	G1 1/4	G1 1/4	G1 1/2	G1 5/8	G2
L mm	38	43	45	54	63	69	76	82	91
L1 mm	11	11	13	21	21	22	25	25	28

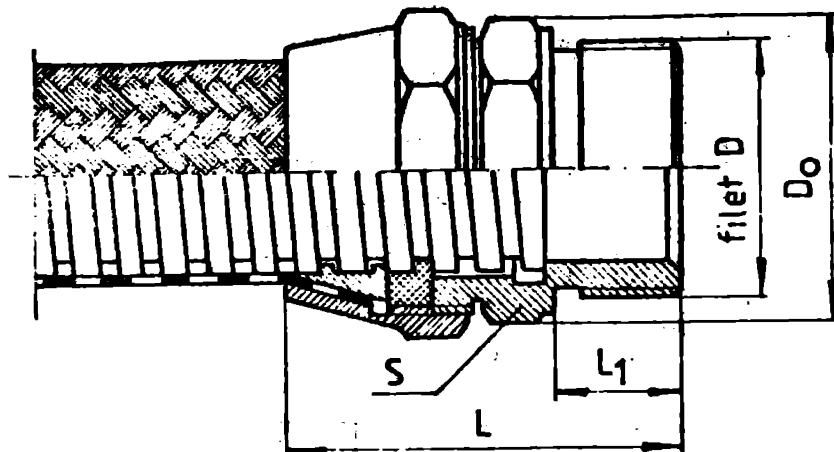


Fig.8/tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului D_n mm	D_0 mm	Deschiderea cheii S mm	d tol	L mm	L_1 mm
5	26,75	24	G $\frac{3}{8}$	42	14
6	26,75	24	G $\frac{3}{8}$	42	14
8	33,50	30	G $\frac{1}{2}$	46	18
10	33,50	30	G $\frac{1}{2}$	46	18
12	40,00	36	G $\frac{5}{8}$	48	18
14	45,60	41	G $\frac{3}{4}$	50	20
20	51,30	46	G 1	65	25
25	61,30	55	G $1\frac{1}{4}$	70	28
30	72,60	65	G $1\frac{1}{2}$	78	28
32	72,60	65	G $1\frac{1}{2}$	78	28
38	76	70	G $1\frac{3}{4}$	85	30
40	83,40	75	G 2	90	30
45	92	80	G $2\frac{1}{4}$	95	30
50	92	80	G $2\frac{1}{4}$	95	30
55	103	90	G $2\frac{1}{2}$	110	30
60	103	90	G $2\frac{1}{2}$	110	30

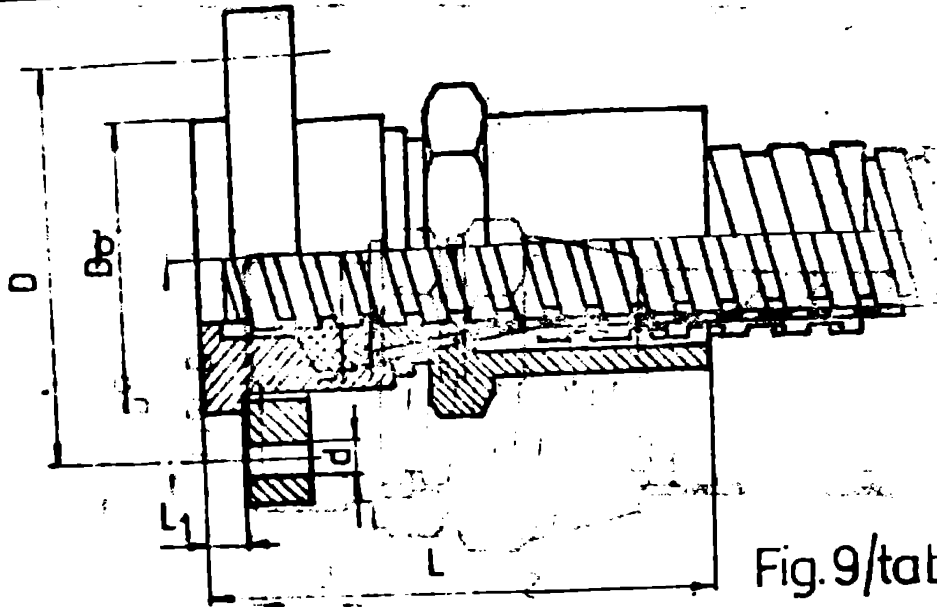


Fig.9/tab

Diametrul nominal al tubului Dn - mm	16	20	25	32	40	50
d - mm	14	14	14	18	18	18
D0 - mm	45	58	68	78	88	102
D - mm	65	75	85	100	110	125
L - mm	65	70	80	90	100	110
L1 - mm	10	12	12	12	12	14
Greutatea daN	0,99	1,21	1,65	2,87	3,25	4,60

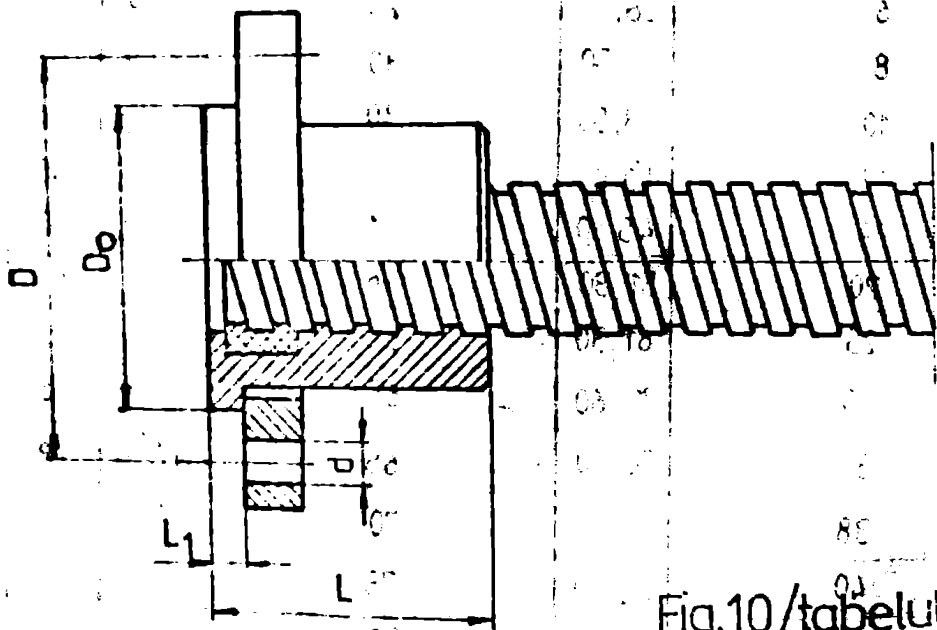


Fig.10/tabelul 1.53

Diametrul nominal al tubului Dn - mm	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
d - mm	14	14	14	18	18	18	18	18	23	28
D0 - mm	34	38	45	50	60	70	82	102	114	130
D - mm	95	95	105	115	140	150	165	185	200	230
L - mm	22	22	25	28	32	36	40	42	45	50
L1 - mm	5	5	6	6	6	8	8	10	10	10
Greutatea daN	0,10	0,12	0,15	0,17	0,22	0,26	0,32	0,42	0,50	0,65

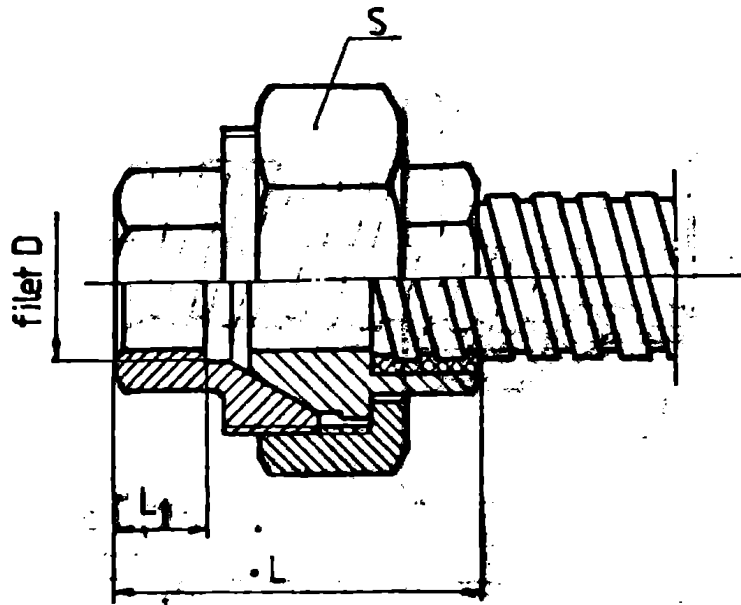


Fig.11/tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului Dn-mm	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
Filet D - tol	G 1/2	G 1/2	G 3/4	G 1	G 1 1/4	G 1 1/2	G 2	G 2 1/2	G 3	G 4
L - mm	48	48	52	58	65	70	78	85	95	110
L1 - mm	18	18	20	25	28	28	30	35	40	45
Deschiderea cheii S - mm	44	44	48	54	67	73	90	110	123	154
Greutatea daN	0,23	0,23	0,28	0,37	0,61	0,75	1,20	1,78	2,40	4,60

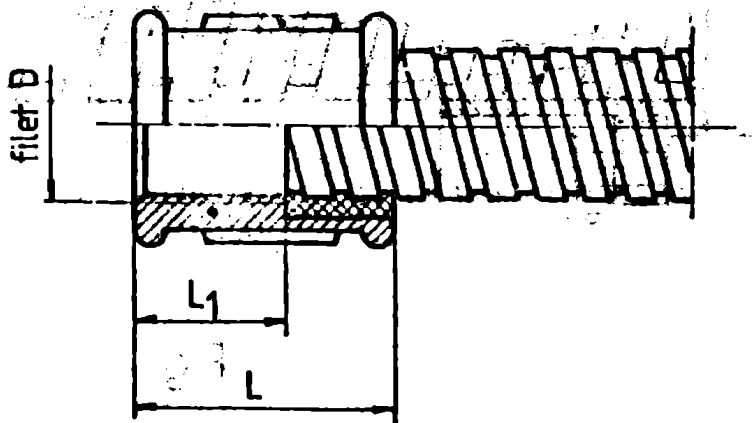


Fig.12/tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului Dn-mm	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
Filet D - tol	G 1/2	G 1/2	G 3/4	G 1	G 1 1/4	G 1 1/2	G 2	G 2 1/2	G 3	G 4
L - mm	36	36	39	45	50	55	65	74	80	95
L1 - mm	18	18	20	25	28	28	30	35	40	45
Greutatea daN	0,07	0,07	0,09	0,13	0,20	0,27	0,42	0,60	0,85	1,54

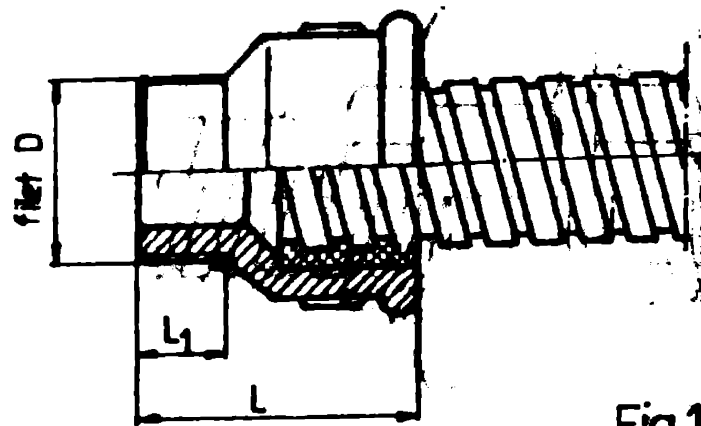


Fig.13/tabelul 138

Diametrul nominal al tubului D_n - mm	12	16	20	25	32	40	50
Filet D - tol	G 1/2	G 1/2	G 3/4	G 1	G 1 1/4	G 1 1/2	G 2
L - mm	43	43	48	55	60	60	70
L ₁ - mm	18	18	20	25	28	28	30
Coeficientul α daN	0.07	0.07	0.10	0.14	0.21	0.27	0.40

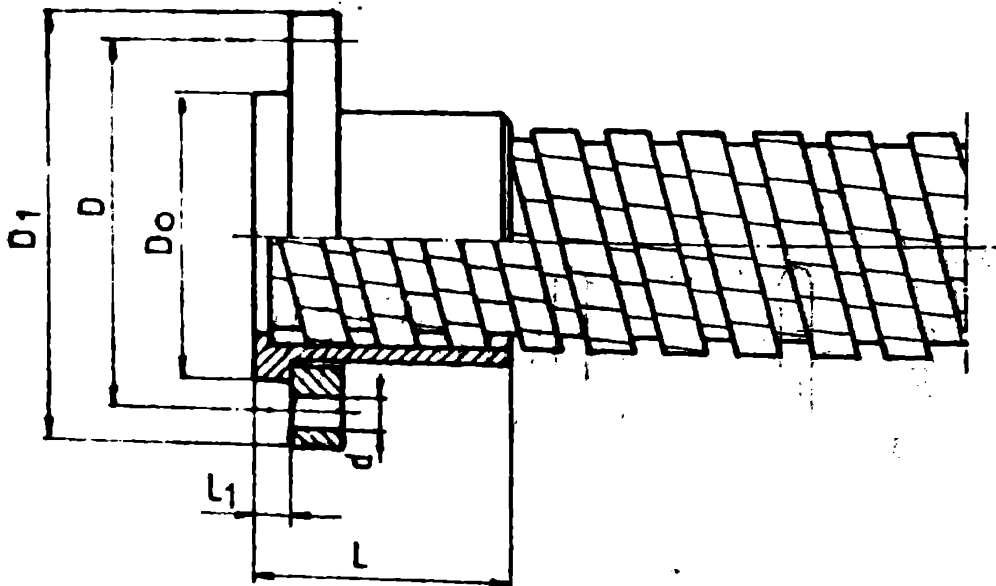


Fig.14/tabelul 138

Diametrul nominal al tubului D_n - mm	50	60	70	80	100	120	125	150	180	200	250
D ₁ - mm	110	120	130	140	170	190	200	230	270	290	350
D ₀ - mm	80	90	100	110	140	160	170	200	230	250	300
D - mm	90	100	110	120	150	170	180	210	245	265	320
d - mm	95	95	95	95	95	95	95	95	115	115	14
L ₁ - mm	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
L ₂ - mm	5	5	5	5	6	6	6	6	8	8	8
L - mm	32	33	33	33	33	38	38	39	36	38	39
Coeficientul α daN	0.39	0.47	0.55	0.60	0.86	1.19	1.34	1.66	2.40	2.65	3.53

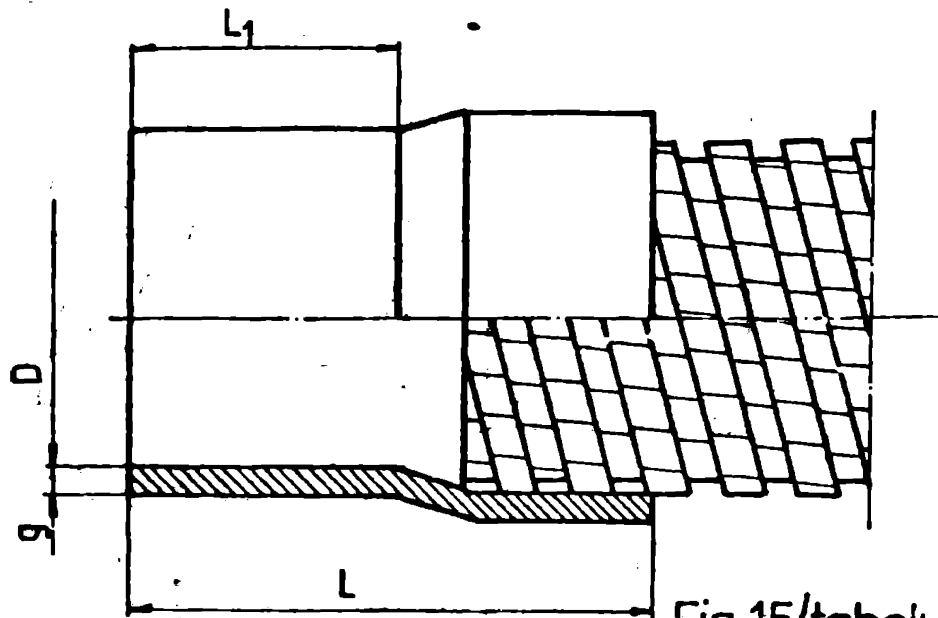


Fig.15/tabelul 138

Diametrul nominal al tubului Dn - mm	40	50	60	70	80	100	120	125	150	180	200
D - mm	40	50	60	70	80	100	120	125	150	180	200
g - mm	1	1	1	1	1	1	1	1	1,25	1,25	1,25
L ₁ - mm	50	70	70	80	80	100	100	100	100	120	140
L - mm	80	100	100	120	120	140	150	150	150	180	200
Greutatea daN	0,09	0,13	0,16	0,22	0,25	0,35	0,46	0,48	0,57	0,82	1,02

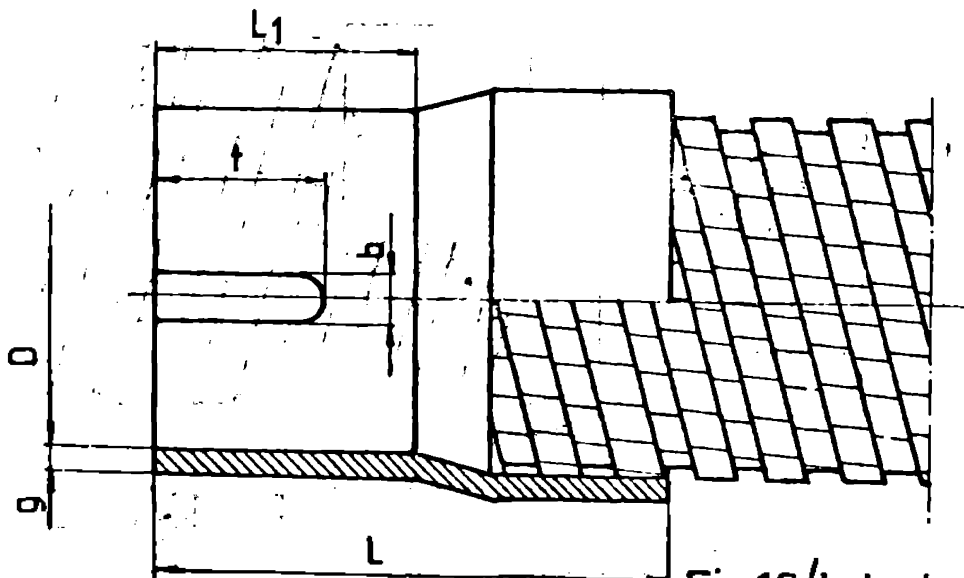


Fig.16/tabelul 138

Diametrul nominal al tubului Dn - mm	40	50	60	70	80	100	120	125	150	180	200
D - mm	40	50	60	70	80	100	120	125	150	180	200
g - mm	1	1	1	1	1	1	1	1	1,25	1,25	1,25
f - mm	30	40	40	40	40	50	50	50	55	60	70
L ₁ - mm	50	70	70	80	80	100	100	100	100	120	140
L - mm	80	100	100	120	120	140	150	150	150	180	200
b - mm	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Greutatea daN	0,09	0,13	0,16	0,22	0,25	0,35	0,46	0,48	0,57	0,82	1,02

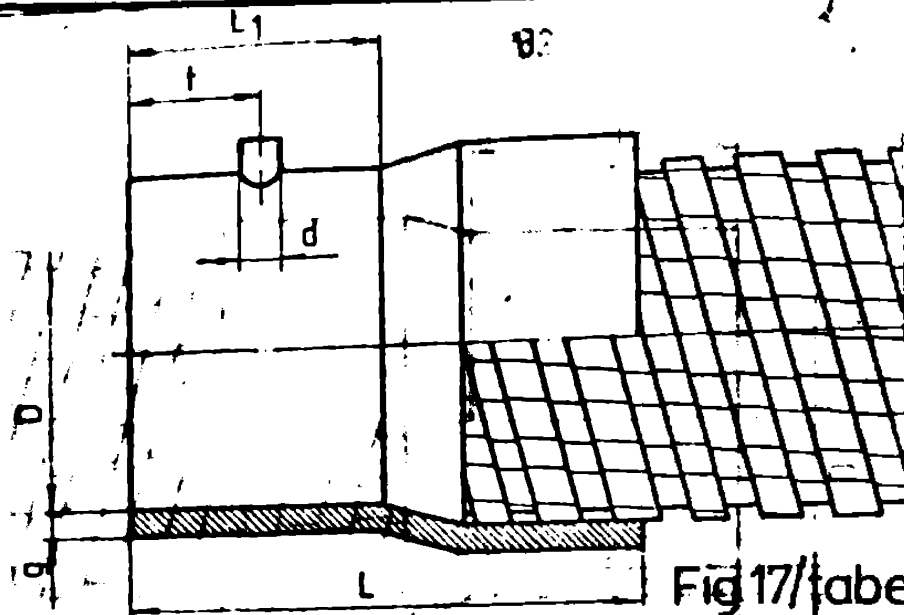


Fig 17/tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului D_n -mm	50	60	70	80	100	120	125	150	180	200	250	300
D - mm	54	65	75	85	102	122	127	153	183	203	254	304
d - mm	8	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10
t - mm	20	20	20	20	20	20	20	30	30	40	40	40
L_1 - mm	50	50	50	50	60	60	60	70	80	90	90	130
L - mm	80	85	85	90	100	110	110	120	140	150	160	180
Greutatea ca N	0,16	0,28	0,32	0,38	0,25	0,32	0,35	0,69	0,96	1,15	2,04	2,74

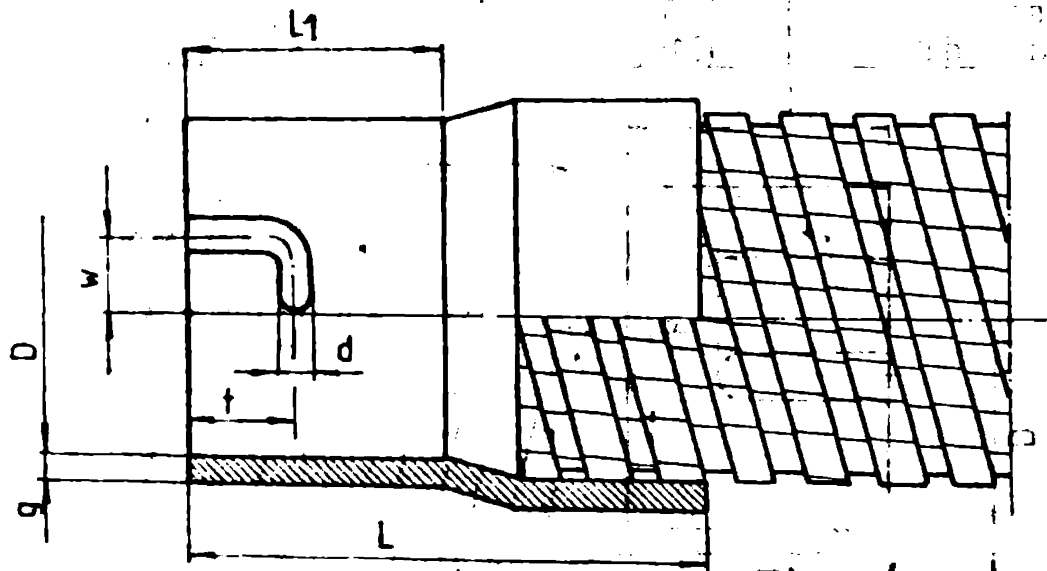


Fig.18/tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului D_n -mm	50	60	70	80	100	120	125	150	180	200	250	300
D_n -mm	54,5	66	76	86	103	123	128	154	184	204	255	305
d -mm	9	9	9	9	9	9	9	9	11	11	11	11
t -mm	20	20	20	20	30	30	30	30	40	40	40	40
w -mm	15	15	15	15	25	25	25	25	30	30	30	30
L_1 -mm	50	50	50	50	60	60	60	70	80	90	90	130
L -mm	80	85	85	90	100	110	110	120	140	150	160	180
Greutatea ca N	1	1	1	1	1	1	1	1,25	1,25	1,25	1,25	1,5
Greutatea ca N	0,23	0,29	0,33	0,40	0,26	0,33	0,36	0,71	0,98	1,17	2,06	2,77

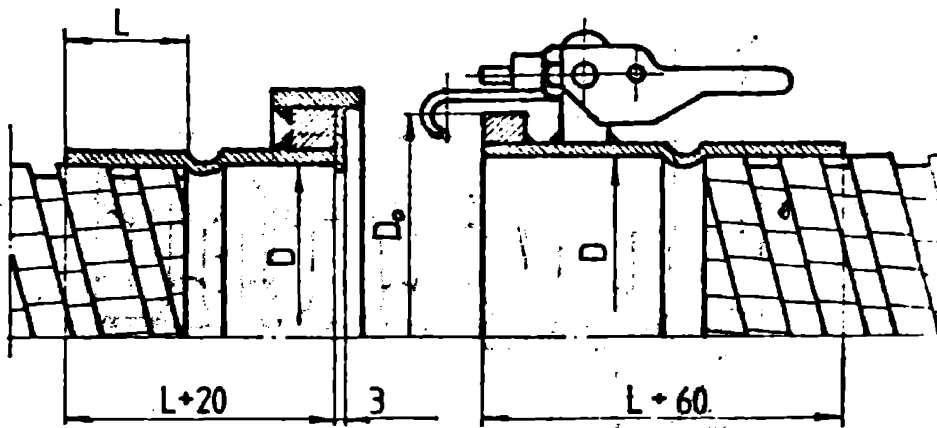


Fig.19/tabelul 138

Diametrul nominal al tubului Dn-mm	50	60	70	80	100	120	125	150	180	200	250	300
D_o -mm					144	164	169	196	226	250	300	350
D -mm	56	67	77	87	109	129	134	161	191	216	264	312
δ -mm	1	1	1	1	15	15	15	15	15	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3

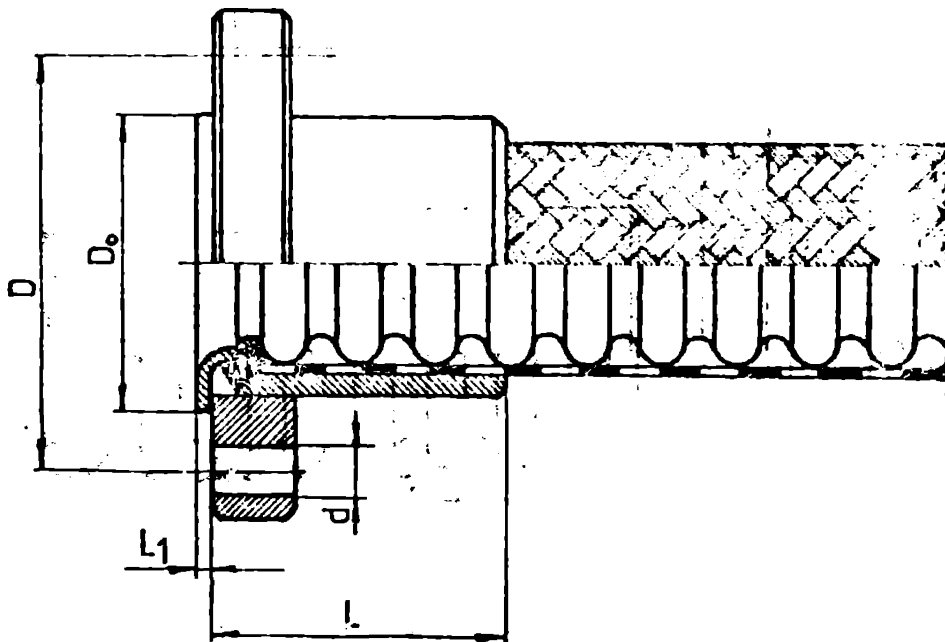


Fig.20/tabelul 138

Diametrul nominal al tubului Dn-mm	10	16	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
D_o -mm	40	45	54	68	78	88	102	122	138	165	198	232
L_1 -mm	3	3	3	3	35	35	35	35	4	4	7	7
L -mm	19	23	28	28	33	35	39	48	51	57	60	56
Greutatea daN \approx	0,63	0,71	0,84	1,15	1,68	1,90	2,21	2,88	3,55	4,5	5,5	6,0

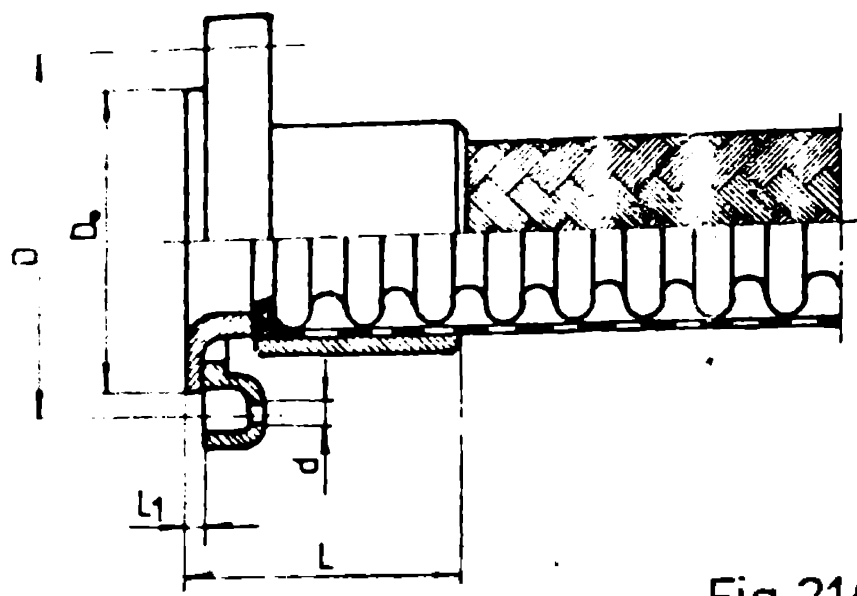


Fig. 21/tabelul 1.3

Diamestrul nominal al rodului Dn - mm	16	20	25	32	40	50	65	80	100
D_o - mm	45	58	68	78	88	102	122	138	158
d - mm	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	4	4
L - mm	23	28	33	35	39	48	51	53	60
Forța de tracțiune daN	0,27	0,34	0,40	0,57	0,79	1,06	1,42	1,64	2,28

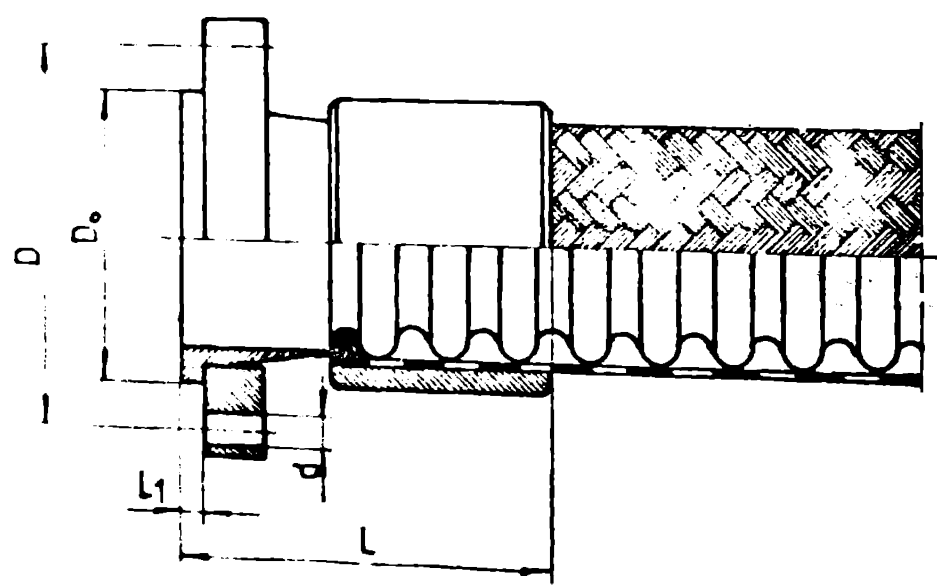


Fig. 22/tabelul 1.3

Diamestrul nominal al rodului Dn - mm	10	16	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
D_o - mm	40	45	58	63	78	88	102	122	138	158	188	212
d - mm	10	10	12	12	12	12	14	14	16	16	18	18
Forța de tracțiune daN	0,27	0,34	0,40	0,57	0,79	1,06	1,42	1,64	2,28	2,73	3,77	4,84

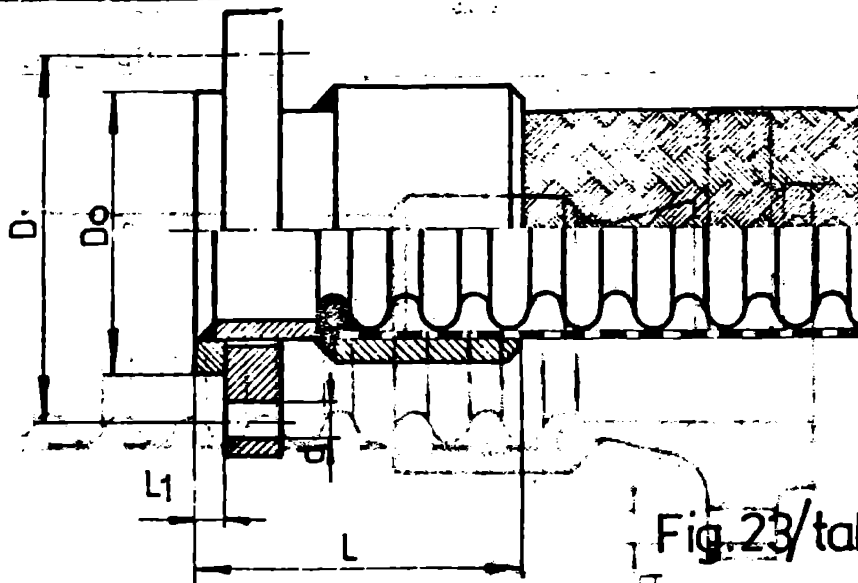


Fig. 23/tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului, D_n - mm	10	16	20	25	32	40	50	65	80	100	125	50
D_o - mm	40	45	58	68	78	88	102	122	138	158	188	212
L_1 - mm	10	10	12	12	12	12	14	14	16	16	18	18
L - mm	55	59	62	69	71	73	82	85	93	100	115	119
D - mm	40	45	50	55	65	75	90	100	110	130	150	170
d - mm	11	11	11	11	11	11	14	14	14	14	18	18
Greutatea daN	0,72	0,84	1,08	1,48	2,18	2,46	3,08	3,90	5,00	5,75	6,00	9,80

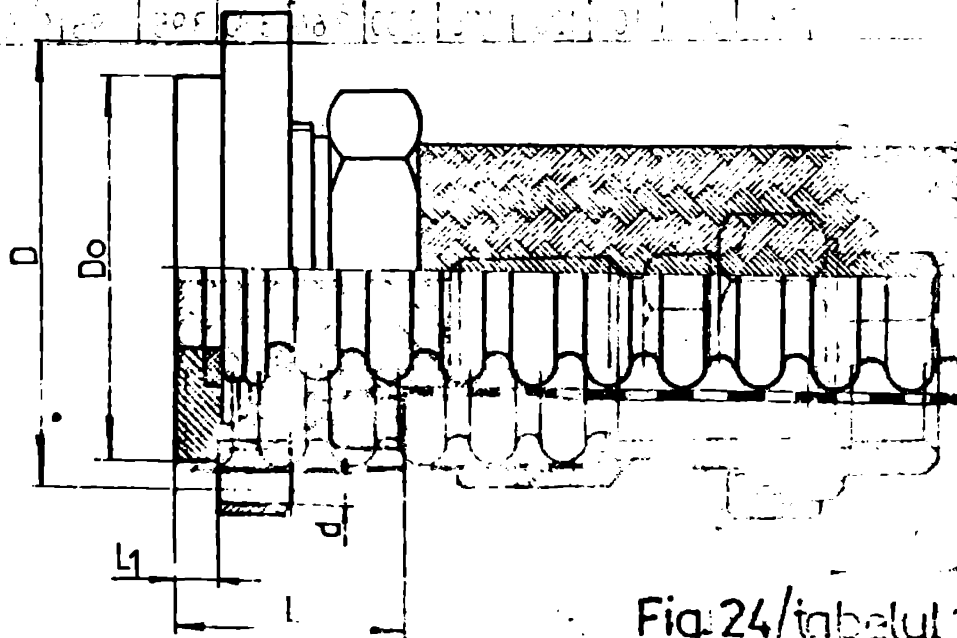


Fig. 24/tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului D_n - mm	10	12	20	25	32	40	50
D_o - mm	40	46	58	68	78	88	102
L_1 - mm	7	3	8	10	10	12	14
L - mm	28	35	35	38	40	45	55
D - mm	40	45	50	55	65	75	90
d - mm	11	11	11	11	11	11	14
Deschiderea cheii S mm	27	32	38	46	55	65	80
Greutatea daN	0,65	0,76	0,95	1,32	1,91	2,23	2,65

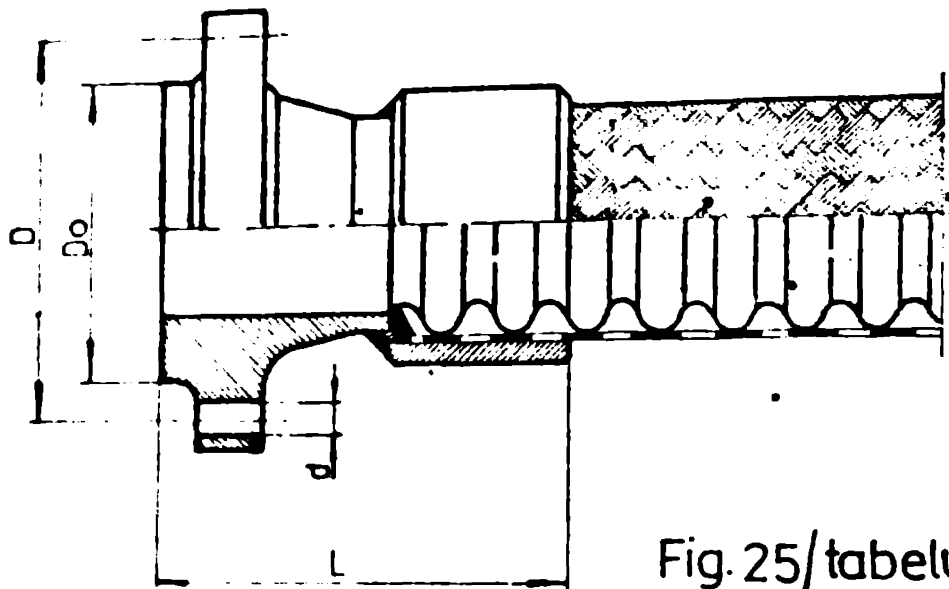


Fig. 25/tabelul 1.38

Diamețul nominal al tubului D_n -mm	10	16	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
D_o mm	40	45	58	68	78	88	102	122	138	158	188	212
L mm	45	49	54	56	60	64	70	73	80	84	91	95
D mm	40	45	50	55	65	75	90	100	110	130	150	170
d mm	11	11	11	11	11	11	14	14	14	14	18	18
Greutatea da D	0,60	0,67	1,00	1,20	1,76	2,00	2,66	3,30	3,95	4,95	6,75	8,35

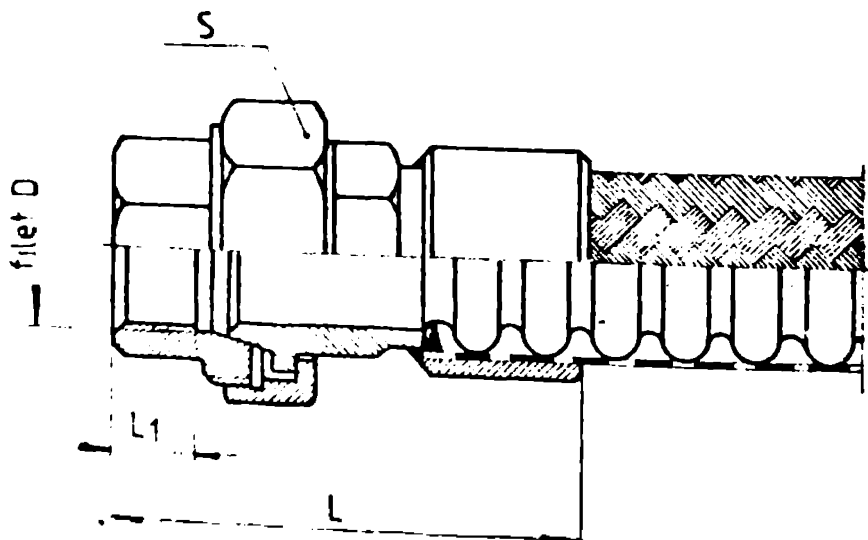


Fig. 26/tabelul 1.38

Diamețul nominal al tubului D_n -mm	8	10	12	16	20	25	32	40	50
Filet D mm	G1/4	G3/8	G1/2	G1/2	G3/4	G1	G1 1/4	G1 1/2	G2
L_1 mm	14	16	18	18	20	22	24	26	30
L mm	62	64	71	73	81	88	98	107	119
Deschideri teacă S -mm	28	32	39	39	48	54	67	73	90
Greutatea da D	0,12	0,14	0,19	0,20	0,33	0,44	0,72	0,98	1,37

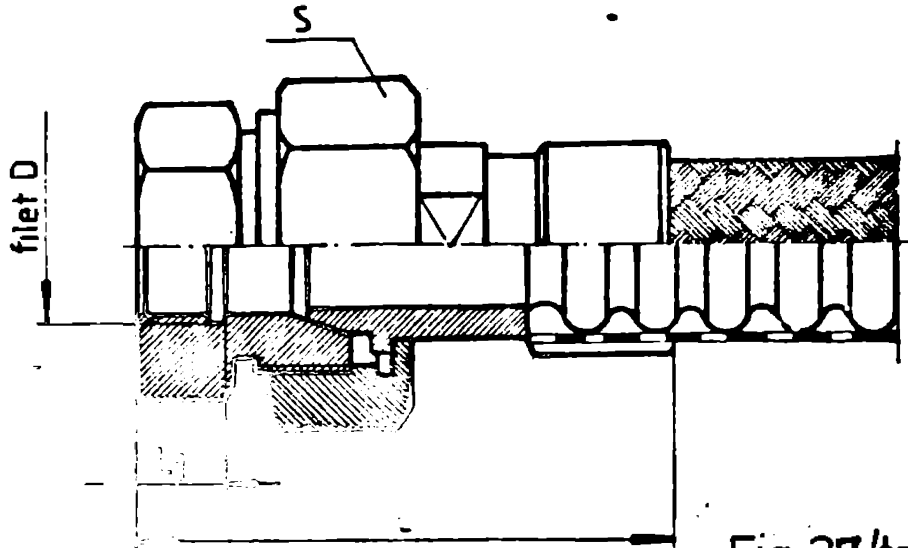


Fig. 27/tabelul 1. 38

Diometrul nominal al tubului Dn mm	8	10	12	16	20	25	32	40	50
Filet D tol	G1/4	G3/8	G1/2	G1/2	G3/4	G1	G1 1/4	G1 1/2	G2
L1 mm	14	16	18	18	20	22	24	26	30
L mm	52	55	61	65	74	83	91	98	108
Deschiderea cheii S mm	22	24	27	32	36	46	50	60	70
Greutatea daN	0,08	0,11	0,12	0,17	0,24	0,36	0,46	0,73	0,96

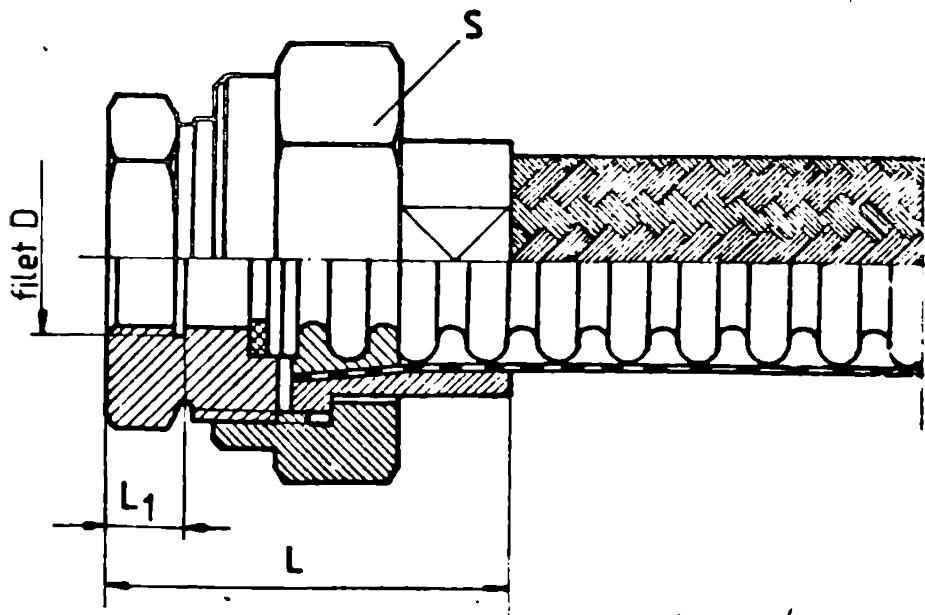


Fig. 28/tabelul 1. 38

Diometrul nominal al tubului Dn mm	8	10	12	16	20	25	32	40	50
Filet D tol	G1/4	G3/8	G1/2	G1/2	G3/4	G1	G1 1/4	G1 1/2	G2
L1 mm	14	16	18	18	20	22	24	26	30
L mm	34	40	46	46	50	54	60	64	70
Deschiderea cheii S mm	27	30	34	41	50	55	67	75	85
Greutatea daN	0,09	0,11	0,16	0,24	0,33	0,43	0,65	0,72	0,85

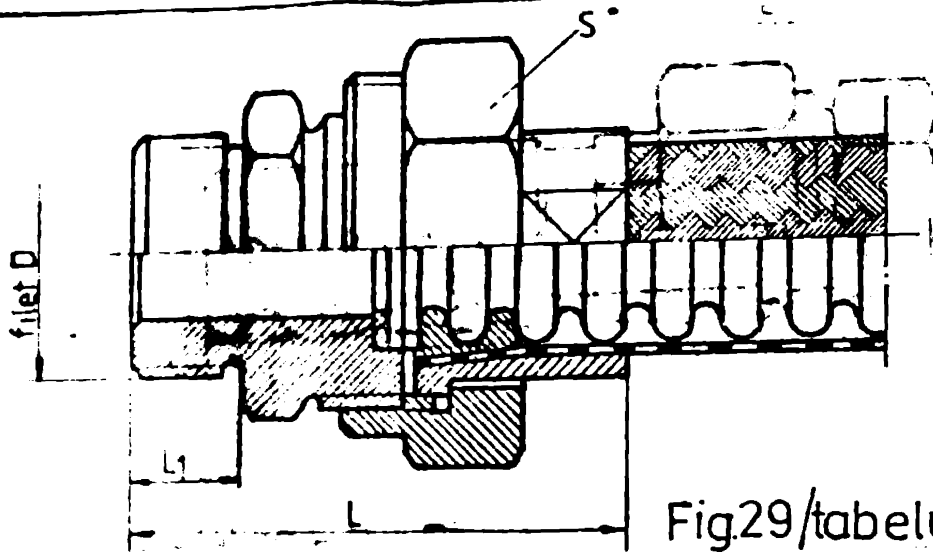


Fig.29/tabelul 1.38

Diametrul nominal al robului Dn mm	8	10	12	16	20	25	32
Filet D tot	G 1/4	G 3/8	G 1/2	G 1/2	G 3/4	G 1	G 1 1/4
L1 mm	4	16	18	18	20	22	24
L mm	45	52	58	58	65	72	80
Deschiderea cheii S mm	27	30	34	41	50	55	67
Greutatea dat.	0,10	0,12	0,17	0,25	0,39	0,51	0,84

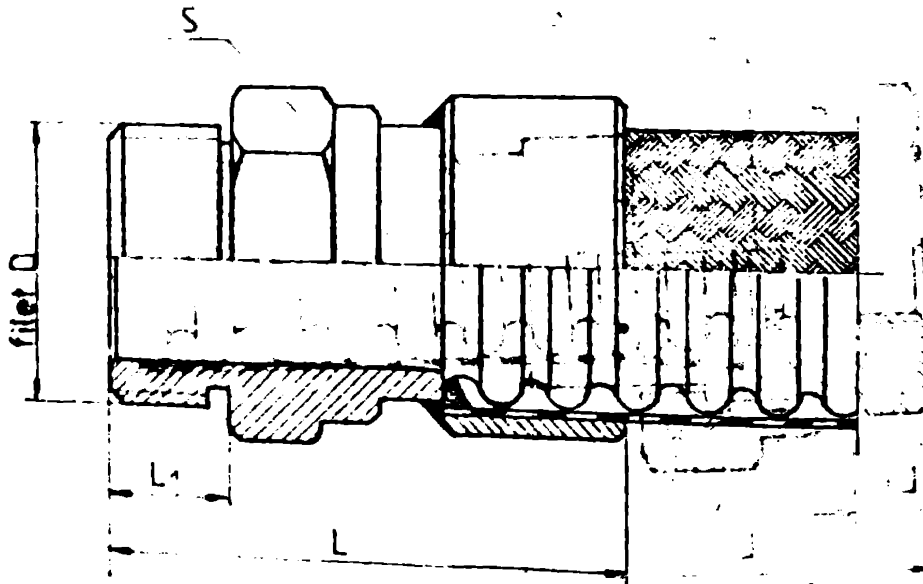


Fig.30/tabelul 1.38

Diametrul nominal al robului Dn mm	8	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80
Filet D tot	G 1/4	G 3/8	G 1/2	G 1/2	G 3/4	G 1	G 1 1/4	G 1 1/2	G 2	G 2 1/2	G 3
L1 mm	14	16	18	18	20	22	24	26	30	34	38
L mm	40	42	47	49	55	60	65	70	77	83	90
Deschiderea cheii S mm	19	22	27	27	32	41	50	55	70	85	100
Greutatea dat.	0,25	0,06	0,08	0,08	0,12	0,18	0,26	0,29	0,49	0,85	1,25

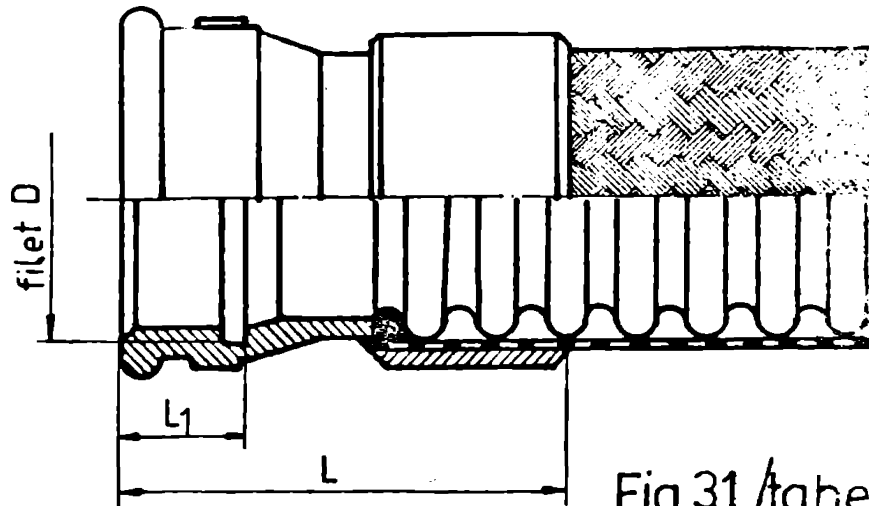


Fig.31 / tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului D_n mm	8	10	12	16	20	25	32	40	50
Filet D tol	G1/4	G3/8	G1/2	G1/2	G3/4	G1	G1 1/4	G1 1/2	G2
L_1 mm	14	16	18	18	20	22	24	26	30
L mm	36	40	47	49	54	58	66	72	75
Greutatea daN	0,04	0,05	0,07	0,08	0,12	0,16	0,25	0,31	0,50

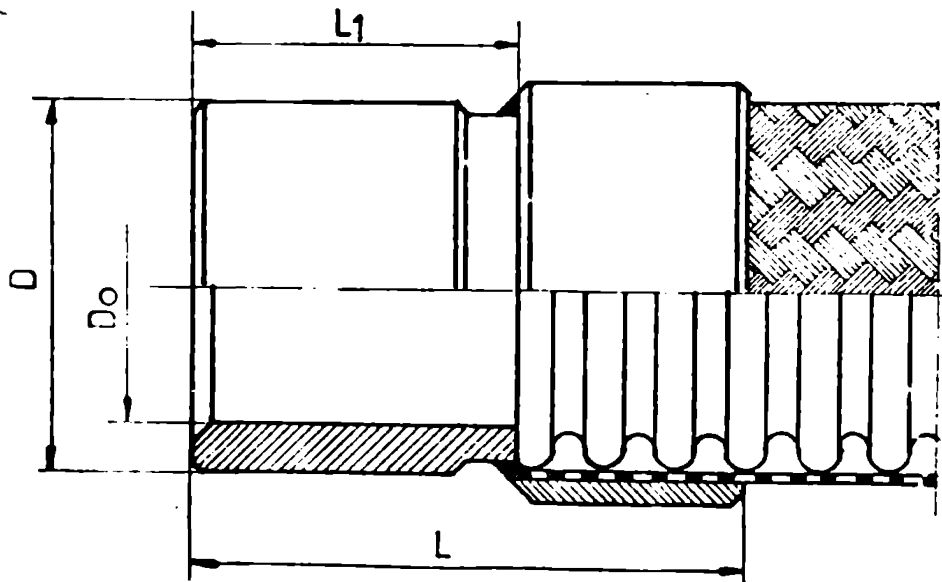


Fig. 32 / tabelul 1.38

Diametrul nominal al tubului D_n mm	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
D_o mm	9,9	13,6	17,3	22,5	28,5	37,2	43,1	54,5	70,3	82,5	107,1
D mm	13,5	17,2	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9	114,3
L_1 mm	55	55	60	60	65	65	70	70	75	80	85
L mm	65	67	74	76	83	85	92	95	103	110	117
Greutatea daN	0,05	0,06	0,08	0,13	0,18	0,24	0,30	0,42	0,62	0,79	1,12

1.3.11. Echivalarea tuburilor flexibile în simboluri românești cu cele străine

În tabelul 1.39 se prezintă simbolurile românești la tipurile de tuburi flexibile fabricate pe plan mondial și în țară, precum și simbolurile practicate de câteva țări mari producătoare de astfel de produse.

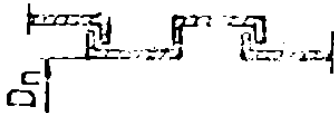
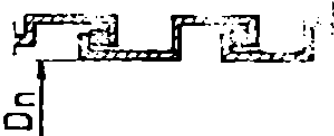




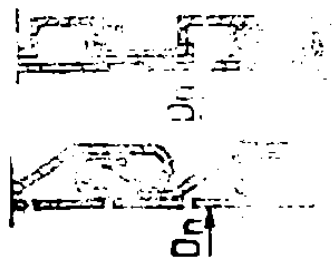

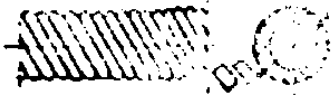
Se constată că se folosește o mare varietate de simboluri și că urmând modul de codificare prezentat anterior toate tipurile de tuburi sînt univoc determinate.

Tabelul 1.39 permite recunoașterea și încadrarea de către specialiști a tuburilor flexibile utilizate în unul dintre tipurile ce se fabrică obișnuit, orientarea succintă în utilizarea lor și obținerea unor date privind caracteristicile limită: diametrul nominal, presiunea nominală și temperatura de lucru.

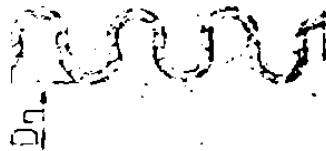




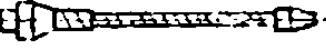
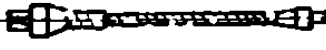
Figura 1.39. Simbolizarea românească și echivalențele
 Recomandări de utilizare și principalele

Nr. crt.	Simbol RSR	Simbol P.F.G.	Simbol Italia	Simbol R.S.C.	Caracteristici	
					Diametrul nominal D (mm)	h (mm)
0			3	4	5	6
1	SPD	DE, AP	AP, DE, DE ₂ , DE ₃ , APV	A 10, A 30, AA 10	4-600	max 0,12
	SPD A(B,C)	SI	AG ₁ , AG ₂	C 110, C 310, C 510, C 116, C 516, C 130	4-430	0,12-0,08
3	R ₂ N A(B,C)	US	USA	L 120	6-180	max 0,12
4	N A(B,C)	WK		F 110, E 114, F 130, F 630, F 154, F 635	4-220	41-6
5	P A(B,C)	BO	BO ₁ , BO ₂	G 130, G 134, G 630, G 634, G 635, G 1344	4-16	20-15
6	SA-A	SA, HU	DH, DHV	D 10	12-250	64-4
7	SA-A(B)	AKS, WI	SIL	CZ 130, CX 130	12-400	max 0,12
	SA-A(B)	IR		110, DX 130, UZ 130	20-50	
8	SA-A(B)	IX, IX ₁ , IX ₂	DEXRT	CH 110, CH 116, CH 130, CH 310, CH 316	6-400	70-0,12
					9-55	

ei în câteva țări mari producătoare de țesături
caracteristici tehnice limită

Temperatura °C	Recomandări pentru utilizare	Secțiune sau vedere prin câștig
7	8	9
max. 600	Protecția mecanică și la temperatură a caburilor și conductorilor electrici și a furtunurilor parcurse de lichide.	
max. 600	Idem 1. Conducerea și scurgerea liberă a lichidelor. Transportul pneumatic al prafului, talajului, etc. Evacuarea gazelor arse, vaporilor, etc.	
max. 600	Idem 2. Construcția arborilor flexibili.	
max. 600	Conducerea lichidelor și gazelor sub presiune.	
max. 600	Idem 4.	
max. 600	Transportul materialelor lichide ca: asfalt cald, produse petroliere, apă, produse chimice, lichide inflamabile și gaze.	
max. 400	Transportul pneumatic a legumelor, cerealelor, prafului, materialelor granulare, cimentului, nisipului, etc. Transportul substanțelor explozive. Construcția arborilor flexibili și a transportoarelor cu melc.	
max. 400	Eșaparea gazelor arse. Realizarea instalațiilor de încălzire la autovehicule. Transportul vaporilor, prafului, prafului.	Idem poz. 1-7 
max. 30	Izolarea și protecția caburilor electrice în spații uscate.	

1	2	3	4	5	6	
D	OS	MF, MS, MZ, MT-Z	MS, MT, OP, PR	TATO, TA 4, TA 44, TB 4, TOD, TC 4, TC 44.	3-350	160-2
H	OC	RS, RS-S; RS-E, RS-H, RZ, RZ-H			5-300	360-05
I	OL-MT				6-100	23-5
J	OSS	BS, KS		SO, S4, S44, ES	5-200	250-0,2
K	SSP			OSB, K 10	1-15	
L	RA	FR 2, FR 21, FR 22			5-25	1-05
M	FR	BA				

7	8	9
-196 la +600	Transportul lichidelor și gazelor la presiuni și temperaturi mari.	
-196 la +600 °C	Idem 10.	
-196 la +600 °C	Compensatoare de dilatație. Elemente în compoziția instalațiilor de presiune sau temperatură.	
-196 la -600 °C	Transportul lichidelor și gazelor la presiuni și temperaturi ridicate.	
max. 100	Construcția arborilor flexibili de acționare și de comandă.	
max. 60	Conducerea lichidelor la sculele mașinilor de prelucrare prin așchiere.	
max. 20	Susținerea lămpilor de iluminat local, a microfoanelor, etc.	

2. NOȚIUNI DE CALCUL ȘI PROIECTARE ALE TUBURILOR METALICE FLEXIBILE

2.1. Alegerea tipului de tub flexibil funcție de condițiile de exploatare

Pentru ca alegerea tuburilor flexibile să se facă corect se dau în continuare câteva noțiuni și indicații de specialitate.

Diametrul nominal D_n se definește ca fiind valoarea cotei interioare de trecere prin tubul flexibil sau prin racordurile de la capete.

Lungimea nominală L_n este valoarea cotei de gabarit a tubului flexibil cu anele racorduri montate și axe nedeforantă, în stare liberă, fără solicitări la întindere sau compresione.

Lungimea activă L_a este diferența dintre lungimea nominală și suma cotelor de gabarit L , a celor două racorduri.

Diametrul exterior D_e se definește ca fiind valoarea cotei măsurată la exterior într-un plan perpendicular pe axe tubului cuprinzând profilul tubului, împletitura exterioară sau a altor asemenea protecții.

Presiunea nominală P_n este presiunea determinată de fabricant prin încercări pe probe la $7-20^\circ\text{C}$ în condiții normale de exploatare pentru care tubul este garantat.

Presiunea de spargere P_s este acea presiune la care tubul flexibil în condiții normale de temperatură își pierde etanșeitățile.

Presiunea de lucru admisă P_m este acea presiune care se determină prin calcul atunci când tubul flexibil lucrează la o temperatură mai mare și diferită de 20°C .

Raza minimă de îndoire R_1 este acea rază determinată de fabricant până la care este permisă îndoirea tubului flexibil fiind garantată durata de serviciu prescrisă în condiții normale de exploatare.

Raza minimă de îndoire la temperatură de lucru R_{1T} este raza recomandată sau determinată grafic atunci când tubul flexibil lucrează la o temperatură mai mare decât 20°C .

Mișcarea tubului poate fi: axială, laterală sau unghiulară. Mișcarea axială are loc atunci când tubul flexibil se comprimă sau se întinde păstrând axe nedeforantă. Mișcarea laterală are loc atunci când cel puțin unul din racordurile tubului flexibil se deplasează perpendicular față de celălalt în planul format de bucla tubului pe una din di-

reacțiile orizontale sau verticale. Mișcarea unghiulară are loc atunci când unul din răscurile tubului este fix iar celălalt se deplasează și descrie un arc de cerc, tubul fiind inițial cu axa nedeformată. În toate cazurile de mișcare trebuie să se evite torsionarea. Torsionile, comprimările axiale sau întinderile tubului flexibil trebuie evitate. Pentru asigurarea acestor mișcări se vor utiliza compensatori de dilatație care reprezintă o soluție tehnică mai economică și mai bună.

Fiabilitatea tubului se exprimă prin numărul de oscilații pe care le poate efectua solicitat la parametri nominali până la apariția primelor neetanșități. Acest număr este de ordinul 10^5 oscilații. Pentru un număr de oscilații mic de ordinul 1-5 îndoiri se vor utiliza tuburi garantate la solicitări statice și numai pentru compensarea non-tării.

Fiabilitatea depinde de mulți factori dintre care mai importanți sunt: presiunea de lucru, temperatura de lucru, raza de îndoire, frecvența și natura mișcărilor, variațiile de presiune, solicitarea la torsiune, comportarea corozivă a mediului interior și exterior.

Indicii tehnico-economici obținuți în cazul utilizării, tuburilor flexibile sunt determinați, deopotrivă, de calitatea intrinsecă a acestora și de modul în care se face alegerea tuburilor de urzucă și se utilizează într-un anumit scop.

Pentru alegerea tuburilor flexibile este nevoie a se cunoaște absolut totul despre procesul pe care îl execută utilajul, despre agentul purtător de energie, condițiile de exploatare durată de serviciu dorită precum și condițiile de utilizare.

Criteriile ce stau la baza alegerii tuburilor flexibile sunt următoarele: dimensiunile nominale (diametru, lungime), raza minimă de îndoire, tipul de montaj, temperatura de exploatare, etanșitatea, agresivitatea chimică a mediului cu care vine în contact, presiunea de lucru, tipul solicitării (stative, cu șoc sau pulsatoriu), frecvența și amplitudinea mișcării și natura fluidului purtător de energie.

Diametrul nominal se stabilește ținând seama de necesitățile procesului pe care îl deserveste tubul flexibil, aceasta fiind un organ de mașină ce conține un circuit canoscut.

Tuburile flexibile utilizate la protecția cablurilor electrice se aleg în variante etanșate sau neetanșate după cum există sau nu posibilitatea pătrunderii fluidelor necorite în tub.

Tuburile flexibile care se utilizează ca organ de mașină la care fluxul de putere se transmite cu șoc se aleg având în vedere frecvența șocurilor, mărimea acestora și viteza de creștere a presiunii

(bar/s).

Pentru fiecare din cele trei variabile se va reduce presiunea nominală prin coeficientul de siguranță K_s . Coeficientul de siguranță K_s are valoarea 1,5 pentru fiecare din cele trei variabile și se aplică în următoarele cazuri: frecvența șocurilor peste 5 șocuri/oră, mărimea șocului $(1,5-2) \cdot p_n$, viteza de creștere a presiunii peste 100 bar/s. Atunci când cele trei variabile acționează simultan coeficientul de siguranță este 4,5.

Pulsațiile apar la întreruperea bruscă a circuitului și în acest caz presiunea nominală se împarte la doi.

La viteze de curgere a fluidului prin tuburile flexibile mai mari de 45 m/s apar vibrații care se pot diminua prin alegerea unor tuburi cu interiorul neted (SR_{4M}).

Mișcările relative due la îndoiri repetate și provoacă fenomenul de oboseală al tubului care poate fi: oboseală simplă când mișcarea are amplitudine mare și frecvență joasă, oboseala prin vibrații la rezonanță sau vibrații proprii când mișcarea are amplitudine mică și frecvență înaltă și oboseală prin pulsații când în tub au loc cicluri de presiune.

Tuburile supuse obosealii simple se aleg din materiale cu rezistență la rupere mai mică, în timp ce la solicitările prin vibrații se aleg din oțelurile elixate cu rezistență la rupere ridicată și vor fi de înaltă flexibilitate.

Pentru calculul și alegerea tuburilor flexibile se vor determina în ordine următoarele: tipul tubului și diametrul nominal, materialul din care este confecționat, presiunea de lucru, raza minimă de îndoire, tipul recordurilor, varianta de montaj, lungimea nominală, distanța de montaj, pierderile hidraulice.

Tuburile flexibile solicitate cu șoc la 200°C se aleg conform prescripțiilor prezentate mai înainte iar cele solicitate static se aleg conform prescripțiilor ce se prezintă în continuare.

Natura fluidului care circulă prin tubul flexibil sau a mediului exterior cu care vine în contact influențează în mod hotărâtor durata de serviciu a tubului prin faptul că pot provoca în anumite condiții de solicitare și temperatură apariția fenomenului de coroziune.

Toate materialele metalice au tendința de a trece sub formă oxizilor sau a sărurilor. În cazul acesta ele se deosebesc numai prin condițiile în care sînt posibile aceste reacții electrochimice, nedorite, care provoacă coroziunea. Felul atacului și viteza de coroziune depind de diferența de potențial electrostatic dintre metal și agentul

coroziv.

În fig. 2.1 se prezintă comportarea la corozivitate a metalelor nobile și mai puțin nobile în cazul existenței unei diferențe de potențial între tubul flexibil și agentul care circulă prin el.

Un fapt fiind că stabilitatea materialelor este în mare măsură dependentă de forma de apariție a corozivității se dezvăluie în continuare unele din cele mai importante feluri de corozivitate ale metalelor ferose și neferose din care se execută tuburile flexibile.

Corozivitatea uniformă. În contrast cu toate celelalte feluri de corozivitate în acest caz are loc o eroziune uniformă a întregii suprafațe a materialului. Pierderea de material ce intervine se măsoară în g/m^2h sau în mm/aa și stă la baza întocmirii tabelului de stabilitate.

Notele din tabelul de stabilitate se referă la viteza de corozivitate în cazul atacului prin corozivitate uniformă. Pentru aprecierea comportării la corozivitate a fiecărui material în parte se utilizează notațiile 0, 1, 2 și 3 ca în tabelul 2.1. [10]

Tabelul 2.1.

Litere sau cifre	Pierderea de greutate g/m^2h	Reducerea grosimii mm/aa	Stabilitatea	Utilizarea
0	până la 0,1	până la 0,11	complet stabil	se recomandă
1	peste 0,1 până la 1,0	peste 0,11 până la 1,1	prețic stabil	numai dacă nu este posibil material de treapta 0
2	peste 0,1 până la 10,0	peste 1,1 până la 11,0	puțin stabil	nu se recomandă
3	peste 10,0	peste 11,0	nestabil	exclusă
4	Pericolul apariției corozivității în puncte			
5	Pericolul apariției corozivității datorită fisurilor produse de tensiuni			

Corozivitatea uniformă este cel mai cunoscut tip de corozivitate și cel mai ușor de stabilit în condiții diferite de atac prin utilizarea materialelor adecvate. Calitatea superioară a suprafeței influențează corozivitatea uniformă în sensul că suprafețele lustruite sunt atacate cel mai puțin.

În tabelul 2.2 se prezintă stabilitatea la corozivitate a materialelor utilizate la executarea tuburilor flexibile pentru un număr

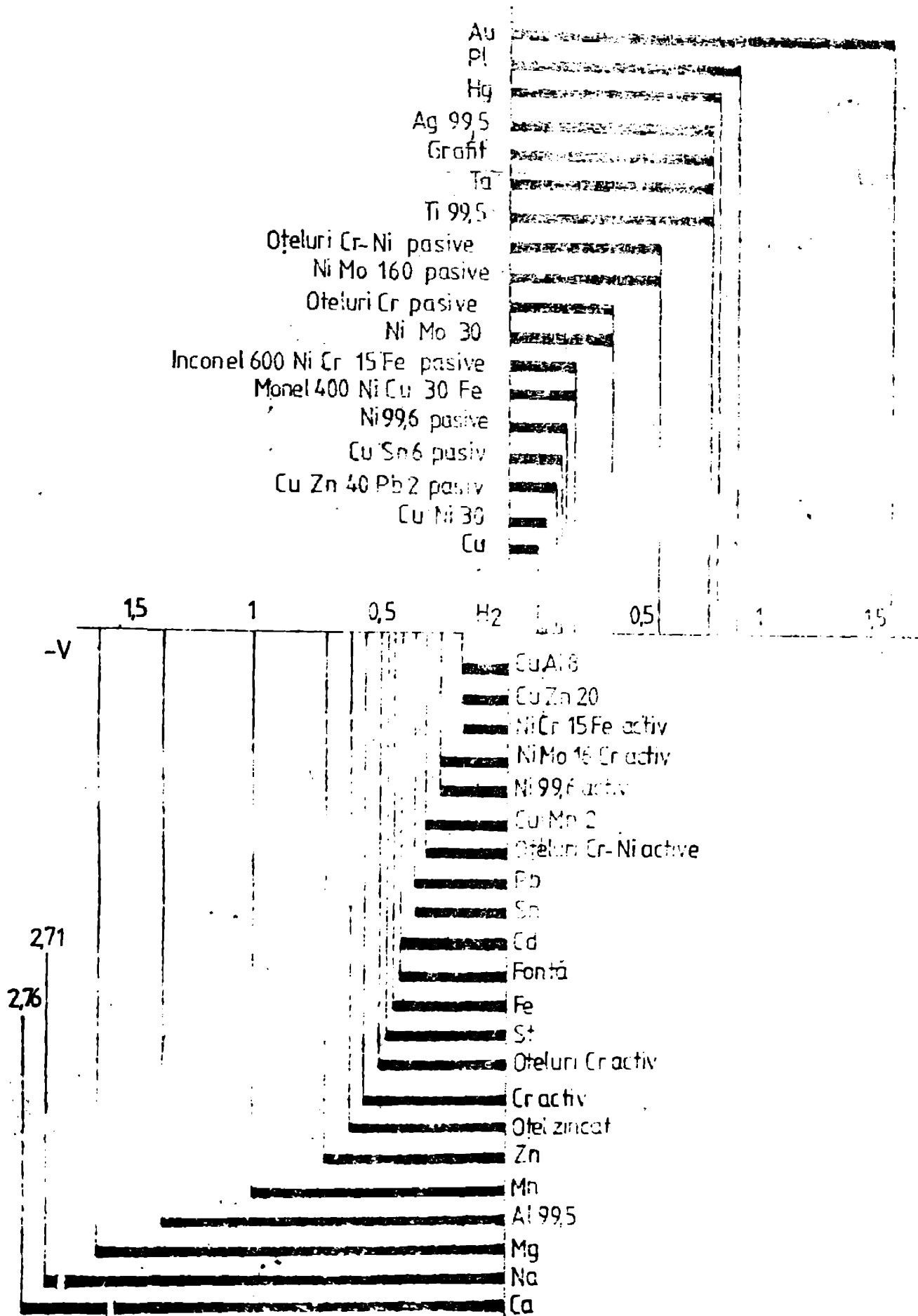


Fig. 2.1

important de agenți corozivi. [10]

Coroziunea în puncte. Particularitatea acestei coroziuni se manifestă printr-un atac sub formă de puncte (pitting) pătrunzând puternic în adâncime, fenomen care într-un timp relativ scurt poate străbate întreaga grosime a materialului. Coroziunea în puncte apare local și arbitrar, cea mai mare parte a suprafeței nefiind distrusă. În cazul acestei coroziuni pierderea de greutate ce intervine este neînsemnată. Din acest motiv oțelurile inoxidabile nu se vor utiliza în condiții ce pot duce la coroziune în puncte. Pericolul unui atac de coroziune în puncte se indică în tabelul 2.2 prin litera I.

Coroziunea în puncte se datorează de cele mai multe ori soluțiilor ce conțin ioni de halogeni (ioni de clor, brom și iod) care, chiar și în cazul unor concentrații reduse de ioni străbat stratal pasiv și formează mici puncte de atac, de cele mai multe ori circulare. Prin adăugarea de inhibitori în mediul declenșat se poate obține o ameliorare a stabilității față de coroziunea în puncte. Din experiență se constată că tipurile de oțeluri aliate cu molibden sunt ceva mai stabile.

Coroziunea intercrystalină. Cauzată și sub denumirea de deintegrarea cristalelor, se datorează predispoziției de corodare a limitelor cristalelor, în timp ce cristalele înseși se erodează dar foarte slab. La oțelurile feritice și austenice coroziunea intercrystalină se datorează separării de carburi bogate în crom la limitele cristalelor. Aceste separări presupun un anumit conținut de carbon și au loc la temperaturi de 500-800°C. Ameliorarea comportării la aceste coroziuni se face prin coborârea conținutului de carbon sub 0,02%, tratarea termică la 1050-1100°C și prin alierea suplimentară cu elemente stabilizante ca: titan, niobiu, tantal.

Coroziunea datorită fisurilor produse de tensiuni. Această coroziune este notată în tabelul de stabilitate cu litera B. Prin acest tip de coroziune se înțelege o formare de fisuri în materialele metalice sub acțiunea simultană a unui mediu de atac specific și a unei tensiuni de întindere specifice.

Caracteristic în acest caz este desprinderea materialului fără deformare sau desămurarea intercrystalină sau transcristalină a fisurii, de cele mai multe ori fără coroziuni vizibile.

Coroziunea datorită fisurilor produse de tensiuni poate fi declenșată și de către agenții de atac față de care în mod obișnuit, materialul este stabil.

În privința tensiunilor de întindere nu se face nici o distincție dacă este vorba de tensiuni aplicate în exterior sau în interior.

Tendința spre coroziune datorită fisurilor se poate observa în special la oțelurile austenitice cu precizarea că la creșterea concentrației ionilor de clor și a temperaturii predispoziția de coroziune se mărește.

La metalele năferense coroziunea datorită fisurilor produse de tensiuni se desfășoară în același mod ca la oțelurile austenitice. Reoluția fisurii la cristalitele α este de cele mai multe ori intercrystalină iar la cele $\alpha+\beta$ transcrystalină.

Dezinarea este un tip de coroziune caracteristică aliajelor cupru-nickel. Acest tip de coroziune se asemănă cu cel în puncte. Chiar în cazul dezinării avansate forma geometrică a plăcii nu se modifică, însă se observă o fragilitate mărită a scheletului de cupru care a mai rămas.

Coroziunea prin fisurare este o coroziune intensificată local în fisuri care poate apărea în materialul însăși sau în fisurile și găurile rezultate în timpul prelucrării.

Prin apariția deficiențelor și împiedicarea difuziunii, stratul pasiv natural al materialului se distruge treptat deoarece lipsește oxigenul necesar formării din nou a acestui strat pasiv.

Alegerea tuburilor metalice flexibile pentru condiții date de mediu, fluid și tensiune electrostatice se va face ținând seama de indicațiile prezentate.

Având în vedere gradul de acțiune al coroziunii asupra materialului din care este confecționat tubul flexibil și cunoștința prețului de cost al acestuia beneficiarul poate face un calcul de eficiență economică, utilizând în anumite condiții tuburi mai puțin rezistente dar mai ieftine.

Tabelul 2.2. Stabilitatea la coroziune a materialelor utilizate la executarea tuburilor flexibile

Agentul de coroziune	Starea	Concentrația %	Temperatura °C	Ofeluri				Materiale neferoase				Metale pure							
				Feritice	Austenitice	de bază de Ni	de bază de Cu	2.4360 Monel	2.4010 Inconel 600	2.4050 Inconel 625	2.0002 CuInter 30	2.0250 Tombac	2.1020 Bronz	2.1247 Cupru-Beriliu	2.0090 Cupru	2.4060 Nichel	3.7024 Titan	2ental	3.0205 Aluminiu	Argint
Ape uzate cu H ₂ SO ₄ fără H ₂ SO ₄	1	2	40	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	40	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	40	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	2	40	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acetonă CH ₃ COCH ₃	1	100	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	100	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 2.2 (continued)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Acetylene HC = CH	u		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	35
Alcohol ethylic C ₂ H ₅ OH		tc	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asfalt			20	0	0	0	0						0	0	0	0	0						0
Acid borico H ₃ BO ₃	sa	5	100	3	1	0	0	0	0	1	2	0	0	1			0	2	0	0	0	0	0
Acid bromhidric HBr		50	f	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3				3	3			0	3	
Acid acetic chlorurat (-3000) CH ₂ Cl-COOH		tc	20	3	3L	2L	1L	1	2		3	2								0	0	3	
Acid clorhidric HCl	u	100	20	0	2L	1L	1L	0		0			3	3	3							0	0
Acid orozic Cr ₂ O ₃	sa	2	65					0	2				3	3	3						2	0	0
Aburt de apă			400		0	0	0		0	0	0										0		
Acid acetic CH ₃ -COOH	a	5	20	2	0	0	0	0	1	1	0										0	0	
ACID FOSFORIC H ₃ (P ₄)		25	30					0	1	1	1										1		
Alcaliaz formati CH ₂ O	sa	10	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0		0	0	0	0	0	0	0
Acid jensru tabolat O ₂ H ₂ SO ₄	sa	5	20	2	0	0	u	u	u	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0	0
Acid lednicaric H ₂	u		20	0	0	0	0																u
Apă de colorat					0	0	0	0			0	0									0	0	0

Tabelul 2.2 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Glicerina $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{OH}$		100 100	20 f	0 1	0 1	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1
Hidroxid de bariu $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	sa	tc	20	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0				3
Hidroxid de potasiu KOH	sa	10	20		0	05	05	1	0	1	1	0				2	0	0	3	3		3
Hipoclorit de sodiu NaCl	sa	5	20	3	3L	2L	0L	0	3	3	0	3				3	3	0				3
Hidrogen H		100	20	0		0	0	0					0			0						0
Iodură de potasiu KI	sa		20	0	1L	0L	0L	0	2	1	0	0				0	2	0	0	0	2	
Lapte lichid			20	3	2	0	0		1	0	0		1	0		0	1	0				0
Sodiu - Na	u	100	200	0	0	0	0															1
	u	100	200																			1
Oxid de aluminiu Al_2O_3			1900																			0
Uțet de vin	sa	5	20	0	0	0	0	0	0	0			1	1		1		0	0	0	0	0
Pastă de dinți					0	0	0	0		0	0						0	0				0
Propan C_3H_8		100	20	0		0	0						0	0	0	0						0
Rechiu			7		0	0	0															0
Hâini naturale		tc	20			0	0	0	0			0	1	0		0						0
Suc de mere			7		0	0	0	0	0	0	0						0	0	0	0	1	0

Rețeaua 2.2 (continuare)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Acid lactic $C_3H_6O_3$	na	1	20	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Amestec de gaze HNO_3 H_2SO_4 % 90 10			20	0	0	0	0	0	0	2				3	3	3	3	2	0	1	0	0
Cloroform $CHCl_3$	u	100	20	1	1L	0L	0L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafea			f	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceai					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorură de metil CH_3Cl	u	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorură de sodiu $NaCl$	na	5	20	20	2L	0L	0L	0	0	0	1	0	0				0	1	0	0	1	
Cești de sare		3	20	20	0L	0L	0L	0	0	0	0	0					0	0	0			
Clorură de vinil $CH_2=CHCl$		20	0	0L	0L	0L	0										0	0				
Sten $C_2H_2=CH_2$		20																				0
Fluor F	u	100	200	0	0	1L	1L	0	0	0							3	0	0			3
	u	100	500	3				0	0	0							3	0				3
Pructe		f	2	0	0	0	0	0				3	1	1	1	0				3		
Gaze nobile	u		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0
Gas metan CH_4		100	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glucoză $C_6H_{12}O_6$			20		0	0	0					0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelul 2-2 (continuarea)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Stase			20		0L	0	0											0			
			27			0	0											0			
Soluție de tăbăcit cu croma		100	20					0													
Sucuri de fructe			20	2	0	0	0					1	3	1	1	1		0			0
Sulfat de cupru $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	sa	10	20		0	0	0	0	2	2	0	2	3	1	2	2	0	0	0	0	0
Spirt		100	20																		0
Suc de zahăr	sa		20	2	0	0	0										0				0
Tetraclorură de carbon CCl_4	u	100	20	0	0L	0L	0L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluen $C_6H_5-CH_3$		100	20	0	0	0	0		0			0	0	0	0	0		0			0
Urină			20			0L	0L		0								0				1
Ulei de in			20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Ulei mineral			20	0	0	0	0	0	0	2	0		0	0	0	2	0	0			0
Alimente diverse			20	0	2	0	0		1	0	0	0	1	0	0	1	0	0			0
Acid naftenic		100	20						0	0	0					1					
Acid oxalic $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	sa	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1					2	0	0	0	0	0
Acid fosforic H_3PO_4	sa	1	20	0	0	0	0	0	1	0	0	0			2	0	0	0	0	0	0

Tabel 2-2 (continuară)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
0																							
Amidrida solidului fosforic P_2O_5	um	20			2	1	0															1	
Acid glicerio $C_6H_2(OH)(NO_2)_3$	um	1	20	3	1	0	0	0													0	0	0
Acid azotic HNO_3		1	20	1	3	0	0	0	0	0	3	3	1	3	2	3	3	0	3	0	0	0	3
Acid oloridric HCl		1	20	3	3L	3L	2L	2L	0L	0	1	2	2	2	3	2				2	1	0	3
Acid sulfuric Acid sulfuric H_2SO_4		20	3	24	0L	0L	0	0	0	0	0		3						1	0	0	0	1
Acid azotic H_2O		20	20	0	0	0	0	0					0						0	0	0	0	
Aburi de apă	um	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Benzină		100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		100	100	1	0	0	0	0															0
Broz Br	u	100	20	3L	3L	3L	3L	3L	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brineturi			20		0	0	0	0															3
Clor benzen C_6H_5Cl	um	100	20	0	0	1L	0L	0L	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
Clorură de var calc (CaCl $_2$ ·Ca·2H $_2$ O)	um	100	1	1	0	2L	0L	0L	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	2
Ulei vegetal			20	3	3L	3L	3L	3L		1			1	3	1								3
Ulei de fielda			100	0																			0
Vin alb „1 roșu”			0	0	0	0	0	0														2	

Observații semnificative, resursele din toate cele arătate sunt utilizate în scopul realizării acestui proiect.

2.2. Proiectarea tuburilor metalice flexibile

În vederea obținerii unor tuburi flexibile cu caracteristici de flexibilitate și rezistență ridicate este necesar a se efectua calcule științifice bazate pe relații matematice precise sau cu un anumit grad de aproximație.

Prin calcule se urmărește determinarea flexibilității tubului în care scop se stabilesc principalele dimensiuni geometrice ale spirei, numărul de spire pe unitatea de lungime precum și jocurile între spire.

În vederea cunoașterii caracteristicilor mecanice și de etanșare ale tuburilor flexibile se determină sarcina axială și presiunea admisă la condițiile mediului ambiant - $T=20^{\circ}\text{C}$.

Pentru a realiza o bună etanșare se face calculul de dimensionare a secțiunii materialului de etanșare.

În continuare se prezintă elementele mai importante pentru calculul de proiectare al principalelor tipuri de tuburi flexibile.

2.2.1. Proiectarea tuburilor flexibile din benzii profilate, simbol SPD, nestangete [1]

Principalele caracteristici ale acestor tuburi sînt: flexibilitatea F , caracterizată prin raza minimă de îndoire R_1 , gradul total de comprimare F_c , lățimea totală a profilului l , înălțimea profilului s , grosimea benzii g , sarcina axială P și presiunea admisă p .

Determinarea flexibilității. Flexibilitatea unui tub care care se exprimă analog cu curbura unei traiectorii prin formula:

$$F = \frac{1}{R_1} \quad (2.1.)$$

Pentru stabilirea relației care exprimă raza de îndoire R_1 în funcție de elementele constructive ale spirei și diametrul tubului flexibil se consideră un segment de tub format dintr-un număr de n spire îndoit după raza R_1 ca în fig. 2.2.

În forma îndoită se calculează lungimea arcului L_{\max} cu raza R_1 și lungimea arcului de cerc L_{\min} cu raza R_2 utilizînd formulele:

$$L_{\max} = \frac{\pi \cdot R_2 \cdot \varphi'}{180^\circ} = \frac{\pi (R_1 + L_n + t_n) \varphi'}{180^\circ} = \frac{\pi (R_1 + D_0) \varphi'}{180^\circ} = n \cdot h_{\max} \quad [\text{mm}] \quad (2.2)$$

$$L_{\min} = \frac{\pi \cdot R_1 \cdot \varphi'}{180^\circ} = n \cdot h_{\min} \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

in care: h_{\max} este pasul maxim al eliciei spirelor tubului, in mm,

h_{\min} este pasul minim al eliciei spirelor tubului, in mm.

Diferența:

$$L_{\max} - L_{\min} = n \cdot (h_{\max} - h_{\min}) = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot \varphi'}{180^\circ} \cdot r_r \quad [\text{mm}] \quad (2.4)$$

reprezintă gradul de comprimare, respectiv alungire, al segmentului de tub comprimat sau întins.

Din formula (2.4) se determină unghiul la centru

$$\varphi' = \frac{180^\circ r_r}{\pi \cdot D_0}$$

coef. de îndoire r_r se determină cu formula:

$$r_r = \frac{180^\circ L_{\max}}{\pi \cdot \varphi'} = D_0 \frac{(L_{\max} - F_r)}{F_r} = \frac{L_{\min} \cdot D_0}{F_r} \quad [\text{mm}] \quad (2.5)$$

Pentru a obține o formulă generală, valabilă pentru orice lungime mai mare decât $2 \pi R_1$, se consideră o porțiune elementară de tub ca în fig. 2.3, la care:

$$L_{\max} = h_{\max} \cdot n \quad \text{și} \quad L_{\min} = h_{\min} \cdot n.$$

Înlocuind în formula (2.3) se poate scrie:

$$L_{\max} - L_{\min} = \frac{\pi (R_1 + L_n + t_n) \varphi'}{180^\circ} - \frac{\pi \cdot R_1 \cdot \varphi'}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot \varphi'}{180^\circ} = r_r \quad [\text{mm}] \quad (2.7)$$

in care: r_r este unghiul la centru corespunzător segmentului elementar

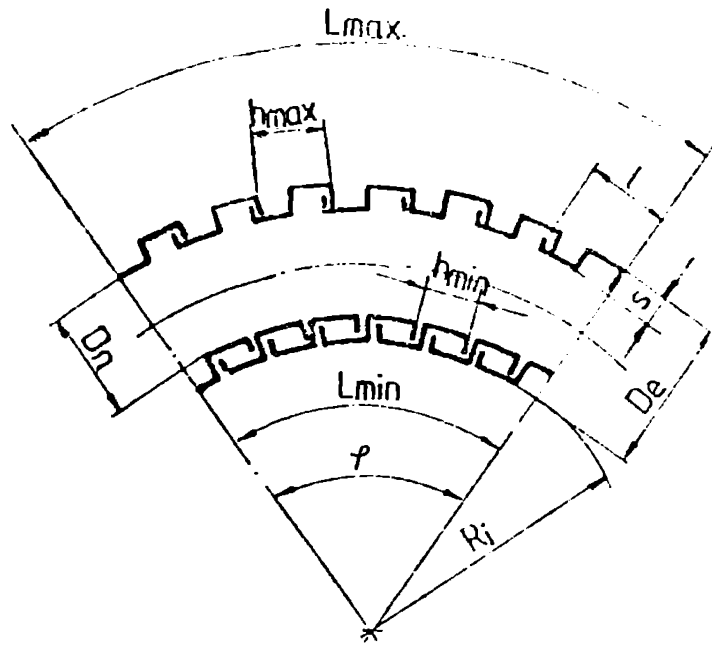


Fig. 2.2

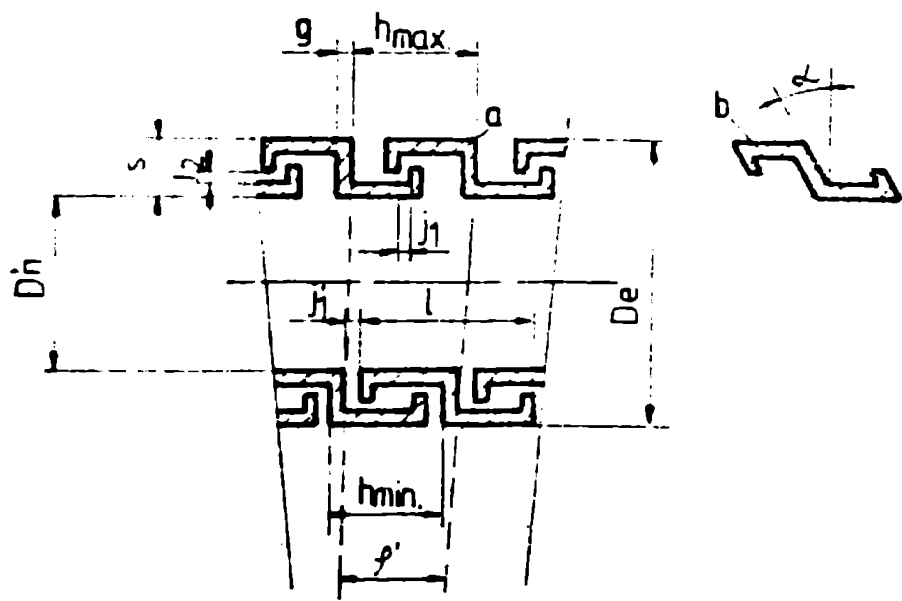


Fig. 2.3

de tub considerat;

f_r - gradul elementar de comprimare, respectiv alungire, pe o spirală.

Între gradul total de comprimare f_r și gradul elementar de comprimare f_r există relația:

$$f_r = n \cdot f_r \quad (2.8)$$

Unghiul la centru se va calcula cu formula:

$$\varphi' = \frac{160^\circ \cdot f_r}{\pi \cdot D_0} \quad (2.9)$$

Raza de îndoire se mai poate determina cu formula:

$$R_1 = \frac{160^\circ h_{n+1}}{\pi \cdot \varphi^{10}} = D_0 \cdot \frac{h_{\min}(D_0 + 2a)}{f_r} = \frac{h_{\min} \cdot D_0}{f_r} \quad [\text{mm}] \quad (2.10)$$

Analizând pur teoretic comprimarea tuburilor flexibile în-
cesună să admitem că pereții transversali ai spiralei vecine vin în con-
fect perfect unul cu celălalt. În acest caz se introduce noțiunea de grad
teoretic de comprimare f_t , care se determină cu formula:

$$f_t = \frac{1 - 5g}{E} \quad [\text{mm}] \quad (2.11)$$

În realitate situația este așa prezentată în fig. 2.3, adică
între pereții transversali ai spiralelor rămânând distanțele j_1 în stare
întinsă și j_1' în stare comprimată.

Gradul elementar de comprimare în situația reală se calcu-
lează cu formula:

$$f_r = \frac{1 - (5g + 2j_1 + 2j_1')}{E} \quad [\text{mm}] \quad (2.12)$$

În cazul tuburilor flexibile de tipul ST cu spirale sub
formă de paralelogram la care unghiul de înclinare al spiralei este
gradul elementar de comprimare se calculează cu formula:

$$f_r' = \frac{1 - (5g + 2j_1 + 2j_1')}{E \cos \alpha} \quad [\text{mm}] \quad (2.13)$$

Din formulele (2.12) și (2.13) rezultă următoarele:

- unghiul α poate lua valori între limitele $0-45^\circ$ deoarece peste 45°
tubul comprimat se deformează;
- la tuburile cu spirale sub formă de paralelogram gradul elementar
de comprimare - alungire crește cu unghiul α .

Variind în relațiile prezentate valorile n , l , a , j_1 , j_1'

și să se pot obține diferite grade de comprimare care să corespundă unor necesități funcționale pe care trebuie să le îndeplinească tubul.

Practic nu se pot realiza tuburi flexibile cu un grad de comprimare ideal.

Pasul maxim de înfășurare al spirelor în poziția întinsă a tubului h_{max} și pasul minim în poziție comprimată a tubului h_{min} se calculează cu formulele:

$$h_{max} = 1 - 2(g + j_1) \quad [mm] ; \quad h_{min} = \frac{1 + g + 2j_1}{2} \quad [mm] \quad (2.14)$$

Raza minimă de îndoire în situația reală se calculează cu formula

$$R_1 = \frac{h_{min} \cdot D_n}{2r} = \frac{(1 + g + 2j_1)(D_n - 2s)}{1 - (5g + 2j_1 + 2j_1')} \quad [mm] \quad (2.15)$$

Determinarea elementelor l, s, g, j_1 , j_1' și j_2 al tuburilor SP. Determinarea acestor mărimi geometrice ale tuburilor flexibile se face de obicei utilizând grafice care exprimă variația lor în funcția de diametrul nominal D_n al tubului.

În acest sens s-au construit curbe de variație ale mărimilor geometrice pe baza experimentale care să asigure obținerea unor caracteristici funcționale superioare ca: rezistență, flexibilitate, etanșeitate. Se prezintă în continuare în figurile 2.4 - 2.7 graficele din care rezultă aceste mărimi. [1]

Între celelalte aplicații se prezintă în fig. 2.8 variația razei de îndoire R_1 pentru diferite diametre nominale D_n ale tuburilor flexibile SP de construcție ușoară neetanșate.

Min active economice se realizează cu aceeași mărime de profil o gamă de diametre la care diferența dintre diametrul cel mai mic și cel mai mare nu trebuie să depășească 3-6 mm. Analizând relațiile (2.10) și (2.15) se constată următoarele:

- Raza minimă de îndoire a tuburilor flexibile variază direct proporțional cu diametrul exterior, diametrul nominal, înălțimea spirei, lungimea comprimată a tubului și pasul minim al elicei spirelor.
- Raza minimă de îndoire variază invers proporțional cu gradul real de comprimare (alungire) pe o spirală;
- Înălțimea spirei influențează cel mai mult mărimea razei de îndoire.
- Înălțimea spirei influențează în sens direct proporțional raza de îndoire și invers proporțional flexibilitatea;
- Prin mișcarea jocurilor j_1 și j_1' crește flexibilitatea tubului. Obșnuit, aceste jocuri nu se pot influența prea mult deoarece se datoresc

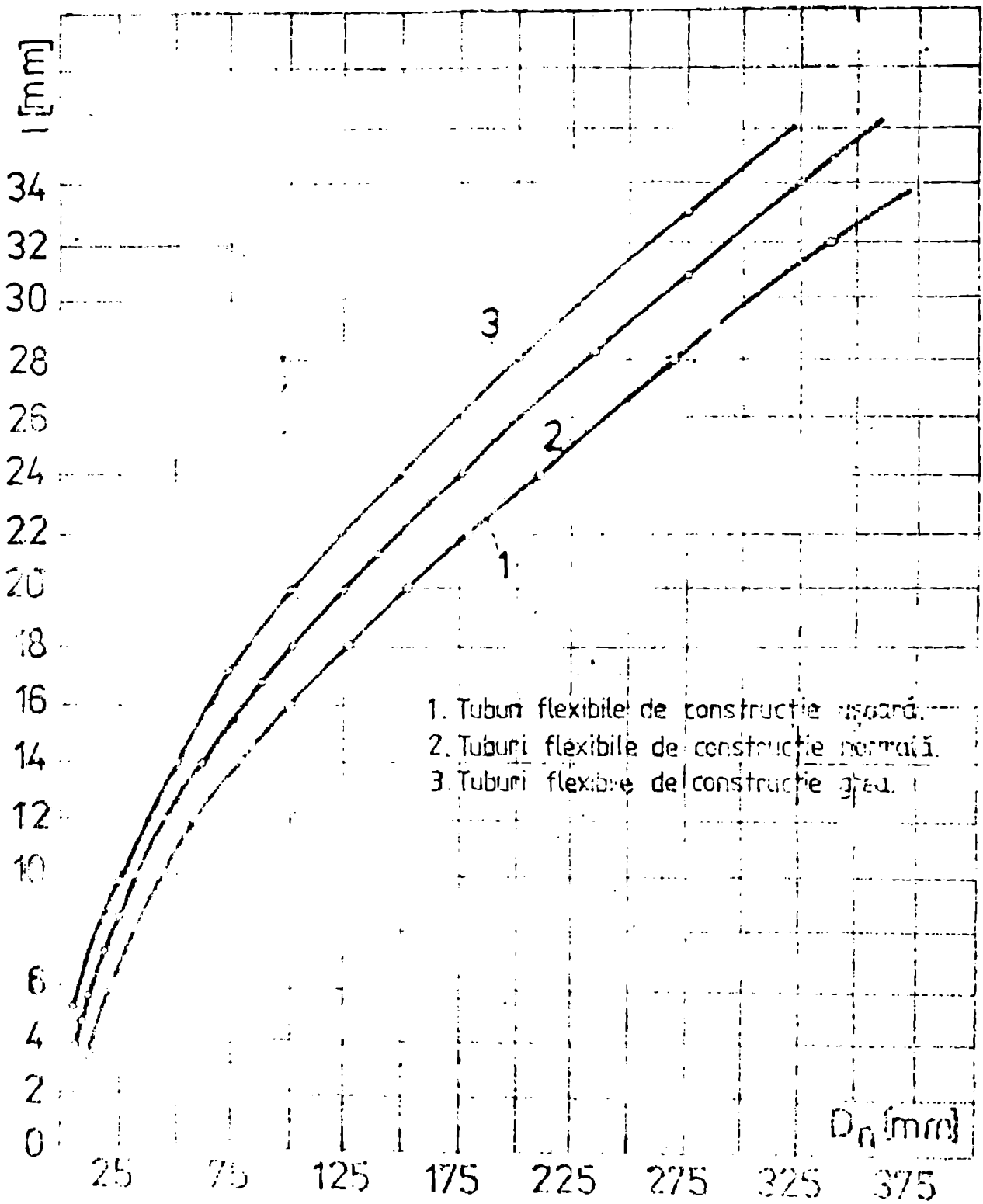


Fig. 2.4

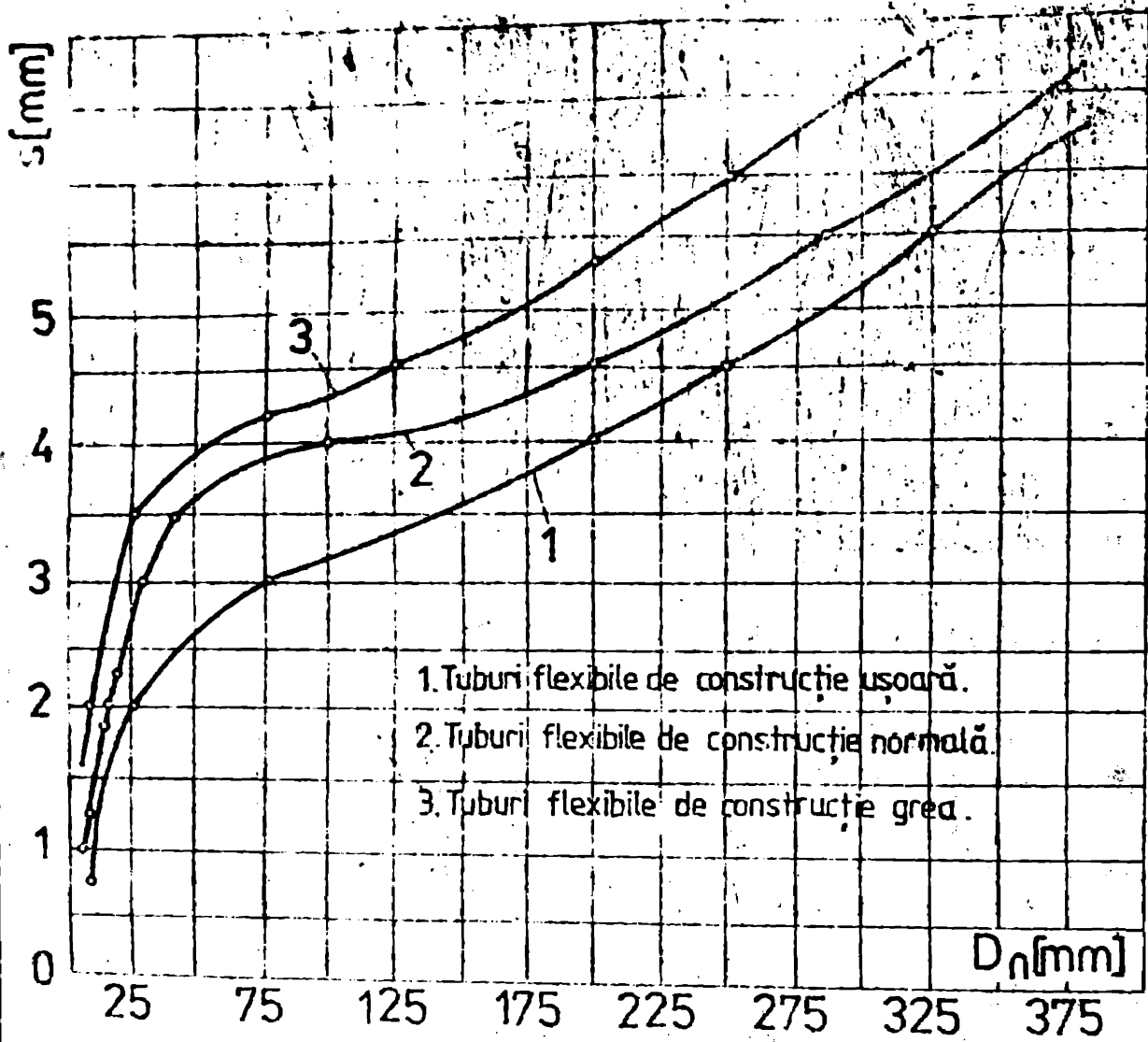


Fig. 2.5

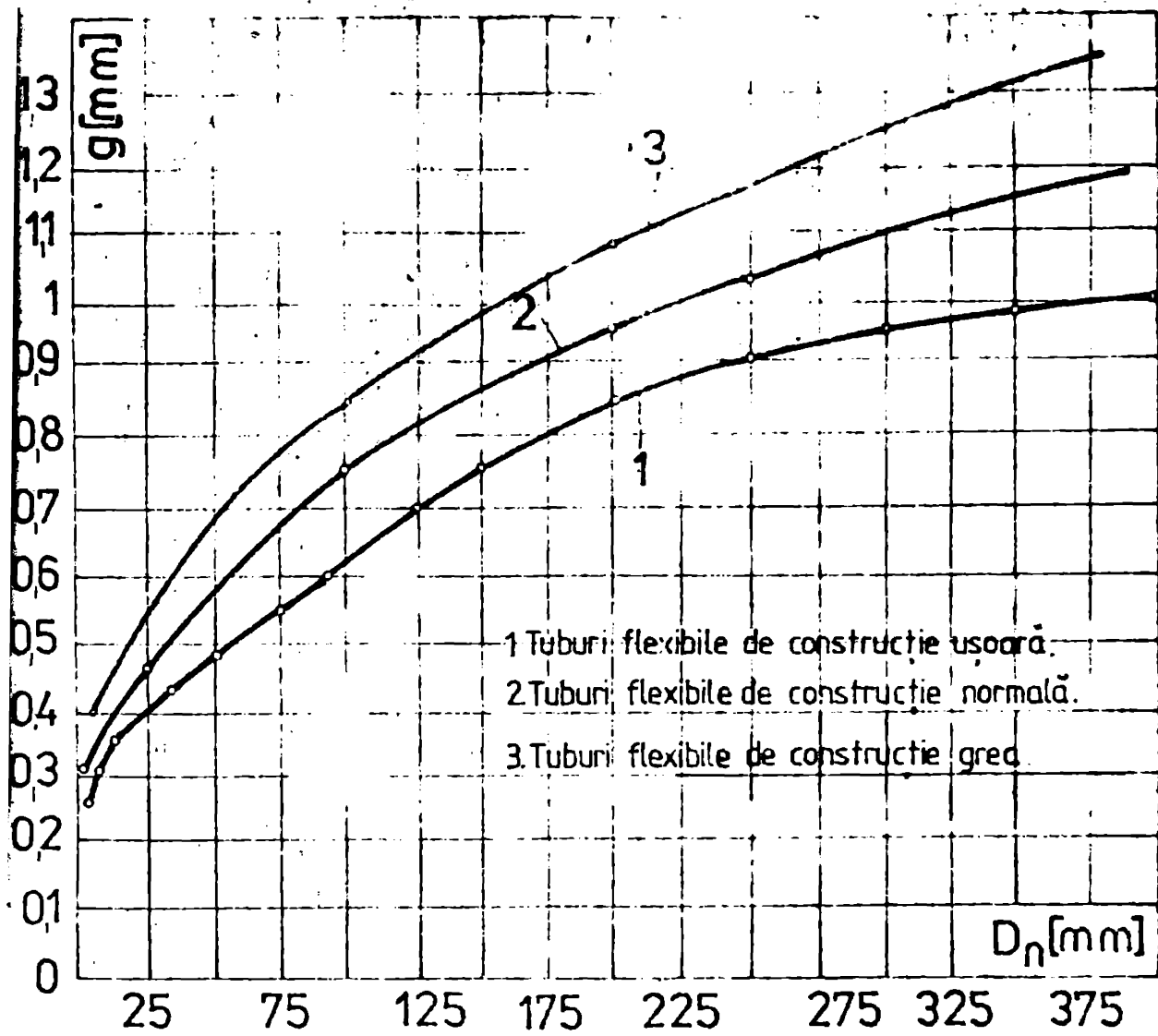


Fig.2.6.

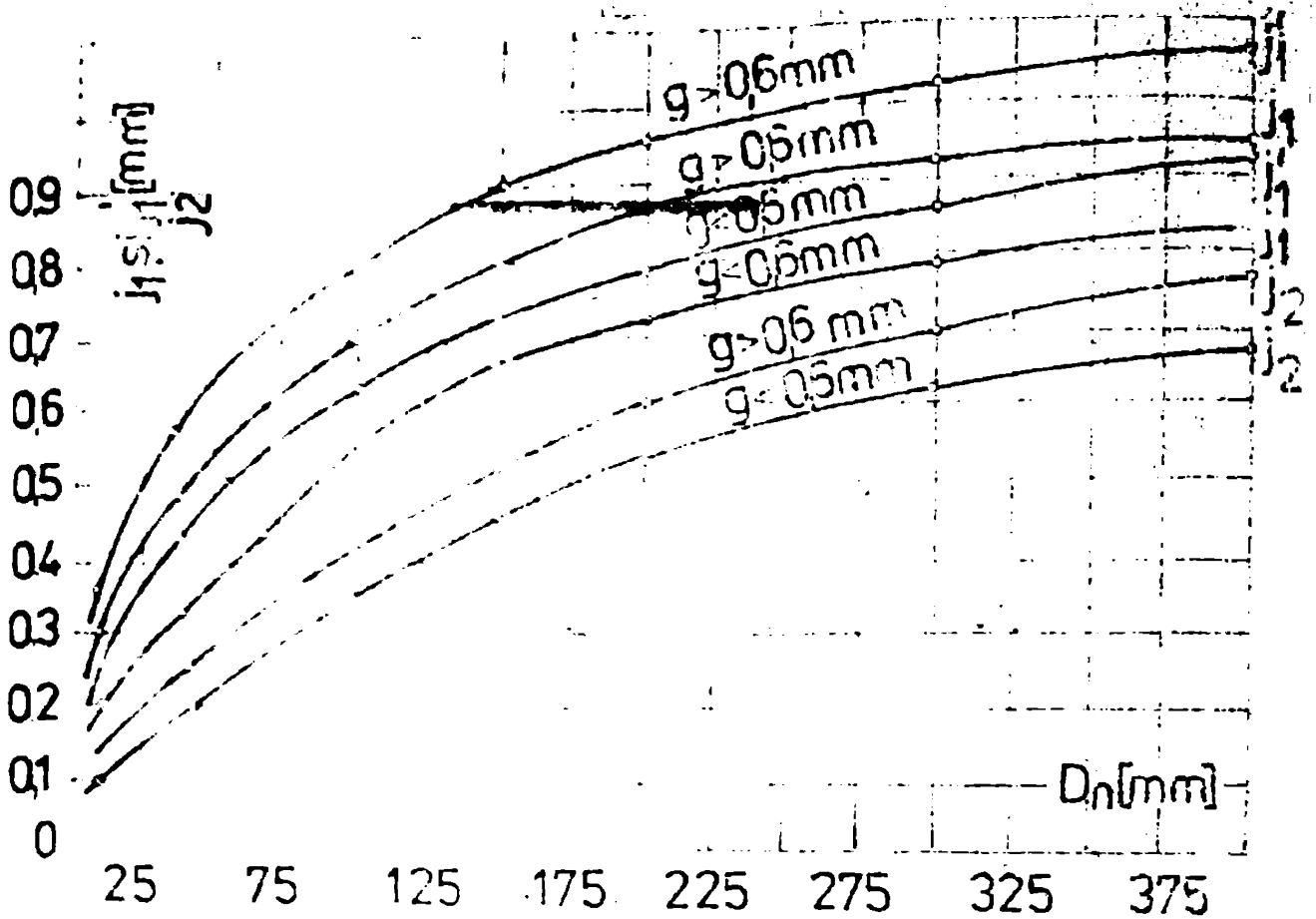
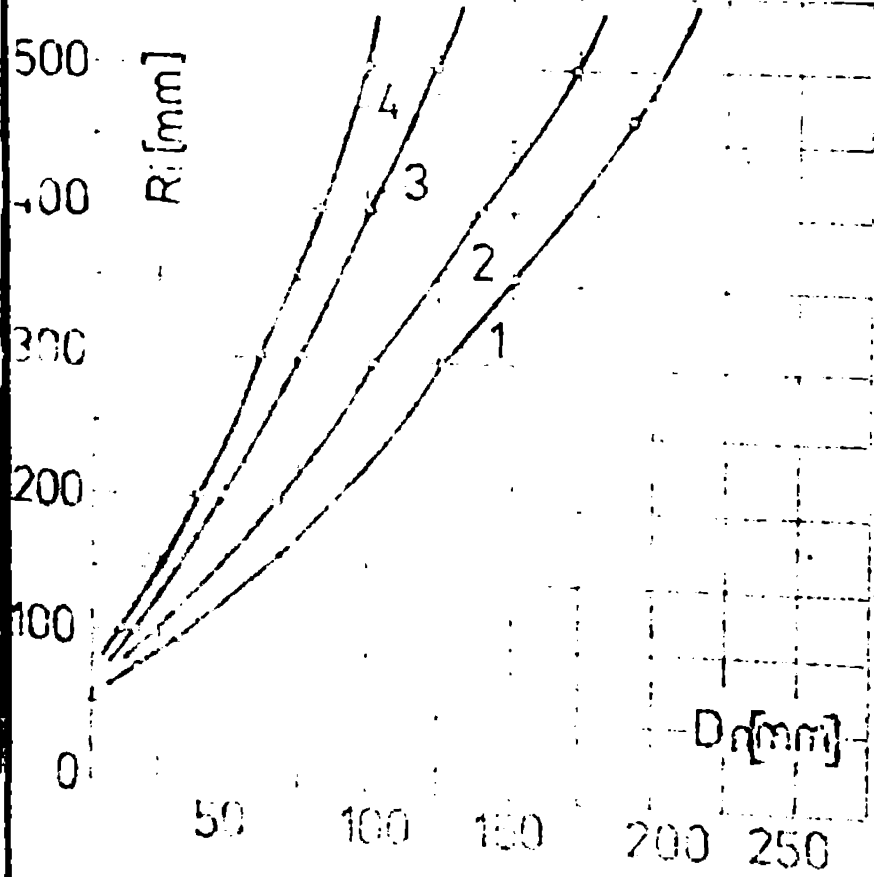


Fig. 2.7



1. Tuburi flexibile de construcție ușoară neprotectate la exterior.
2. Tuburi flexibile protejate cu un strat de țesătură din sîmă.
3. Tuburi flexibile protejate cu două straturi din sîmă.
4. Tuburi flexibile protejate cu un strat din plastic.

Fig. 2.8

tehnologiei aplicate.

- Grosimea benzii din care se execută tubul flexibil, pentru o mărime a profilului dată, obișnuit, nu poate fi modificată în scopul măririi flexibilității aceasta contribuind la asigurarea rezistenței și etanșității tuburilor.

În practica de proiectare a tuburilor flexibile din benzi profilate se procedează astfel: având datele de proiectare cunoscute, care de obicei sînt diametrul nominal D_n și raza de îndoire R_1 , se determină mărimile l , s , δ , J_1 , J_1' , și J_2 cu ajutorul diagramelor din fig. 2.5 - 2.7 apoi cu formulele (2.12) și (2.14) se determină f_r și h_{min} . Se introduc valorile lui f_r și h_{min} în formulă (2.10) și se calculează raza minimă de îndoire R_1 , cunoscînd și faptul că $D_e = D_n + 2s$.

Proiectanții de tuburi flexibile vor efectua cel puțin trei determinări ale razei de îndoire variînd mărimile ce o influențează și vor admite acele mărimi care dau razei de îndoire valoarea cea mai mică. Calculele realizate în acest fel converg către o valoare optimă care într-un șir de mărimi este un punct limită.

Calculul razei de îndoire arătat este valabil pentru tuburile flexibile neprotejate la exterior. Dacă tuburile flexibile sînt înbrăcate la exterior raza de îndoire variază și în funcție de tipul protecției aplicate așa cum rezultă din fig. 2.8. În acest caz calculul razei de îndoire se va face tot cu formulele (2.10) respectiv (2.15) și rezultatul obținut se va înmulți cu coeficientul K , care are următoarele valori:

$K = 1,15 - 1,2$ pentru tuburile (MT) protejate la exterior cu un strat de țesătură din sîrmă de oțel;

$K = 1,55 - 2$ pentru tuburile (MT) protejate la exterior cu două straturi de țesătură din sîrmă de oțel;

$K = 1,4 - 1,42$ pentru tuburile (MT) protejate la exterior cu un strat de material plastic.

Determinarea numărului de spire. Cunoscînd lungimea în stare comprimată L_{min} sau cea în stare întinsă L_{max} și pasurile de înfășurare h_{min} și h_{max} numărul de spire active n ale tubului flexibil se calculează cu formula:

$$n = \frac{L_{min}}{h_{min}} - \frac{L_{max}}{h_{max}} \quad (2.16)$$

La acest număr de spire active se va adăuga un număr de spire inactive n_1 de la capete care de obicei sînt imobilizate prin asamblarea racordurilor în vederea montării tuburilor la organele de mașin

cu care se montează.

Numărul total de spire se calculează cu formula $N = n + n_1$.

Determinarea sarcinii axiale. Când în timpul exploatarei tuburile flexibile SF sînt supuse la sarcini axiale de întindere se face un calcul de verificare la aceste sarcini. Dacă se cunoaște sarcina axială la care este supus tubul flexibil determinarea elementelor L_n , l , s , g și J_2 ale profilului spirelor se face utilizînd formulele ce se dau în cele ce urmează. Obişnuit caracteristicile tubului flexibil se calculează de proiectantul lui urmînd ca utilizatorul să-l aleagă în funcție de cerințele în exploatare.

Pentru calculul sarcinii axiale se consideră un segment de tub format din două spire ce au elementele constructive indicate în fig. 2.8.

Suprafața peretelui transversal al unei spire din tub pe care acționază forța axială F este dată de formula

$$A = \frac{\pi}{4} [D_o^2 - L_n^2 - 4(g + J_2)(D_o + D_n)] \quad [\text{mm}^2] \quad (2.17)$$

Termenul J_2 este foarte mic și în calcule se poate neglija.

Cunoscînd suprafața A se calculează forța cu formula

$$F = p \cdot A \quad [\text{daN}]$$

unde p este presiunea ce se exercită pe peretele lateral al spirei.

Efortul în peretele lateral în plan transversal al spirei

va fi:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{F \cdot L}{2W} = \frac{F \cdot A \cdot L}{2 L_n \cdot s^2} = 3 \frac{F \cdot A \cdot L}{L \cdot s^2} \quad (2.18)$$

unde: M este momentul încovoietor;

W - modulul de rezistență corespunzător secțiunii solicitate;

s - grosimea peretelui spirei;

L - lungimea desfășurată a spirei care se consideră dreaptă și nu în elice.

Forța axială se determină cu formula

$$F = \frac{2W \sigma}{L} = \frac{L_n \cdot s^2}{3} \cdot \frac{\sigma}{L} \quad [\text{daN}] \quad (2.19)$$

2.2.2. Proiectarea tuburilor flexibile din benzi profilate, simbol SF, etanșate [1]

Metoda de proiectare a acestor tuburi, în principiu,

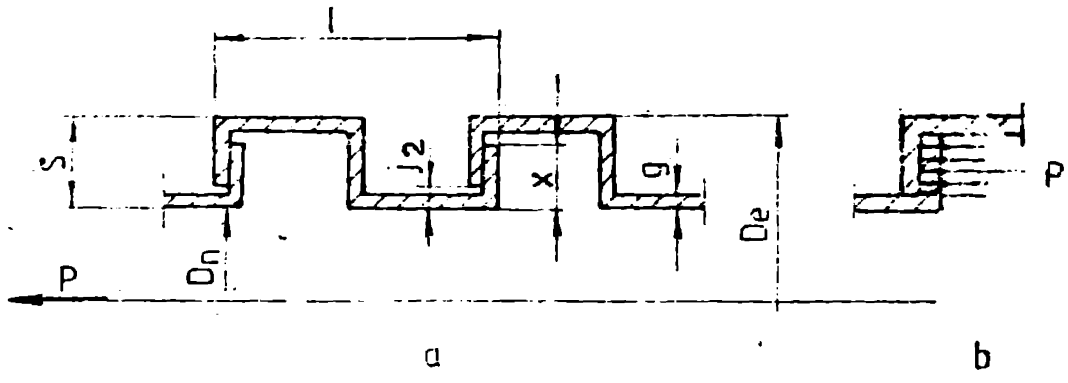


Fig. 2.9

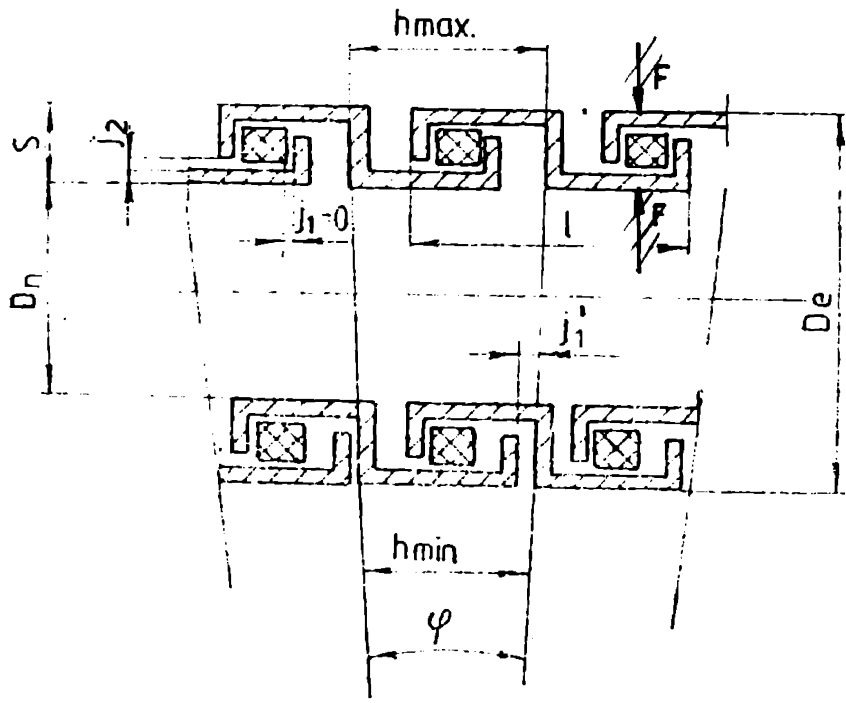


Fig. 2.10

este asemănătoare cu a tubului SPD netențat.

Succesiunea calculului este următoarea:

1. Se calculează raza de îndoire cu formula (2.10).

Considerând segmentul elementar de tub flexibil etanșat prezentat în fig. 2.10, gradul real de comprimare pe o spirală se calculează cu formula

$$f_r = \frac{1 - (5g + 4j_1 + 2j_1' + 2c \cdot d)}{2} \quad [\text{mm}] \quad (2.20)$$

în care: c este coeficientul de compresibilitate al materialului de etanșare și are valorile 0,8-0,9 pentru bumbac, azbest, cînepă și 0,8-0,7 pentru cauciuc.

d - grosimea (lățimea) materialului de etanșare.

Restul de notații din formula (2.20) au aceeași semnificație ca în formula (2.13).

2. Jocurile j_1' și j_2 în cazul tuburilor flexibile SPL etanșate are valori mai mari decât în cazul celor netențate și se determină din diagrama prezentată în fig. 2.11, iar jocul $j_1 = 0$.

Gradul real total de comprimare la un tub cu n spirale active se calculează cu formula

$$F_r = n \cdot f_r = \frac{nl - n(5g + 2j_1' + 2c \cdot d)}{2} \quad [\text{mm}] \quad (2.21)$$

3. Pasul minim al elicei spirelor se calculează cu formula

$$h_{\min} = \frac{1 + g + 2j_1'}{2} \quad [\text{mm}] \quad (2.22)$$

în care $1, g$ și j_1 au aceeași semnificație ca în formula (2.21).

4. Avînd determinate mărimile f_r și h_{\min} raza de îndoire se determină cu formulele:

$$R_1 = \frac{h_{\min} (D_A + 2c)}{f_r} = \frac{(1 + g + 2j_1')(D_A + 2c)}{1 - (5g + 2j_1' + 2c \cdot d)} \quad [\text{mm}] \quad (2.23)$$

5. Pasul maxim al elicei spirelor se calculează cu formula

$$h_{\max} = 1 - (2g + c \cdot d) \quad [\text{mm}] \quad (2.24)$$

6. Elementele constructive $1, g$ și c se determină în funcție de diametrul nominal din figurile 2.4-2.6.

7. Numărul de spirale active se calculează cu formula (2.16).

8. Sarcina axială se calculează cu formula (2.19).

Pentru orientare operativă asupra sarcinilor axiale ce le pot prelua tuburile SP se prezintă în fig.8.12 variația sarcinii axiale pentru diferite diametre nominale.

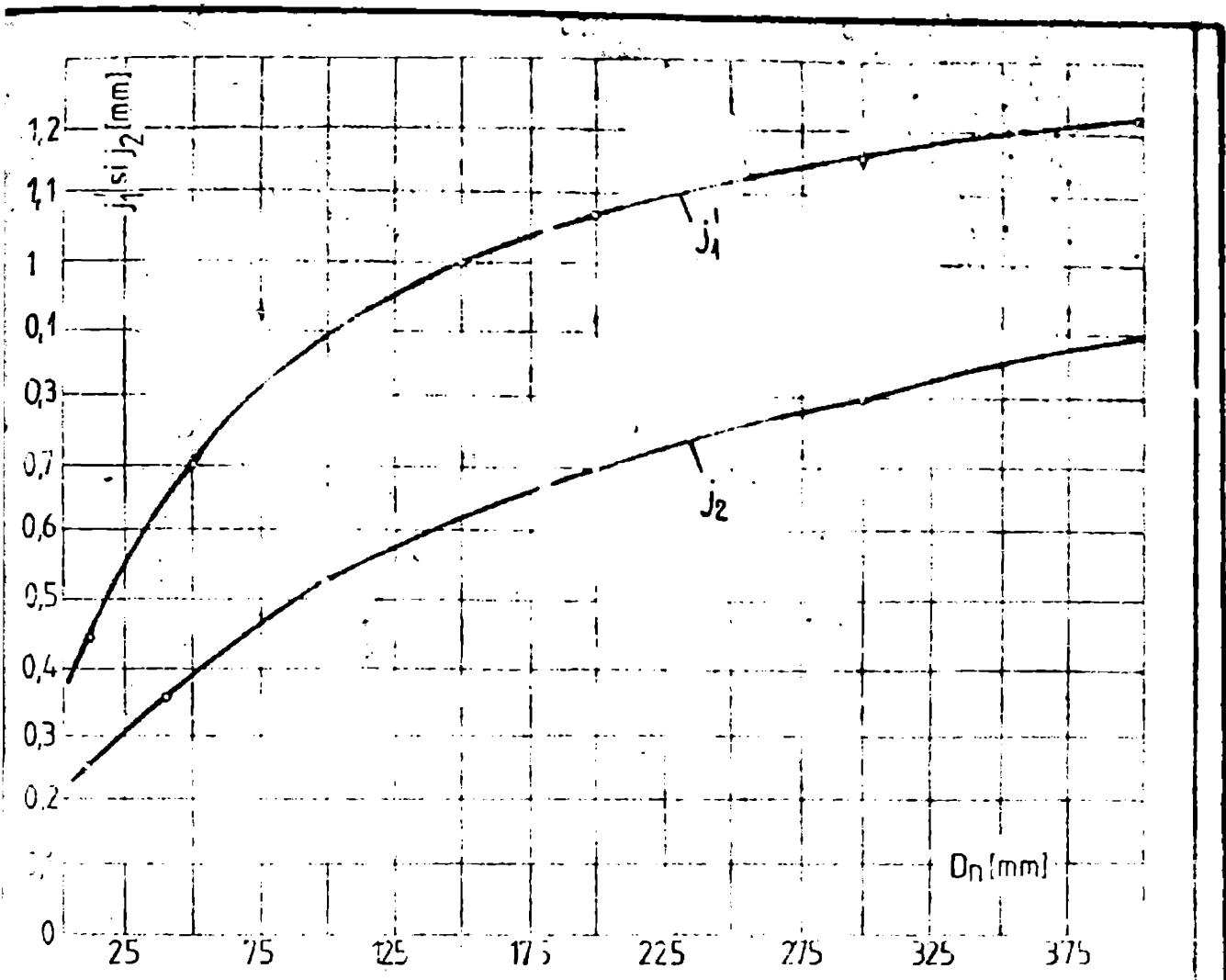
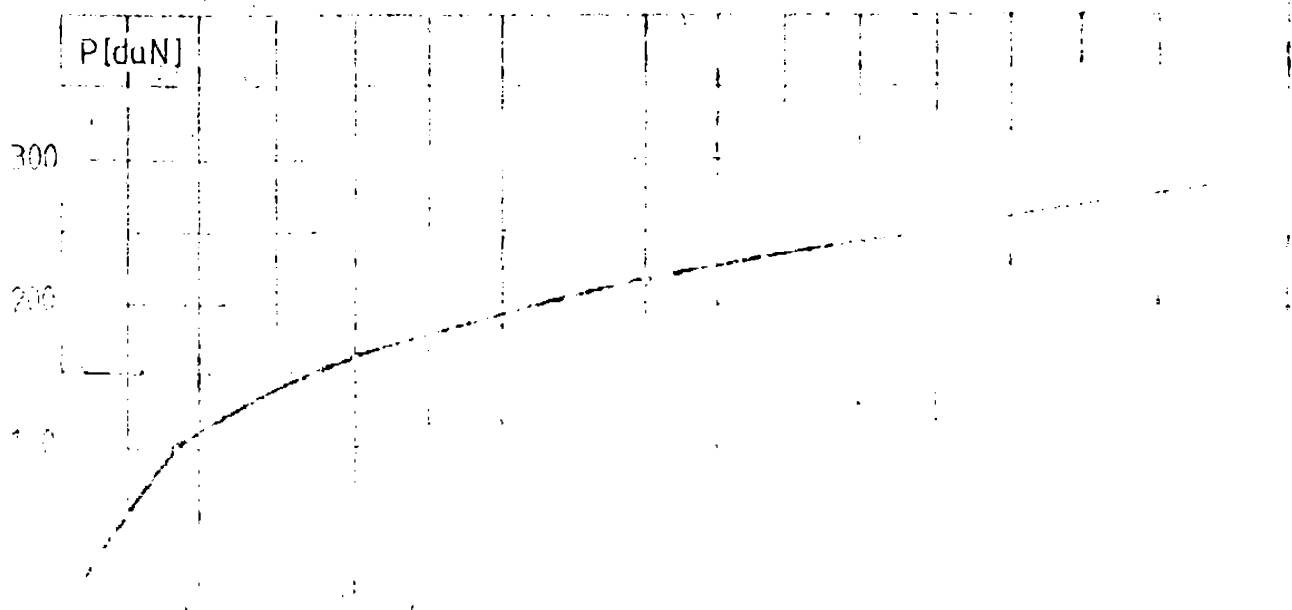


Fig. 2.11



2.2.3. Proiectarea tuburilor flexibile de tipul SR etanșate pentru presiuni medii [1]

Calculul de proiectare al tuburilor SR_5P și SR_4P se face aproximativ în mod similar ca și în cazul tuburilor SR. În plus pentru aceste tuburi se efectuează și calculul de presiune și calculul etanșării.

Proiectarea tuburilor flexibile cu spirele din cinci renuri SR_5P . Forma constructivă și principalele mărimi ale secțiunii spirei tuburilor flexibile SR_5P se prezintă în fig.2.18.

Pentru proiectarea acestor tuburi este necesar să se cunoscă următoarele: diametrul nominal D_n , lungimea maximă l_{max} , raza minimă de îndoire R_1 , presiunea nominală P_n .

În funcție de aceste date se determină mărimile constructive indicate în fig.2.18 și anume: înălțimea profilului spirei s ;

lungimile: l , l_1 , l_2 , l_3 , l_4 ; grosimea cenzii g ; jocurile: j_1 , j_1' , j_2 , j_2' , j_2'' , j_2''' , j_2^{IV} ; unghiurile: $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$, și diametrul exterior D_e .

Valoarea mărimilor s și g se determină cu ajutorul diagramei din fig.2.15.

Mărimea l_4 se determină cu formula

$$l_4 = l - (l + l_3)$$

Pentru a realiza tuburi flexibile cu caracteristici superioare mărimile l_1 , l_2 , l_3 și l_4 trebuie să verifice obligatoriu relațiile:

$$l = l_1 + l_3 + l_4; \quad l_1 = 2,2 l_2;$$

$$l_3 = (1,2 - 1,3)l_2; \quad l_4 = 1,2 l_1 + 2g + j_1 + j_1'$$

Mărimile l_1 , l_2 , l_3 și l se determină cu ajutorul diagramei din fig.2.15.

Pentru unghiurile α se iau aproximativ următoarele valori: $\alpha_1 = 2^\circ - 18^\circ$; $\alpha_2 = 8^\circ - 30^\circ$; $\alpha_3 = 15^\circ - 30^\circ$; $\alpha_4 = 40^\circ - 65^\circ$; $\alpha_5 = 30^\circ - 60^\circ$; $\alpha_6 = 30^\circ - 40^\circ$.

Pentru jocurile longitudinale j_1 se recomandă valorile

$$j_1 = 0,1 - 0,5 \text{ mm}; \quad j_1' = 0,1 - 0,6 \text{ mm}; \quad j_1'' = 0,5 - 2,5 \text{ mm}.$$

Aceste jocuri cresc direct proporțional cu diametrul nominal al tuburilor flexibile.

Jocurile transversale j_2 au valori cuprinse în limitele:

$$j_2 = 0,1 - 0,4 \text{ mm}; j_2^I = 0,1 - 0,6 \text{ mm}; j_2^{II} = 0,1 - 1 \text{ mm}; j_2^{III} = 0,1 - 0,5 \text{ mm}; j_2^{IV} = 0,2 - 1,5 \text{ mm}.$$

Raza minimă de îndoire se calculează cu formula (2.10).

Gradul real de comprimare pe spirală f_p se calculează cu formula

$$f_p = \frac{1 - (2l_1 + 2j_1 + j_1^I + j_1^{II} + 3g)}{2} \quad [\text{mm}] \quad (2.25)$$

Pașul real minim de înfășurare al elicei spiralor se calculează cu formula

$$h_{\min} = 1 - (2l_1 + 2j_1 + j_1^I + j_1^{II} + 3g) = \frac{1 + j_1^I + j_1^{II} + g}{2} \quad [\text{mm}] \quad (2.26)$$

Raza minimă de îndoire se calculează și cu formula

$$R_1 = \frac{(1 + j_1^I + j_1^{II} + g)(D_n + 2s)}{1 - (2l_1 + 2j_1 + j_1^I + j_1^{II} + 3g)} \quad [\text{mm}] \quad (2.27)$$

an care intră elementele constructive ale tubului.

Acest calcul se aplică tuburilor flexibile $R_g P$ neprotejate la exterior. Determinarea razei de îndoire a tuburilor protejate la exterior se face înmulțind rezultatul obținut cu formula (2.27) cu coeficientul K care are următoarele valori: $K = 1,40 - 1,55$ pentru tuburile protejate cu un strat de țesătură din lână și $K = 1,60 - 1,75$ pentru cele protejate cu două straturi de țesătură.

Pașul real maxim se calculează cu formula

$$h_{\max} = 1 - (l_1 + j_1 + g) \quad [\text{mm}] \quad (2.28)$$

În continuare se calculează numărul de spire active, numărul total de spire, gradul real total de comprimare și lungimea maximă și minimă procedînd ca și la tuburile EPD.

Calculul forței axiale. Forța axială P se determină considerînd peretele $a - a'$ al reaurii principale a spirii tubului solicitat ca o placă inelară încastrată la ceroul exterior, cu sarcina liniară pe conturul liber.

Sarcina axială inelară pe unitatea de lungime (cm) se calculează cu formula

$$p_1 = \frac{P}{2\pi \cdot b}$$

Momentul radial în placă corespunzător ceroului de înca-

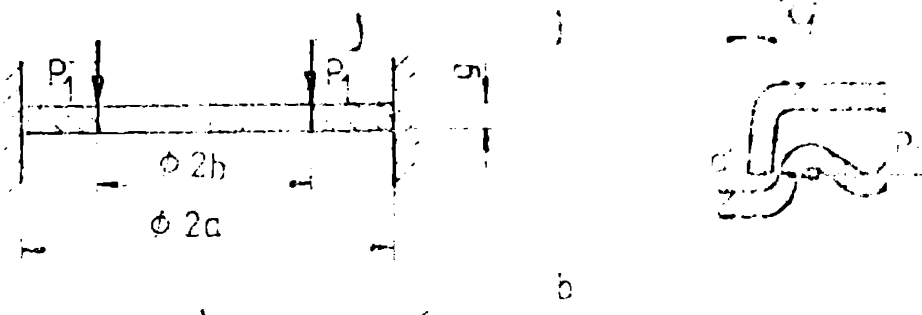
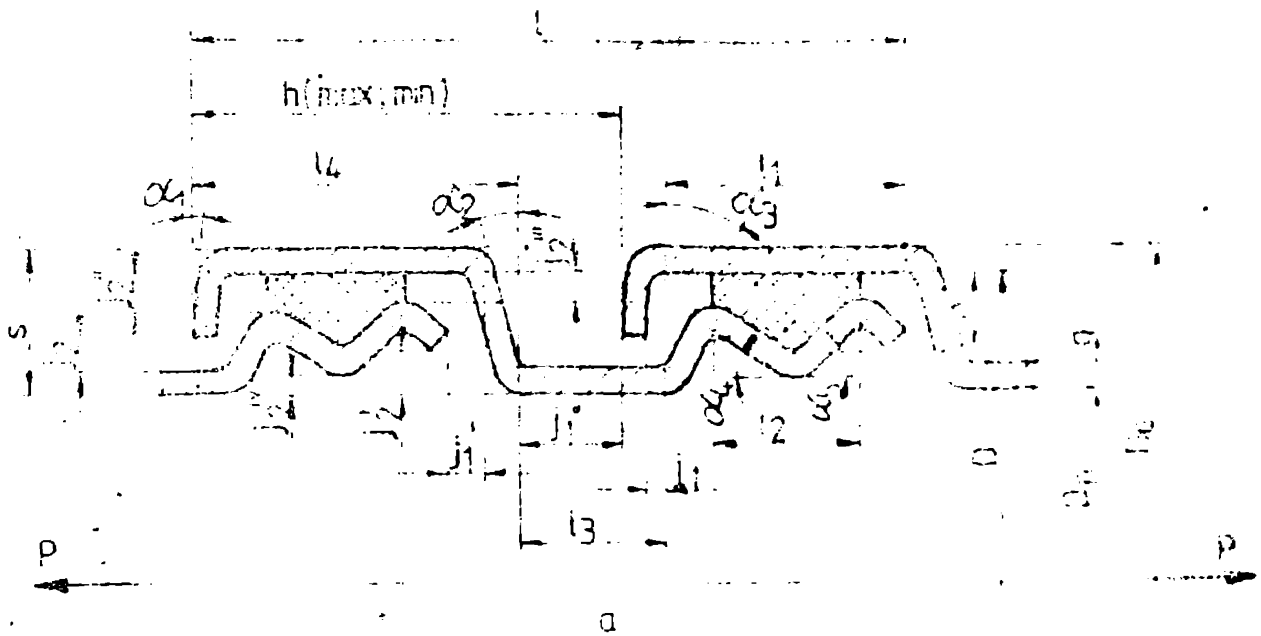
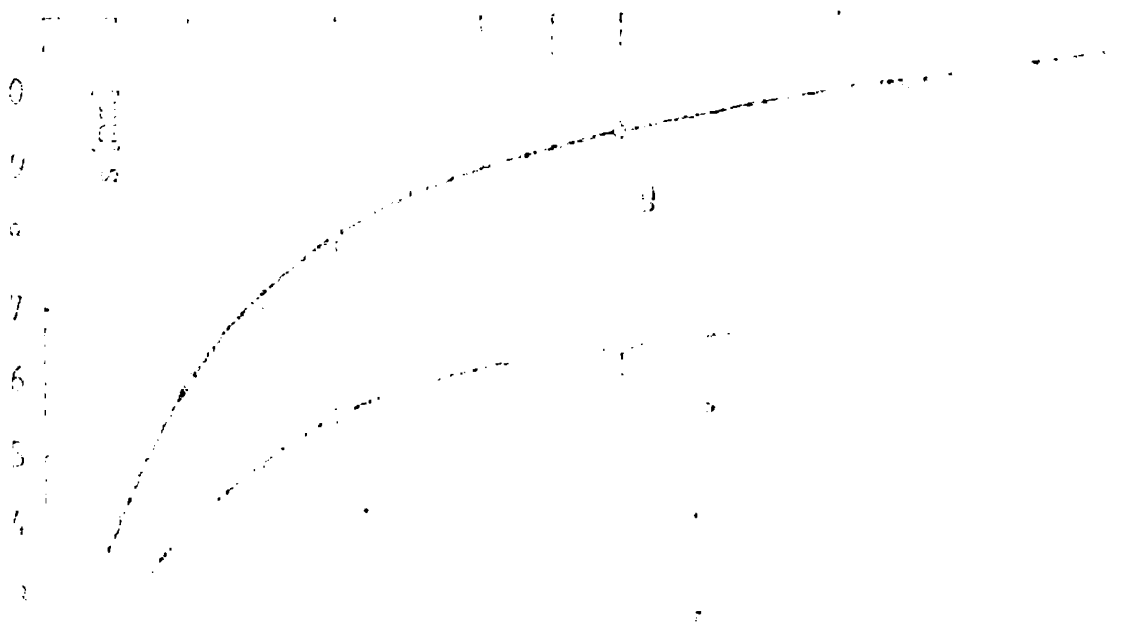


Fig 2.13



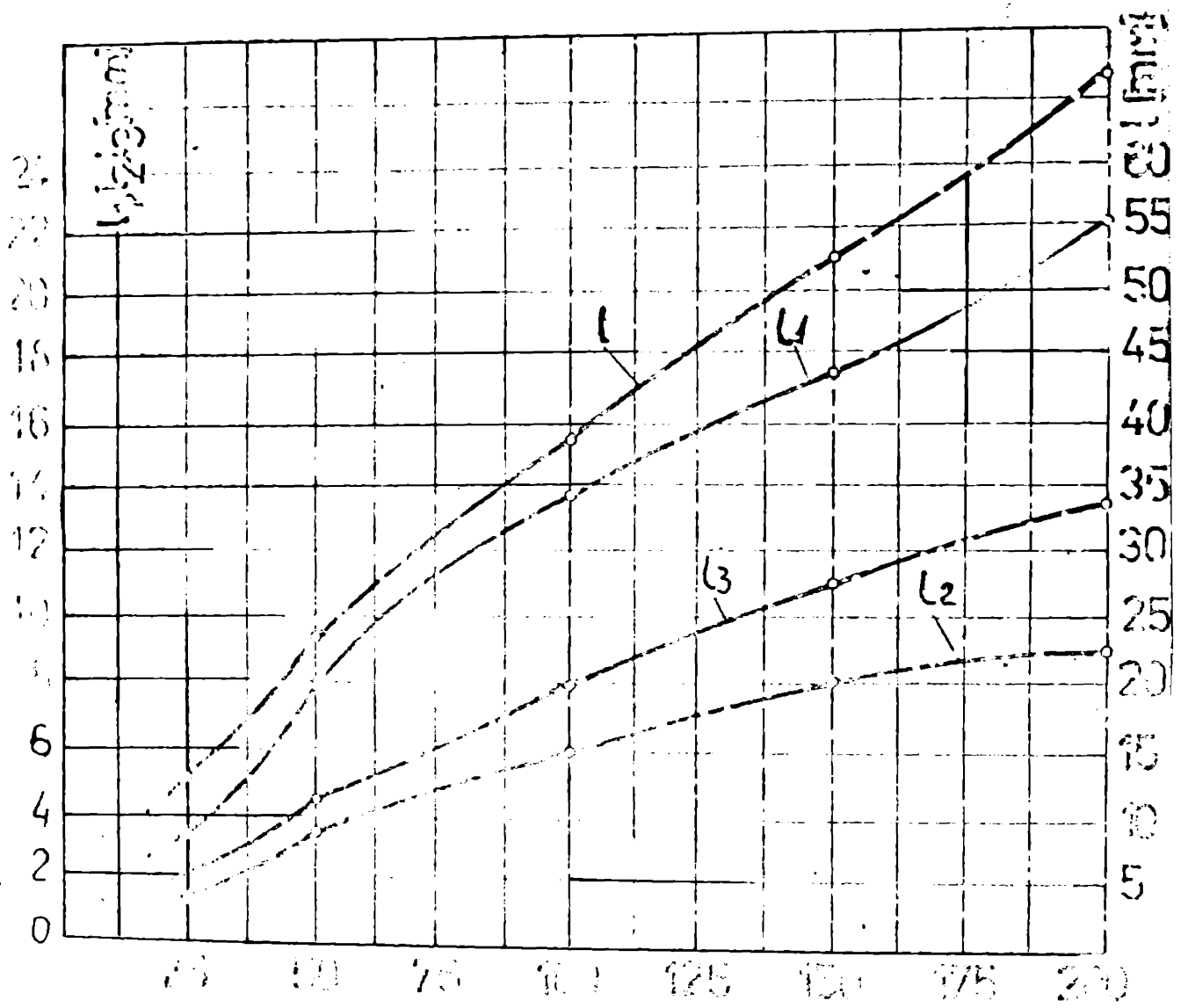


Fig. 2.15

trere de rază r este

$$M_r = \frac{P_1 \cdot a}{3} \beta \left[-1 + (1 + \mu)k_3 + (1 - \mu)k_3 \frac{1}{2} - (1 + \mu) \ln \beta \right] \quad (2.29)$$

Momentul tangențial pe același cerc cu raza r este

$$M_t = \frac{P_1 \cdot a}{2} \beta \left[-\mu + (1 + \mu)k_3 - (1 - \mu)k_3 \frac{1}{2} - (1 + \mu) \ln \beta \right] \quad (2.30)$$

În formulele (2.29) și (2.30) $k_3 = \beta^2 \frac{1 + (1 + \mu) \ln \beta}{1 - \mu + (1 + \mu) \beta^2}$

unde $\beta < \beta \leq 1$

Dacă $\beta = 1$ momentul este egal cu zero, iar dacă $\beta = 1$ momentul este maxim. Momentul maxim este pe conturul de încastrare, adică pentru $r = a$.

Ținând seama de relațiile $\beta = \frac{b}{a} < 1$; $\beta = \frac{r}{a} = 1$; $\mu = 0,3$

(coeficientul Poisson pentru oțel) și înlocuind pe $\beta = 1$ și expresiei lui k_3 se obține:

$$M_r = \frac{P_1 \cdot a \cdot \beta}{2} \left(2\beta^2 \frac{1 + 1,3 \ln \beta}{0,7 + 1,3 \beta^2} \right) \quad (2.31)$$

$$M_t = \frac{P_1 \cdot a \cdot \beta}{2} \left(0,6 \beta^2 \frac{1 + 1,3 \ln \beta}{0,7 + 1,3 \beta^2} - 0,3 \right) \quad (2.32)$$

Efortul în secțiunea solicitată este

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6M}{b^2} \quad \text{unde } M = \sqrt{M_r^2 + M_t^2}$$

În cazul în care peretele $a' - a''$ este înclinat cu unghiul α_1 față de axială se calculează cu formula

$$P = 2\pi \cdot b \cdot P_1 \cdot \cos \alpha_1 \quad (2.33)$$

Se poate face și un calcul aproximativ al forței axiale așa cum se prezintă în continuare.

Pentru simplificarea se consideră porțiunea din spirală $a' - a''$, ca în fig. 2.16, unde $a' - a''$ este o grindă încastrată iar asupra unui sector elementar egal cu 1 se aplică forța P_1 concentrată la capătul liber.

Se poate scrie $\sigma_a = \frac{k_1}{1 + \frac{a}{b}} = \frac{P_1 \cdot a}{1 + \frac{a}{b}} = \frac{6P_1 \cdot a}{b^2}$

$$\text{de unde } P_1 = \frac{\sqrt{a} \cdot g^2}{g \cdot X}$$

în care: M_1 este momentul încovoietor maxim; π - modulul de rezistență; P_1 - sarcina elementară; g - grosimea benzii; X - lățimea peretelui $a' - a''$; \sqrt{a} - efortul admisibil la încovoiere.

$$\text{Cum } P_1 = \frac{P}{2\pi r} \quad \text{putem scrie} \quad \sqrt{a} = \frac{6P \cdot X}{2\pi r g^2} \quad \text{de unde}$$

$$P = \frac{2\pi \cdot r g^2 \cdot \sqrt{a}}{6 X} \quad [\text{daN}] \quad (2.34)$$

În cazul în care peretele $a' - a''$ este înclinat cu unghiul α_1

$$P = \frac{2\pi \cdot r g^2 \cdot \sqrt{a}}{6 X} \cos \alpha_1 \quad [\text{daN}] \quad (2.35)$$

Determinarea presiunii la care pot fi solicitate tuburile $\text{cu } p$. Pentru determinarea presiunii de lucru în condiții normale de exploatare se utilizează formula

$$p = \frac{200 \sqrt{a} \cdot \varphi (g \cdot \eta - e)}{D} \quad (2.36)$$

în care: p este presiunea la $T = 20^\circ\text{C}$; \sqrt{a} - efortul unitar admisibil; φ - coeficientul de alăbire datorită îmbinării pe generatoare (în cazul de față $\varphi = 1$ deoarece lipsește acest tip de îmbinare); g - grosimea benzii; η - coeficientul ce ține seama de reducerea grosimii benzii la deformare ($\eta = 0,8-0,9$); e - adnosul la grosime pentru caracteristici superioare ale tuburilor de rezistență mărită; D - diametrul corespunzător interiorului renuri exterioare.

Tuburile flexibile cu spira din oțel renuri pot fi executate și cu unu sau două straturi de protecție la exterior din țesătură de sîrmă care asigură în exploatare presiuni mai mari decât cele neprotejate. Coeficientul de creșterea a presiunii în acest caz este $K=1,5-1,4$ pentru un strat de protecție și $K=1,8-1,6$ pentru două straturi de protecție.

Calculul etanșării tubului este foarte greu de efectuat deoarece intervin o serie de factori variabili care nu pot fi introduceți în formule matematice precise. Executarea tuburilor flexibile în acest

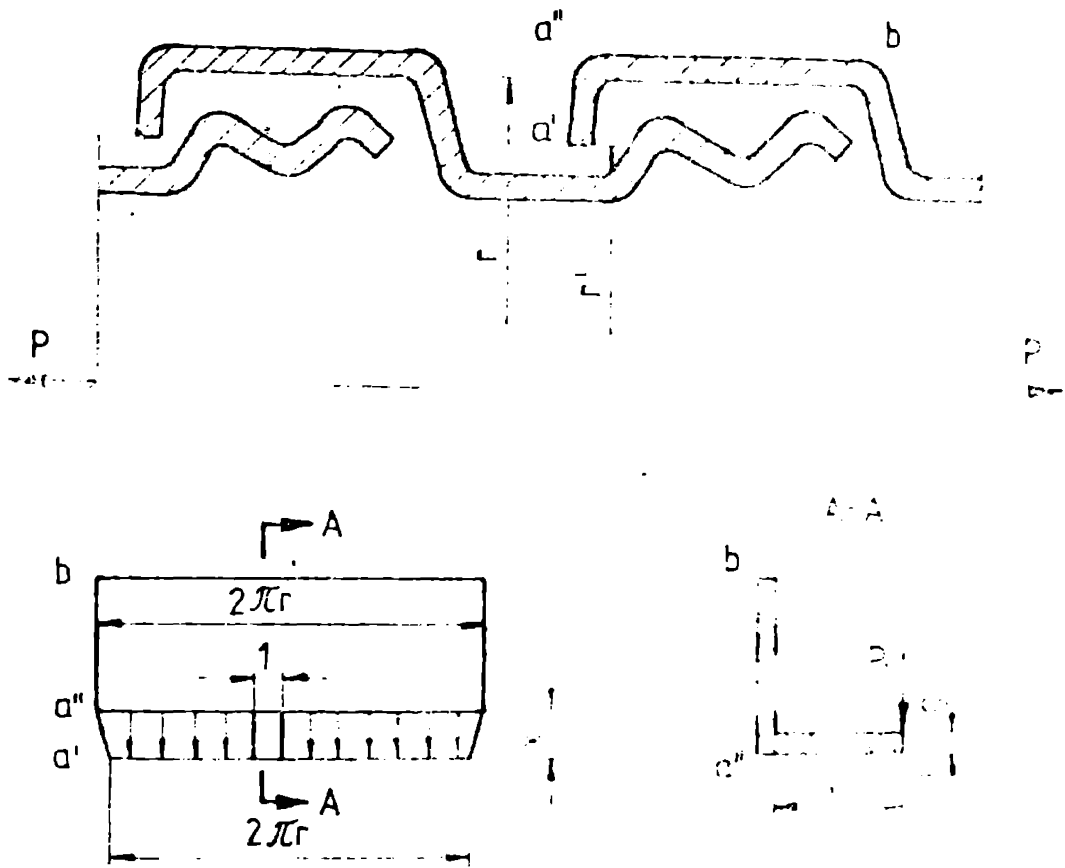


Fig. 2.16

JZ

Se face prin determinări experimentale succesive mărind secțiunea șnurului de etanșare și grosimea benzii până la obținerea caracteristicilor dorite.

Pentru reducerea numărului de încercări se stabilește aproximativ secțiunea transversală a materialului de etanșare A_1 și secțiunea transversală a lămâșului A_2 în care se plasează materialul de etanșare între care există relația

$$A_1 = c \cdot A_2$$

în care c este coeficientul de reducere al secțiunii materialului de etanșare la strângerea între spire.

Coeficientul c variază în funcție de natura materialului de etanșare și presiunea la care trebuie să reziste tubul flexibil, creștând cu aceasta.

Astfel, $c = 2, 3-4,5$ pentru cauciuc; $c = 2,5-4$ pentru cauciuc și cîmpeș și $c = 2-4$ pentru azbest.

Proiectarea tuburilor flexibile cu spirele din patru renuri SR₄N. Forma constructivă a spirelor tuburilor SR₄N se prezintă în fig. 2.16.

Se observă din fig. 2.16 că principalele mărimi constructive ale tuburilor SR₄N sînt următoarele: l, l_1, l_2, l_3 , și l_4 , înălțimile: s și s_1 , grosimea benzii g , jocurile $j_1, j_1', j_2, j_2', j_2'', j_2'''$, unghiurile: $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$, și diametrul exterior d_0 . Lățimile l se determină din diagrama prezentată în fig. 2.16.

Între mărimile lățimilor l există următoarele relații:

$$l = l_1 + l_3 + l_4; \quad l_1 = (2,6 - 3)l_2; \quad l_3 = (1,4 - 1,5)l_2; \quad l_4 = 1,5l_1 + 2g + j_1 + j_1'$$

Înălțimea s și grosimea g ale spirei se determină cu ajutorul diagramelor din fig. 2.16.

Mărimile unghiurilor α sînt cuprinse în limitele:

$$\alpha_1 = 0 - 30^\circ; \quad \alpha_2 = 0,5^\circ; \quad \alpha_3 = 0 - 50^\circ; \quad \alpha_4 = 0 - 10^\circ \text{ și } \alpha_5 = 0 - 30^\circ.$$

Jocurile j_1 cu valorile cuprinse în limitele: $j_1 = 0,2-1$ mm

$$j_1' = 0,2-1,2 \text{ mm}; \quad j_1'' = 0,4-2 \text{ mm}.$$

Jocurile transversale j_2 au următoarele valori: $j_2 = 0,6-3$ mm

$$j_2' = 0,7-3,2 \text{ mm}; \quad j_2'' = 0,1-0,7 \text{ mm}; \quad j_2''' = 0,1-0,4 \text{ mm}.$$

Calculul de proiectare al tuburilor SR₄N se face în același mod ca și al tuburilor SR₃P utilizînd pentru $d_1, f_r, h_{\min}, h_{\max}, n, f_r, L_{\min}$ formulele prezentate.

În cazul protejării tuburilor flexibile SR₄N cu un strat de

de țesătură din sîrmă raze de îndoire se micșorează cu coeficientul $K = 1,35 - 1,45$ iar pentru două straturi de protecție $K = 1,55 - 1,65$.

Calculul forței axiale se face ținînd seama de faptul că solicitarea tuburilor flexibile este conform celor indicate în fig. 2.17b că momentul maxim este pe conturul de încastrare la $r = a$ și că

$$\beta = \frac{b}{a} > 1; \quad \rho = \frac{R}{a} = 1; \quad \mu = 0,3$$

Calculul momentelor M_x și M_y se face cu formulele (2.31) și (2.32) iar forța axială cu formula (2.33).

Calculul aproximativ al sarcinii axiale la tuburile flexibile SR_4N se face în mod identic cu al tubului SR_5P , utilizînd aceleași formule și folosind același raționament.

În ceea ce privește calculul etanșării tuburilor SR_4N se procedează identic cu la tuburile SR_5P cu precizarea că valorile coeficientului K de îmbunătățire a rezistenței la presiune interioară are valorile: $K = 1,5 - 1,75$ pentru tuburile etanșate cu cauciuc și protejate cu un strat de țesătură din sîrmă la exterior; $K = 1,9 - 2,2$ pentru aceleași tuburi protejate cu două straturi de sîrmă la exterior; $K = 1,55 - 1,8$ pentru tuburile etanșate cu amestec și protejate la exterior cu un strat de țesătură din sîrmă; $K = 1,5 - 1,7$ pentru tuburile etanșate cu asbest și protejate cu două straturi din sîrmă la exterior.

2.2.4. Proiectarea tuburilor flexibile cu spirale în formă de semiografă USA. [1]

Proiectarea tuburilor flexibile USA neetanșate. Elementele constructive ale tuburilor USA neetanșate se prezintă în fig. 2.19.

Principalele elemente constructive ale profilului spiralelor acestor tuburi sînt următoarele: lățimile: l , l_1 , l_2 , și l_3 ; înălțimile s și s_1 ; jocurile longitudinale j_1 și j_1^0 ; jocurile transversale j_2 ; raza r și grosimea benzii g .

Determinarea elementelor constructive se face cu ajutorul diagramei din fig. 2.20.

Înălțimea s se calculează cu formula $s = 4g + 3j_2$.

Lățimile l , l_1 , l_2 și l_3 se vor determina prin calcul astfel: $l = (4,2 - 0,4)g$; $l_1 = (1,33 - 1,42)s = (0,32 - 0,32)l$; $l_2 = 1,72s$ și $l_3 = s + 2g = (0,7 - 0,75)s$.

Pentru verificare se utilizează relația: $l = 2l_2 + l_3$.

Pentru celelalte marimi se utilizează relațiile:

$$s_1 = s + 2j_2 \text{ sau } s_1 = s - (3g + j_2); \quad r = \frac{s_1}{2}; \quad \alpha = 32^\circ - 40^\circ;$$

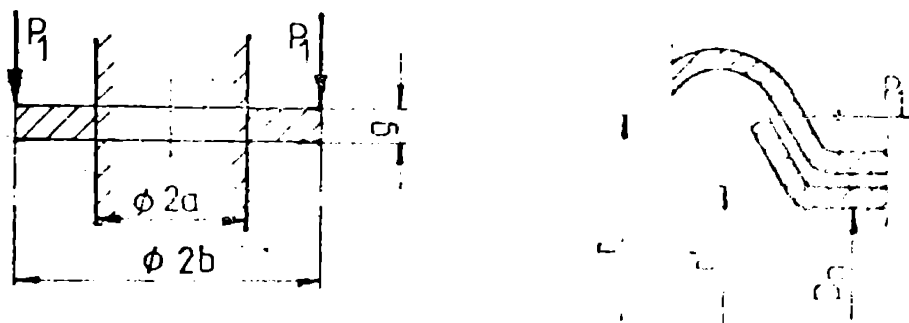
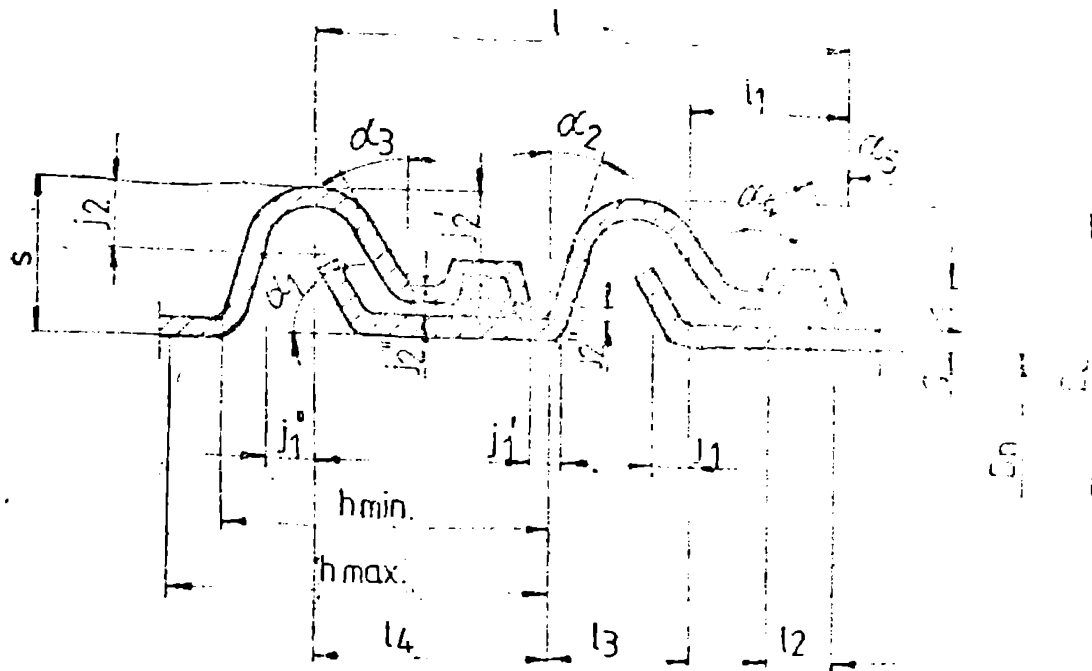
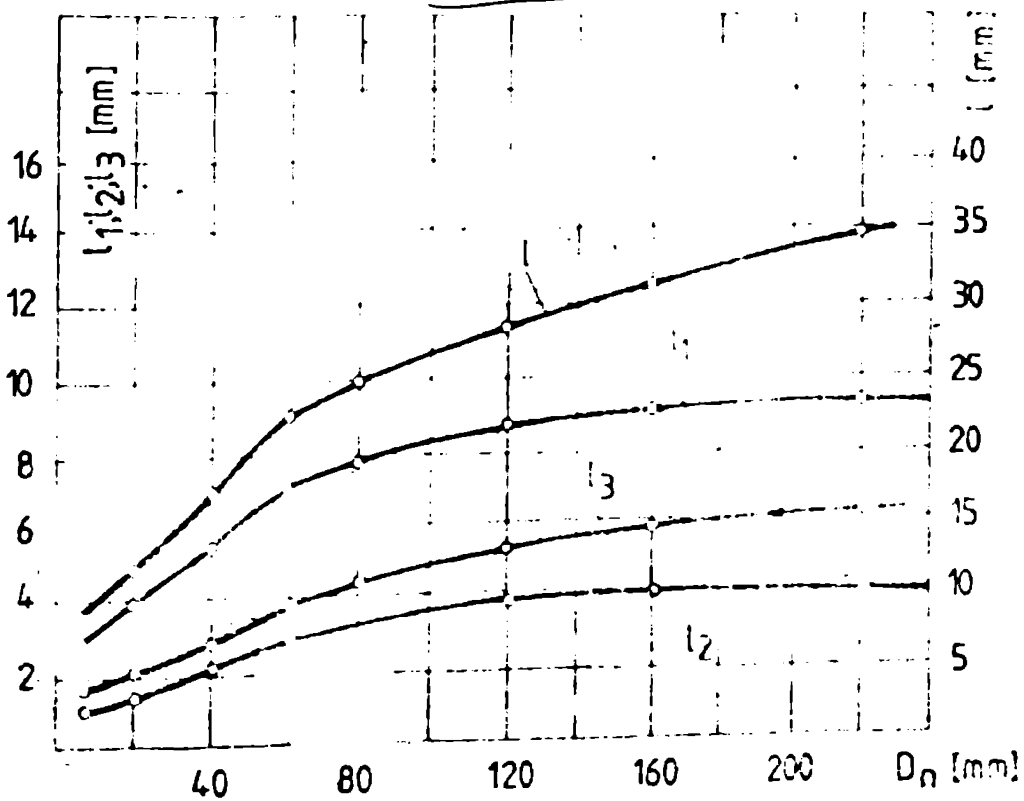


Fig. 2.17



Jocurile j_1 și j_1' se determină din diagrama prezentată în fig. 2.21.

În fig. 2.21 jocul j_1' este dat pentru o valoare α în care $\alpha = 0$ iar pentru cazurile când $0 < \alpha < 45^\circ$ valoarea jocului se determină din diagramă cu coeficientul $c = 1 - 1,4$.

Gradul real de comprimare sau dilatarea spire se calculează cu formula

$$f_r = \frac{1 - (2l_1 + 3g + 2j_1 + 2j_1')}{2} \quad (2.37)$$

Gradul real de comprimare f_r variază direct proporțional cu unghiul α și se calculează în acest caz cu formula

$$f_r = \frac{(2l_1 + g + 2j_1) - (2l_1 + 3g + 2j_1 + 2j_1')}{2} \quad (2.38)$$

Rasul real de înfășurare minimă se calculează cu formula

$$h_{\min} = \frac{g + 2j_1}{2} \quad (2.39)$$

Raza minimă de îndoire R_1 se calculează cu formula

$$R_1 = \frac{(1 + g + 2j_1) D_1}{1 - (2l_1 + 3g + 2j_1 + 2j_1')} \quad (2.40)$$

Rasul real de înfășurare maximă se calculează cu formula

$$h_{\max} = 1 - (l_1 + j_1 + g) \quad (2.41)$$

Pentru calculul maximele: n , r_1 , L_{\min} și L_{\max} se vor utiliza celele formule de și în cazul tuburilor prezentate anterior. Calculul sarcinii axiale se face în ipoteza că spirele tubului sunt solicitate la întindere de forță în modul indicat în fig. 2.22.

Pentru simplificare se consideră rezerva $a - a'$ solicitată la încovoiere ca o grindă încastrată la un capăt asupra căreia acționează forțele F_1 și F_2 , componente ale forței P .

În realitate pot apărea două cazuri de solicitare: cazul I când $F_1 = F_2 = \frac{P}{2}$ și cazul II când $F_1 = 0$ iar $F_2 = P$.

În cazul I de solicitare putem scrie:

$$\sigma = \frac{M}{I} = \frac{F_1 \cdot y + F_2 \cdot x}{I} \quad \text{în care: } y = \frac{D_1 - d_1}{2} \quad \text{iar}$$

$$L = \frac{\pi(D_1 + d_1)}{2}$$

$$\sigma = \frac{6P(x+y)}{(D_n + D_o) s^2} \quad (2.42)$$

In calculul de dimensionare $\sigma = \sigma_n$ și formula (2.42) devine

$$P = \frac{\pi (D_n + D_o) s^2 \cdot \sigma_n}{6(x+y)} \quad [daN] \quad (2.43)$$

In cazul II de solicitare se poate scrie

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{P \cdot L}{W} \quad \text{in care: } W = \frac{L \cdot s^2}{6} \quad \text{iar } L = \pi (D_n + 2s + x)$$

$$P = \frac{\pi (D_n + 2s + x) s^2 \cdot \sigma_n}{6x} \quad [daN] \quad (2.44)$$

Proiectarea tuburilor flexibile SNA etanșate. Construcția spiralelor și principalele elemente ale acestora se prezintă în fig. 2.23. [1]

Comparând fig. 2.19 și fig. 2.23 se constată că spiralele tuburilor SNA etanșate cu în plus față de cele neetanșate următoarele elemente constructive: lățimile: l_4 și l_5 ; diametrul D_1 ; înălțimile: s_2 și s_3 ; jocurile: J_2 și J_2' .

Pentru tuburile SNA etanșate $s = 3s + s_3 + J_2 + 2J_2'$.

Mărimea elementelor s_3 , J_2' și J_2'' se determină din fig. 2.24, grosimea benzii g din fig. 2.20 iar $J_2'' = 0,8 J_2'$.

Lățimile l se determină astfel:

$$l = (4,4 - 4,6)s; \quad l_1 = (1,53 - 1,57)s; \quad l_2 = 1,78s; \quad l_3 = s + 0,6s = (0,7 - 0,75)s; \quad l_4 = s; \quad l_5 = (1,5 - 2)s.$$

Verificarea se face cu aceeași formulă ca în tuburile SNA neetanșate.

Calculul arcului real de comprimare se face cu formula (2.37) sau (2.38).

Raza minimă de îndoire

$$R_1 = \frac{(1 + E + 2J_1') D_o}{1 - (2l_1 + 3g + 2J_1 + 2J_1'')} \cdot K \quad (2.45)$$

Coefficientul K are valorile: $K = (1,1 - 1,5)$ și crește odată cu creșterea diametrului nominal. Restul elementelor h_{\min} , h_{\max} ,

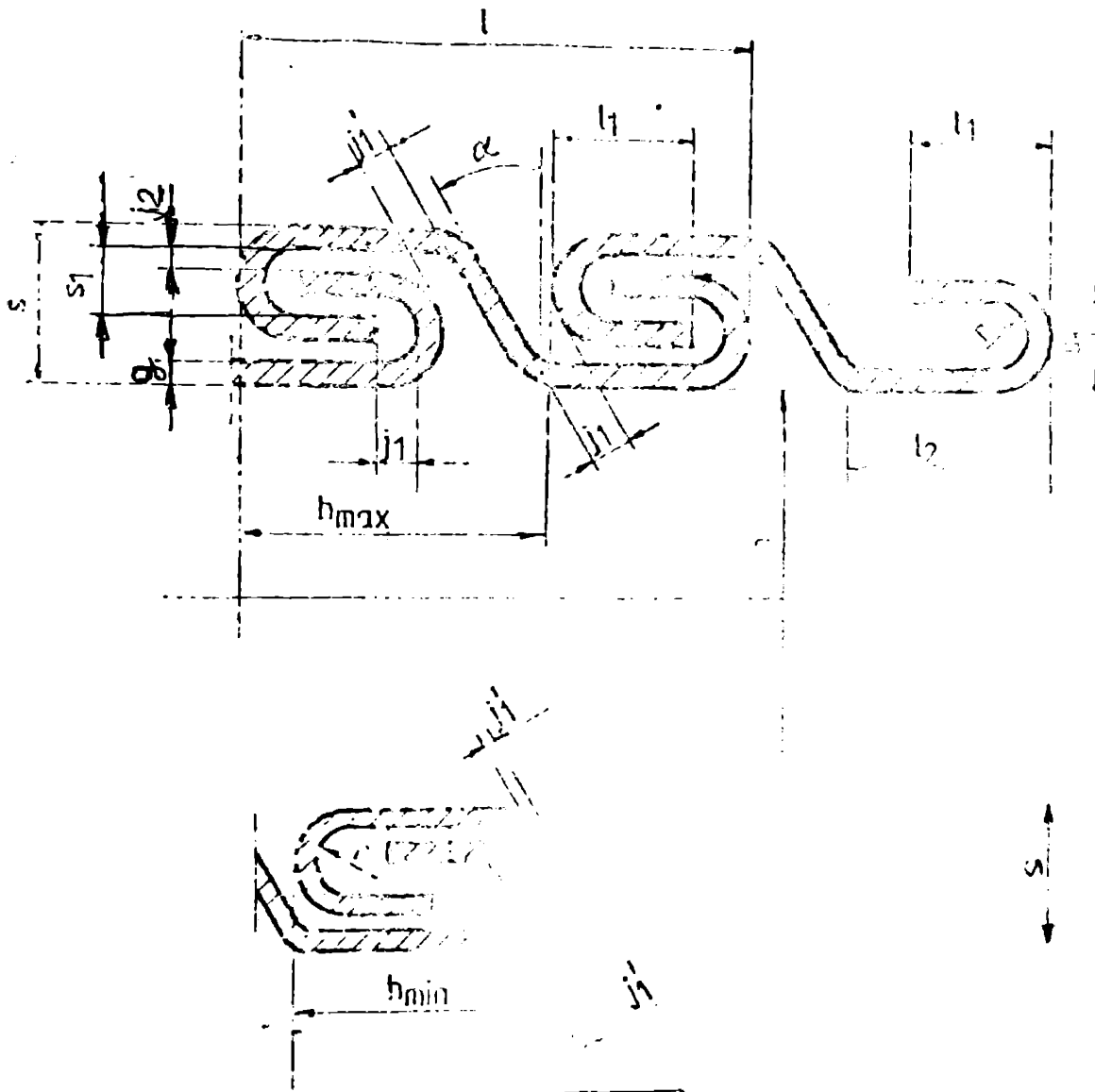


Fig. 2.19

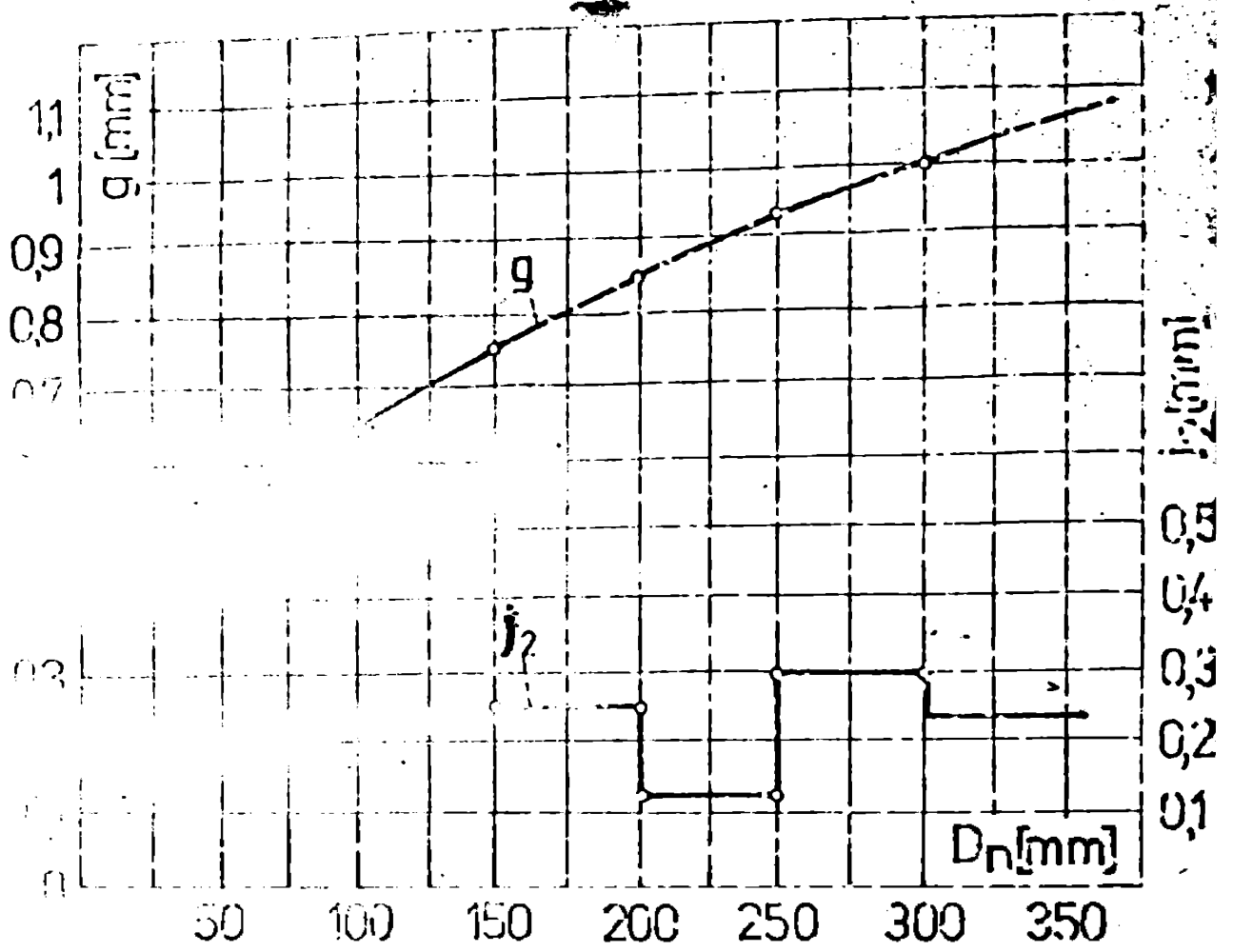


Fig. 2.20

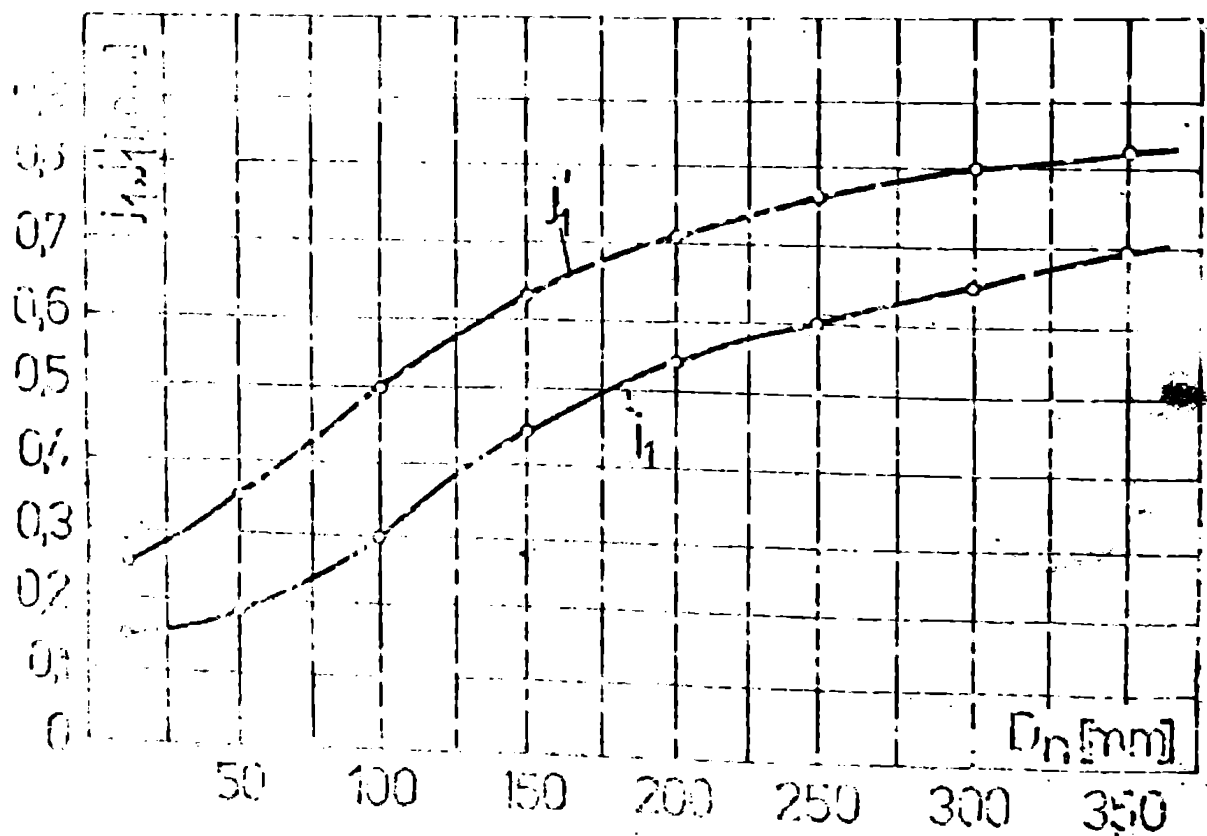


Fig. 2.21

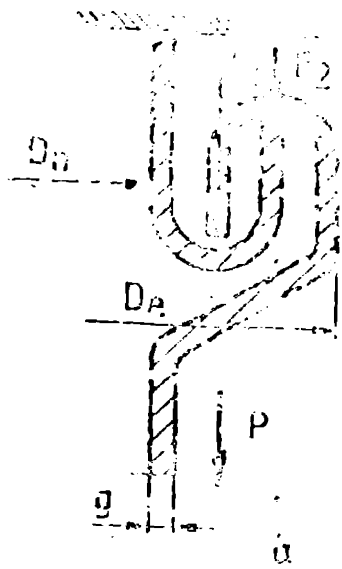


Fig 2.22

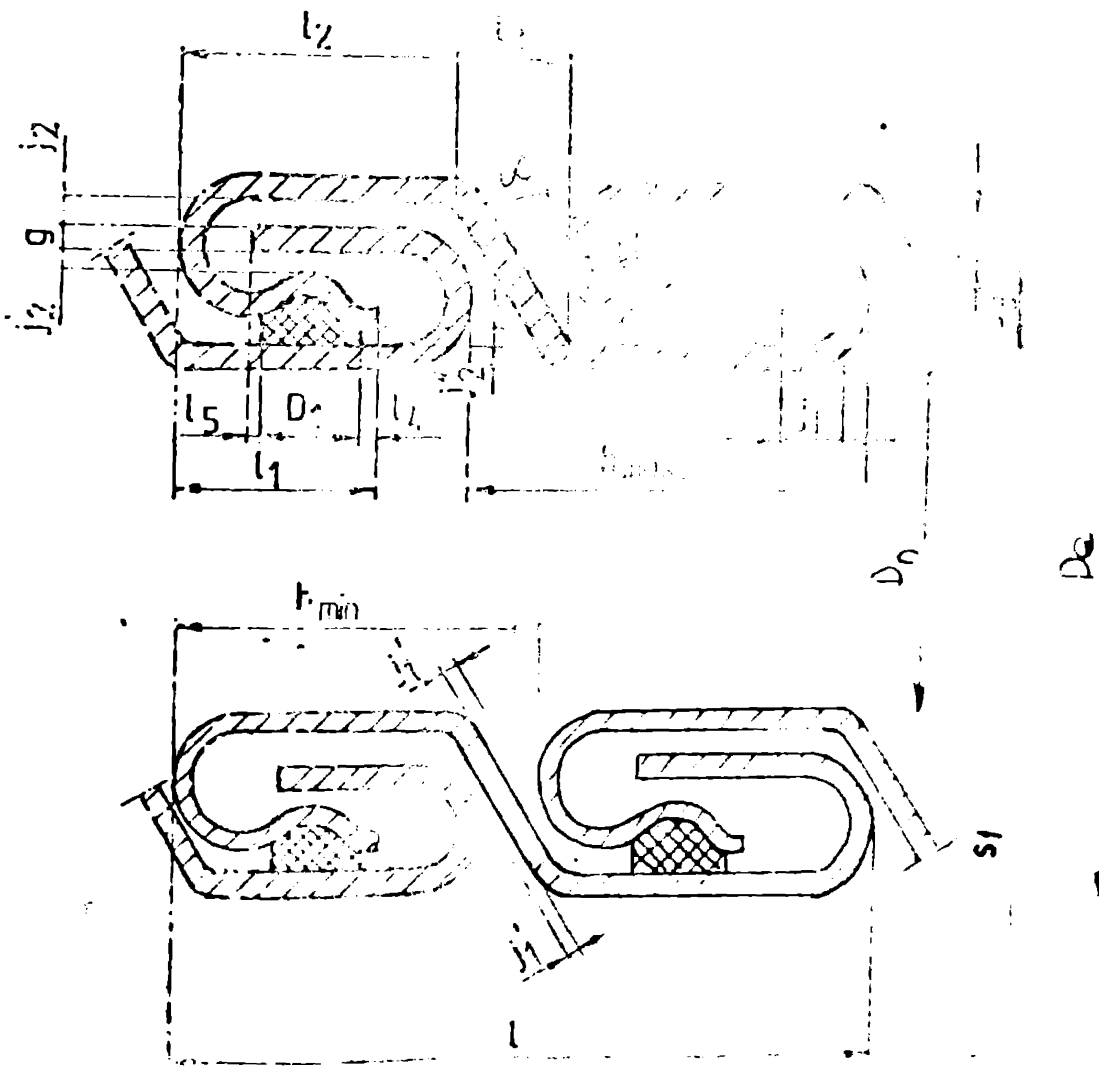


Fig 2.23

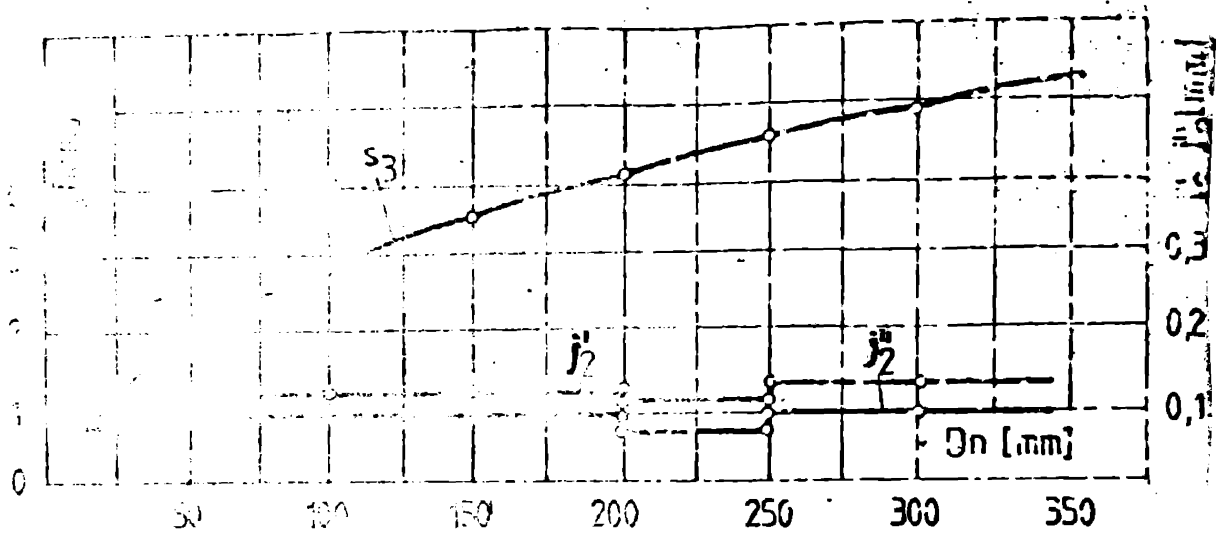


Fig. 2.24

λ , n_1 , N , gradul total de comprimare ν_r , L_{min} , P se calculează la fel ca în cazul tuburilor CSA nestanțate.

Determinarea presiunii la care poate fi solicitat tubul flexibil CSA stanțat se face cu formula (2.36) în care notațiile au aceeași semnificații.

Când tuburile CSA sînt protejate la exterior presiunea calculată cu formula (2.36) se înmulțește cu coeficientul K care are valorile: $K = 1,1 - 2,5$ pentru tuburile protejate cu un singur strat de țesătură din sîrmă; $K = 1,2 - 3,5$ în cazul protejării cu două straturi și $K = 1,5 - 4,5$ în cazul protejării cu trei straturi.

Calculul stanțării tuburilor CSA se face la fel ca al tuburilor SR₅P.

2.2.5. Proiectarea tuburilor metalice flexibile din țevi cu renuri parțiale tip O.[1]

Dimensionarea tuburilor flexibile din țevi cu ondulații parțiale OC, a celor cu ondulații în spirală OC și a celor din benzii profilate și sudate continuu OCS, se face în mod asemănător și de aceea se prezintă în continuare împreună.

Dimensionarea principalelor mărimi constructive. Elementele constructive ale acestor tuburi flexibile se prezintă în fig. 2.25.

Principalele mărimi constructive ale tuburilor OC, OC și OCS sînt: înălțimile: l_1 și l_2 ; razele: R și R' ; înălțimea profilului ondulațiilor grosimea peretelui ondulației s , pasul minim h_{min} și maxim h_{max} .

Înălțimea profilului spiralei u și grosimea g se determină grafic în funcție de mărimea diametrului nominal D_n , cu ajutorul fig. 2.26.

Celelalte mărimi constructive se determină în funcție de înălțimea s utilizînd următoarele relații:

- Pentru tuburile cu ondulații normale:

$$l_1 = l_2 + 2g = (1,1 - 1,2)s; \quad l_2 = l_1 - 2g; \quad (2.46)$$

$$R = \frac{s}{3}; \quad l_2' = (0,75 - 0,84)s; \quad l_2'' = (1,05 - 1,17)s$$

- Pentru tuburile cu ondulații dese și înguste:

$$l_1 = l_2 + 2g = (0,5 - 0,7)s; \quad l_2 = l_1 - 2g$$

$$R' = \frac{l_1}{2} \quad (\text{pentru ondulații rotunde});$$

$$R' = \frac{l_1}{4} \quad (\text{pentru ondulații drepte}); \quad (2.47)$$

$$l_2' = (0,27 - 0,37)s; \quad l_2'' = (0,43 - 0,57)s$$

- Pentru tuburile cu ondulații dese și presate:

$$l_1 = (0,55 - 0,65)s; \quad l_2 = (0,3 - 0,4)s;$$

(2.45)

$$K' = \frac{l_1}{s}; \quad l_2 = (0,26 - 0,36)s; \quad l_2'' = (0,43 - 0,53)s$$

Gradul de comprimare real pe o undulație f_r se determină cu formule

$$f_r = h_{\max} - h_{\min} = (l_1 + l_2'') - (l_1 + l_2) - l_2'' - l_2' \quad (2.46)$$

Pasul de undulare real minim h_{\min}

$$h_{\min} = l_1 + l_2' \quad (2.47)$$

Raza minimă de îndoire

$$R_1 = \frac{(l_1 + l_2'')^2}{l_2'' - l_2'} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (2.48)$$

în care: coeficientul $K_1 = 1$ pentru tuburile neprotejate la exterior, iar pentru cele protejate valoarea lui se determină grafic din fig. 2.2
- coeficientul $K_2 = 0,83 - 0,87$ pentru ondulațiile dese și înguste și $K_2 = 0,78 - 0,82$ pentru tuburile cu ondulații dese și presate.

Pasul real maxim de undulare

$$h_{\max} = l_1 + l_2'' \quad (2.49)$$

Pasul real de undulare

$$h_0 = l_1 + l_2 \quad (2.50)$$

Numărul de ondulații active

$$n = \frac{L_0}{h_0} \quad (2.51)$$

în care L_0 este lungimea ondulată în stare normală.

Numărul total de ondulații, gradul real de comprimare sau alungire se determină ca la tuburile din benzi profilate.

Determinarea presiunii admise de tuburile flexibile 0. Utilizând notațiile din fig. 2.25 și dacă $\frac{D}{D'} = \beta \leq 1,1$ determinarea presiunii p

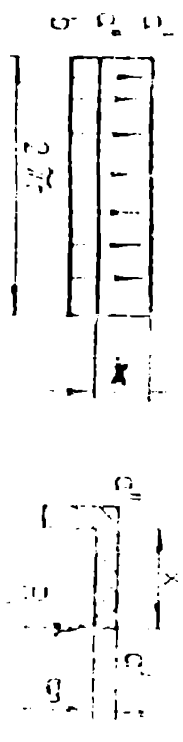
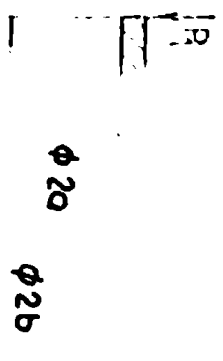
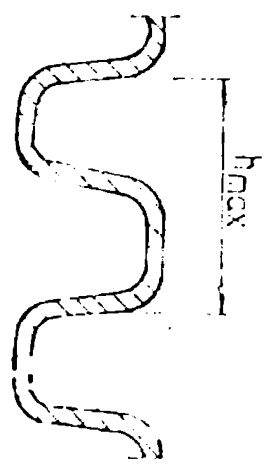
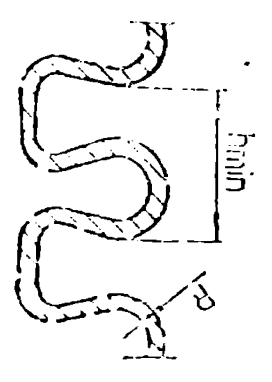
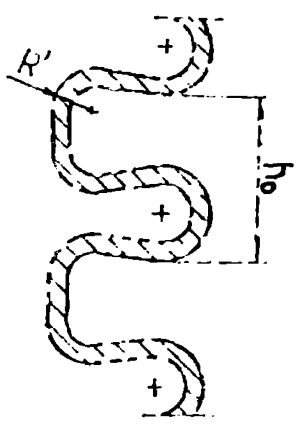
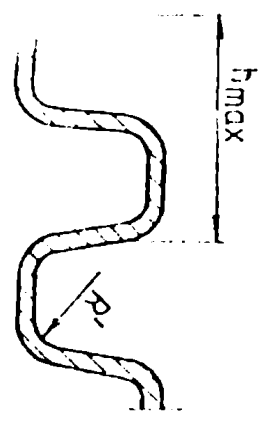
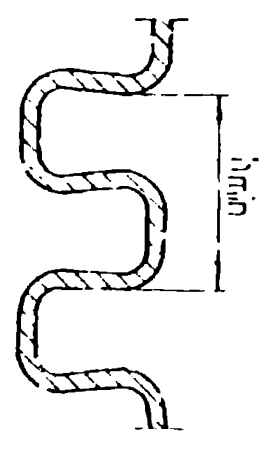
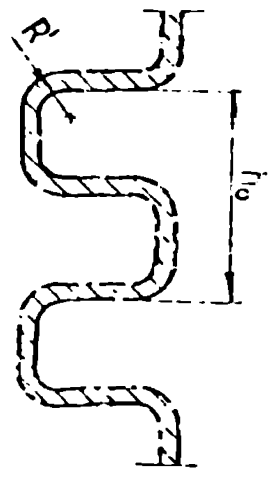
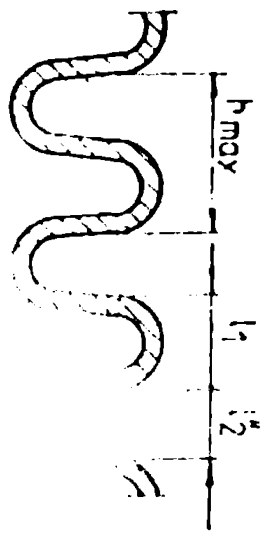
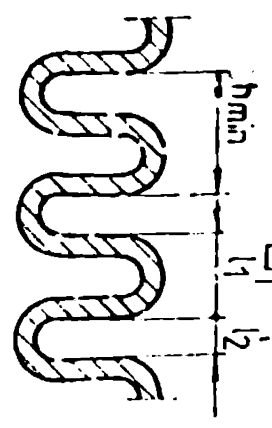
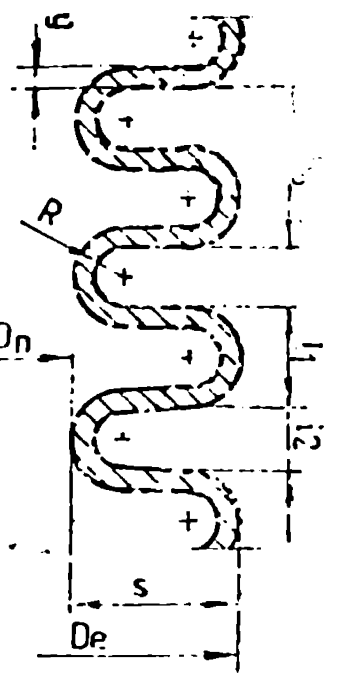
siunii p pentru tuburile 0 neprotejate la exterior se face cu formula

2.36) În care se păstrează semnificația notațiilor și ipotezele de alou.

Pentru tuburile flexibile protejate la exterior presiunea exterioară este determinată cu formula (2.36) se înmulțește cu coeficientul K a cărui mărime se determină grafic din fig. 2.25.

Determinarea sarcinii axiale. Ondulațiile tuburilor flexibile se consideră solicitate la sarcina axială în modul indicat în fig. 2.25. d și e.

Determinarea prin calcul a sarcinii axiale se face utilizând aceleași formule și ipoteze ca la tuburile W_3 .



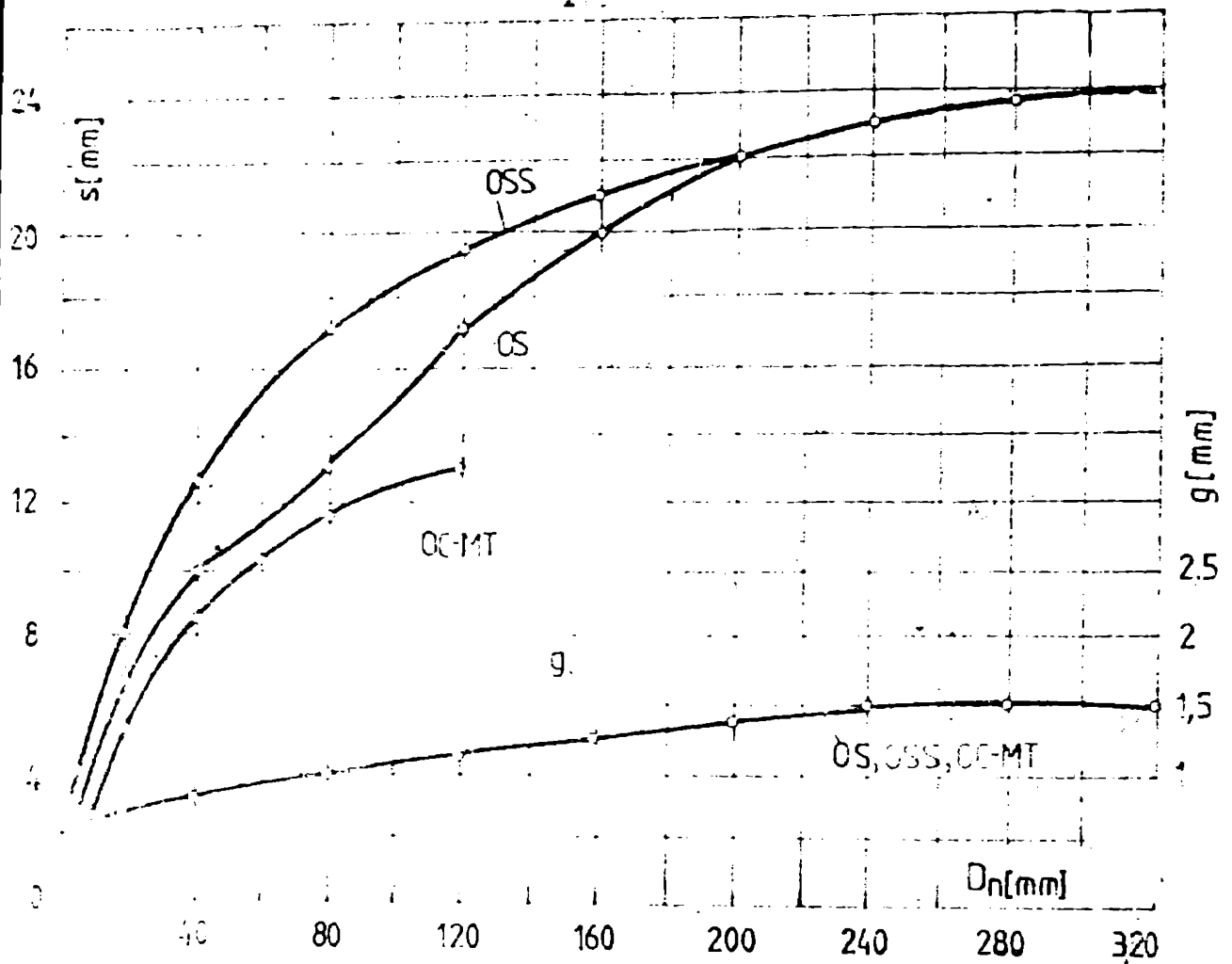


Fig. 2.26

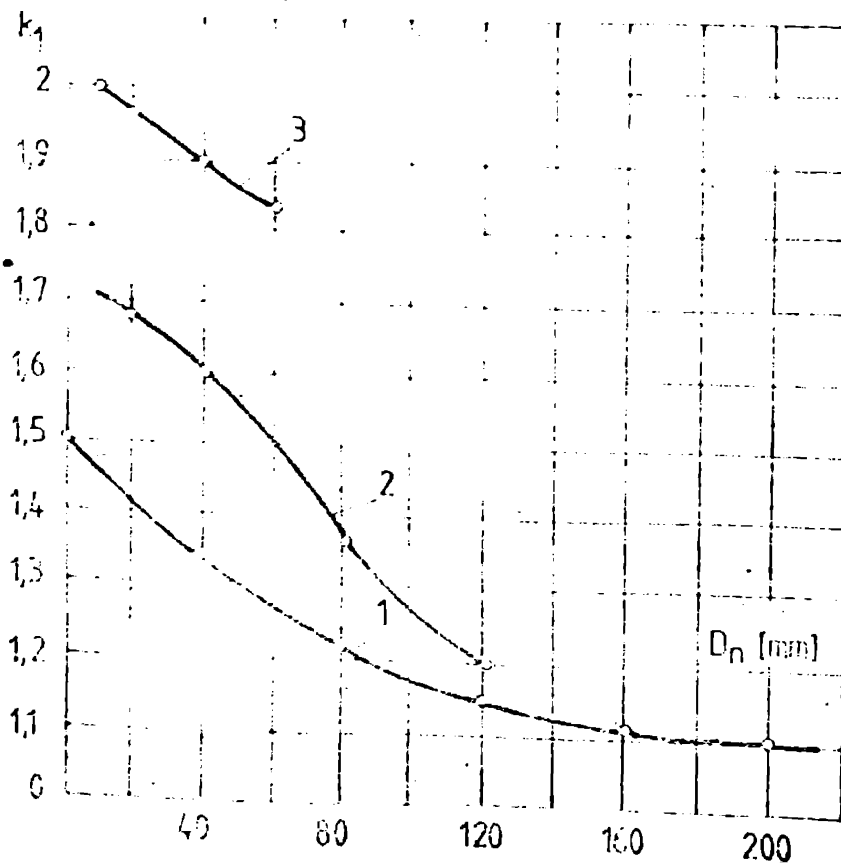


Fig. 2.27

1. Tuburi flexibile cu un strat de țesătură din sîmă;
2. Tuburi flexibile cu două straturi de țesătură din sîmă;
3. Tuburi flexibile cu trei straturi de țesătură din sîmă.

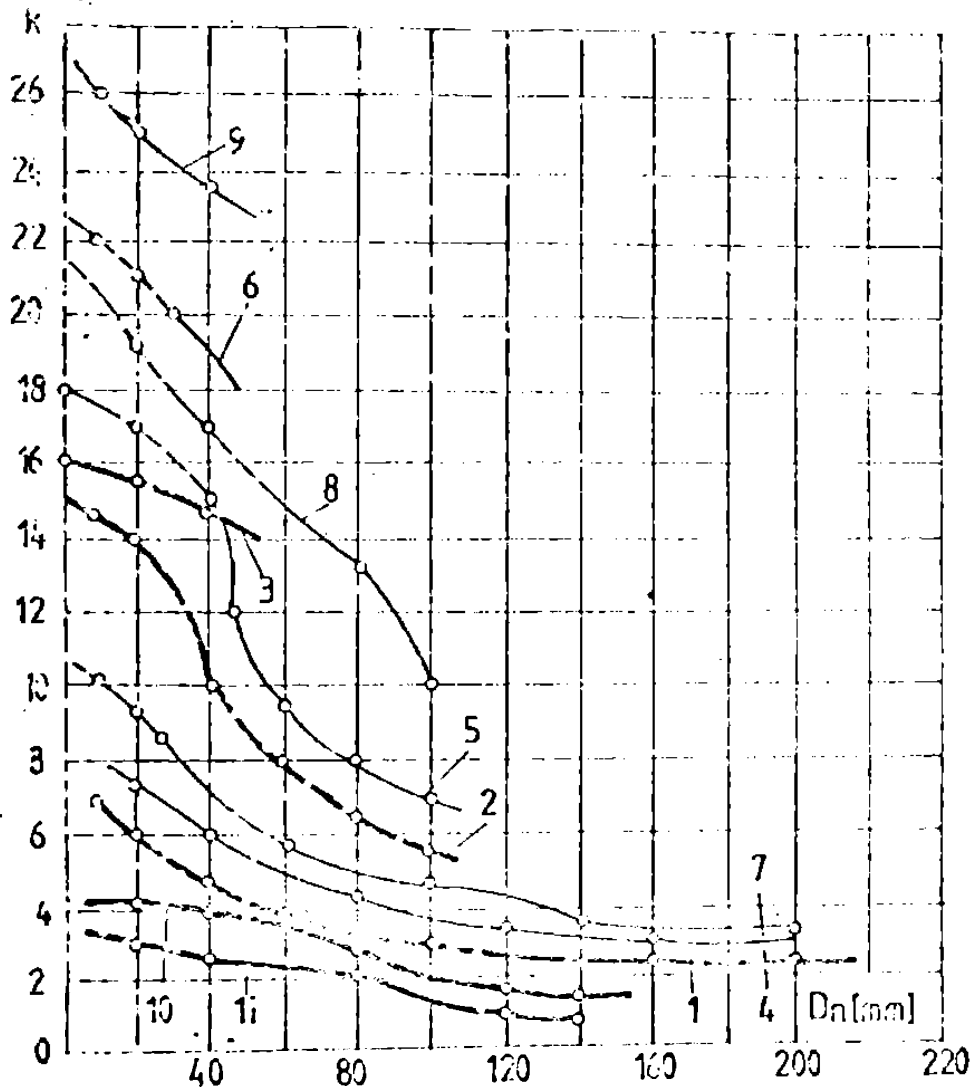


Fig. 2.28

- 1-Tub flexibil cu ondulații normale -cu un strat de țesătură din sîmț;
- 2.-cu două straturi de țesătură;
- 3.-cu trei straturi de țesătură;
- 4-Tub flexibil cu ondulații apropiate -cu un strat de țesătură din sîmț;
- 5-cu două straturi de țesătură;
- 6-cu trei straturi de țesătură;
- 7-Tub cu ondulații apropiate -cu un strat de țesătură din sîmț;
- 8-cu două straturi de țesătură;
- 9-cu trei straturi de țesătură;
- 10-Tub flexibil din PVC -cu un strat de țesătură;
- 11-Tub flexibil din PVC -cu două straturi de țesătură;

2.3. Model generalizat de proiectare a tuburilor metalice flexibile și utilizarea calculatoarelor în acest scop

Se cunoaște că fenomenele ce au loc în natură sînt, în general, complexe. Pentru cunoașterea lor și rezolvarea problemelor de orice natură din diferite domenii de activitate, oamenii utilizează tot mai mult tehnici de o eficiență deosebit de ridicată. În acest sens au introdus noțiunea de sistem și de model. Modelul trebuie să surprindă aspectele esențiale ale problemei iar modelarea se face cu un scop bine definit, acela de a simplifica rezolvarea ei.

Uneori calculele manuale sînt anevoioase și pentru cazurile în care problema se rezolvă cu un anumit grad de aproximație, calculele trebuie repetate de cîteva ori pentru a obține o soluție cît mai aproape de cea optimă.

Prin modelare se pot studia oricîte variante, putem avea leplină încredere în soluția obținută iar timpul de găsire a soluției, datorită în primul rînd calculatoarelor electronice, este foarte scurt.

Crearea unui model generalizat de proiectare a tuburilor flexibile dă posibilitatea obținerii unor produse cu caracteristici fizico-mecanice optime ceea ce se răsfrînge asupra efectelor economice ale acestora.

Varietatea mare de tipodimensiuni, aproximativ două mii, impune un volum de calcul de proiectare foarte mare dacă se are în vedere și faptul că pentru fiecare tub flexibil se efectuează cel puțin două calcule.

Rezultă din construcția și simbolizarea tuburilor flexibile că ele se împart în trei mari grupe: tuburi din benzi profilate (SP, SR, SSA, FP și FD); din țevi (OR, OS, și OUS) și din sîrme profilate (SSR).

Tuburile flexibile din sîrme se calculează foarte simplu și nu este nevoie de o modelare a proiectării lor.

Tuburile flexibile se calculează în general la fel dar tipurile constructive au unele particularități. Astfel, tuburile flexibile neetanșate nu au nevoie de calculul etanșării, iar secțiunea materialului de etanșare $A_1 = e$ și $O_1 = e$. Pereții laterali ai spirelor din benzi profilate pot să fie paraleli sau înclinați sub un unghi oarecare. Pentru generalizare se consideră înclinați cu unghiul α , avînd în vedere că în realitate niciodată, practic, nu vor fi paraleli. Calculul se face în această ipoteză care de altfel este și cea mai defavorabilă.



Tuburile flexibile din țevi au etanșare absolută la care

$$A_1 = 0 \text{ și } A_2 = 0 \text{ iar jocurile } j_1 = 1/2$$

Valoarea pasului minim de înfășurare se calculează cu aceeași formulă pentru toate tipurile de tuburi flexibile iar pasul maxim de înfășurare se calculează pentru tuburile din țevă cu formulele:

$$h_{max} = 1 + (1 - h_{min}) = 21 - h_{min}$$

Formula matematică generalizată în acest caz va fi :

$$h_{max} = 1 - \beta_1 (2g + j_1 + \sqrt{\frac{4A_2}{j_1}}) + \beta_2 (1 - h_{min})$$

in care : $\beta_1 = 1$; $\beta_2 = 0$ pentru tuburile din benzi profilate,
 $\beta_1 = 0$; $\beta_2 = 1$ pentru tuburile din țevi.

Pentru calculul pasului maxim de înfășurare se consideră că șnurul de etanșare este incompresibil.

Dacă nu se îndeplinește condiția de rezistență la sarcina axială se reface calculul cu un g superior iar dacă nu se îndeplinește condiția de etanșare prin forța de stringere se dau creșteri succesive secțiunii șnurului de etanșare.

La determinarea razei minime de indoire se repetă calculele modificând lățimea spirei care are influență cea mai mare asupra valorii acesteia.

Se prezintă în continuare sistematizat etapele calculului de dimensionare ale unui tub flexibil.

Se admite tema de calcul prin definirea tubului

Tipul tubului flexibil	SP	SFD
		SFD - A(B,C)
	SR	SR ₄ N
		SR ₅ P
	SSA	SSA - R
		SSA - R - A
	o	OC
		OS
		OSS

Construcția tubului flexibil	0	ușoară	protecția tubului	0	Fără protecție la exterior
	1	normală		1	Cu un strat de protecție
	2	greă		2	Cu două straturi
				3	Cu trei straturi
Diametrul nominal	D_n mm				
Presiunea nominală	P_n bar				
Materialul tubului	σ_a daN/mm ²				

Lin diagrame se aleg dimensiunile orientative ale mărimilor geometrice în funcție de diametrul nominal și se stabilesc coeficienții de calcul

δ	grosimea peretelui spirei
l	lățimea spirei
s	înălțimea spirei
j_1	jocul interior între pereții laterali ai spirelor
j_2	jocul dintre peretele lateral și cel axial al spirei
A_s	aria secțiunii de etanșare
φ	coeficient ce ține seama de tipul îmbinării
η	coeficient ce ține seama de reducerea grosimii benzii la deformare
ρ_1	coeficient ce ține seama de acoperirile galvanice
α_s	unghiul de înclinare al pereților laterali ai spirei
K_1	coeficient de presiune ce ține seama de numărul straturilor de protecție
K_2	coeficient al razei minime de îndoire ce ține seama de protecție

Se calculează mărimile geometrice

$D_e = D_n + 2s$	Diametrul exterior
$h_{min} = \frac{l + s + 2il}{2}$	Pasul minim de înfășurare
$h_{max} = l - \beta_1(2g + j_1 + \sqrt{\frac{4A_2}{\pi}}) + \beta_2(1 - h_{min})$	Pasul maxim de înfășurare
$f_r = h_{max} - h_{min}$	Gradul elementar real de comprimare
$x = s - 2g - f_r$	Lățimea peretelui lateral al spirii
$L_0 = \pi(D_n + 2g)$	Longimea desfășurată a spirii
$A_1 = c \cdot A_2$ (c = 1 - 4,5)	Secțiunea materialului de etanșare

Se calculează mărimile fizice

$P = \frac{1}{8} \frac{F_s}{\delta x} \cos \alpha_1$	Sarcina axială daN
$P \geq \frac{\pi D_n^2}{4 \cdot 100} \cdot P_n$	Condiția de rezistență
$P_c = \frac{200 F_s \gamma (s_1 - \gamma)}{s - 2g} \cdot c_1$	Presiunea calculată în condiții normale de temperatură
$r = \frac{0,65 \sqrt{4A_1}}{100 \mu} \cdot P_c$	Forța de strindere a materialului de etanșare
$r \geq \frac{0,65 \sqrt{4A_1}}{100 \mu} \cdot P_n$	Condiția de rezistență
$P_{np} = K_1 P_n$	Presiunea nominală optimă a tubului flexibil protejat

Se calculează raza minimă de îndoire

$$R_{10} = K_2 \frac{h_{\min}(I_n + 2s)}{r_f}$$

Avind în vedere cele stabilite mai sus și subcapitolul 2.8. se prezintă în continuare modelul matematic generalizat pentru calculul de dimensionare al tuburilor flexibile și optimizarea caracteristicilor geometrice și fizico-mecanice.

Calcululele se fac în sistem alfa numeric.

Calculul mărimilor geometrice:

- diametrul exterior

$$DE = DND + 2 \times SD ;$$

- pași de înfășurare:

$$HMIN(I) = (LD(I) + GD + \pi \times j1(I))/2,$$

$$HMAX(I) = LD(I) - BETA 1 \times (2 \times GD + j1D \sqrt{4 \times A_2 D / \pi}) + BETA 2 \times (LD - HMIN),$$

$$HMD(I) = ((HMAX(I) + HMIN(I))/2$$

în care (I) = 1...n;

- gradul de comprimare

$$FR(I) = HMAX(I) - HMIN(I),$$

în care (I) = 1...n;

- lățimea peretelui lateral al spirei

$$K(I) = SD - 2 \times GD(I) - j2D$$

în care (I) = 1...n;

- lungimea desfășurată a spirei cu diametrul DN

$$LDE = PIX(DND + 2 \times GD);$$

- secțiunea materialului de etanșare

$$AID(I) = GD \times ABD$$

în care: AID(I) = AID(I-1) + 0,1 \times AID(I-1),

(I) = (I) + 1 și (I) = 1...n.

Calculul mărimilor fizice:

- sarcina axială

$$P(I) = (LDE \times GD^2(I) \times SIGMA A \times \cos \alpha) / 6X$$

în care: GD(I) = GD(I-1) + 0,05,

(I) = (I) + 1 și (I) = 1...n;

- condiția de rezistență

$$P \geq (\pi \times DND^2 \times FN) / 100 \times 4 ;$$

- presiunea calculată în condiții normale de temperatură

$$PC = CID \times (2 \times \cos \alpha \times \pi \times FID \times (GD \times ETA E - FID)) / (DE - 2 \times GD);$$

- forța de strângere a materialului de etanșare

$$F = 0,55 \sqrt{4 \times A1 / \pi} \times PC / (100 \times MU);$$

- condiția de etanșare

$$V \geq 0,65 \times S \times R \times T \left(\frac{1}{4} \times A1(I)/PI \right) \times PN / (100 \times MIU),$$

in care: $A1(I) = A1(I-1) + 0,1A1(I-1),$

$$(I) = (I) + 1 \text{ și } (I) = 1 \dots n;$$

- presiunea nominală pentru tuburile protejate la exterior

$$PNP = K1D \times PN.$$

Calculul razei minime de îndoire optime

$$RIC(I) = IMIN \times (DND + 2 \times SD) \times K2D/PN(I),$$

$$FR(I) = f(LD(I))$$

in care: $LD(I) = LD(I-1) + 0,1 LD(I-1),$

$$(I) = (I) + 1 \text{ și } (I) = 1 \dots n.$$

Modelul matematic generalizat este implementat pe o unitate de calcul ce se prezintă în fig.2.29.

Programarea calculatorului s-a făcut utilizând limbajul FORTRAN F 77 avându-se în vedere tehnicitatea și adaptabilitatea acestuia pentru calculele inginerești.

În figura 2.30 se prezintă schema logică a programului principal de calcul iar în fig.2.31, fig.2.32 și fig.2.33 se prezintă subrutina de calcul a măsurilor geometrice, subrutina de calcul a mărimilor fizice și subrutina de tipărire.

Programul principal de calcul apelează un fișier de date numit TF DATA.DAT care apoi sînt decodificate și utilizate corespunzător de calculator. În acest fișier au fost introduse mărimile inițiale obținute din informațiile ce se găsesc în cataloagele firmelor producătoare de tuburi flexibile și din diagramele prezentate în subcapitolul 2.2.

Se prezintă în continuare listingul programului sursă compus din : programul principal TUFFLK, subrutina de calcul a mărimilor geometrice, CALGEO, subrutina de calcul a mărimilor fizice, CALFIZ, subrutina de tipărire, PRINT, fișierul de declarare a variabililor geometrice GEO.FTN; fișierul de declarare a variabililor fizice, FIZ.FTN; fișierul de inițializare, INI.FTN; fișierul de date, TF DATA.DAT.

Rezultatul calculelor de dimensionare a tuburilor SPD - 30 SPD - A - 30 și OC - 1 - 20 se prezintă în tabelele 2.3 - 2.5.

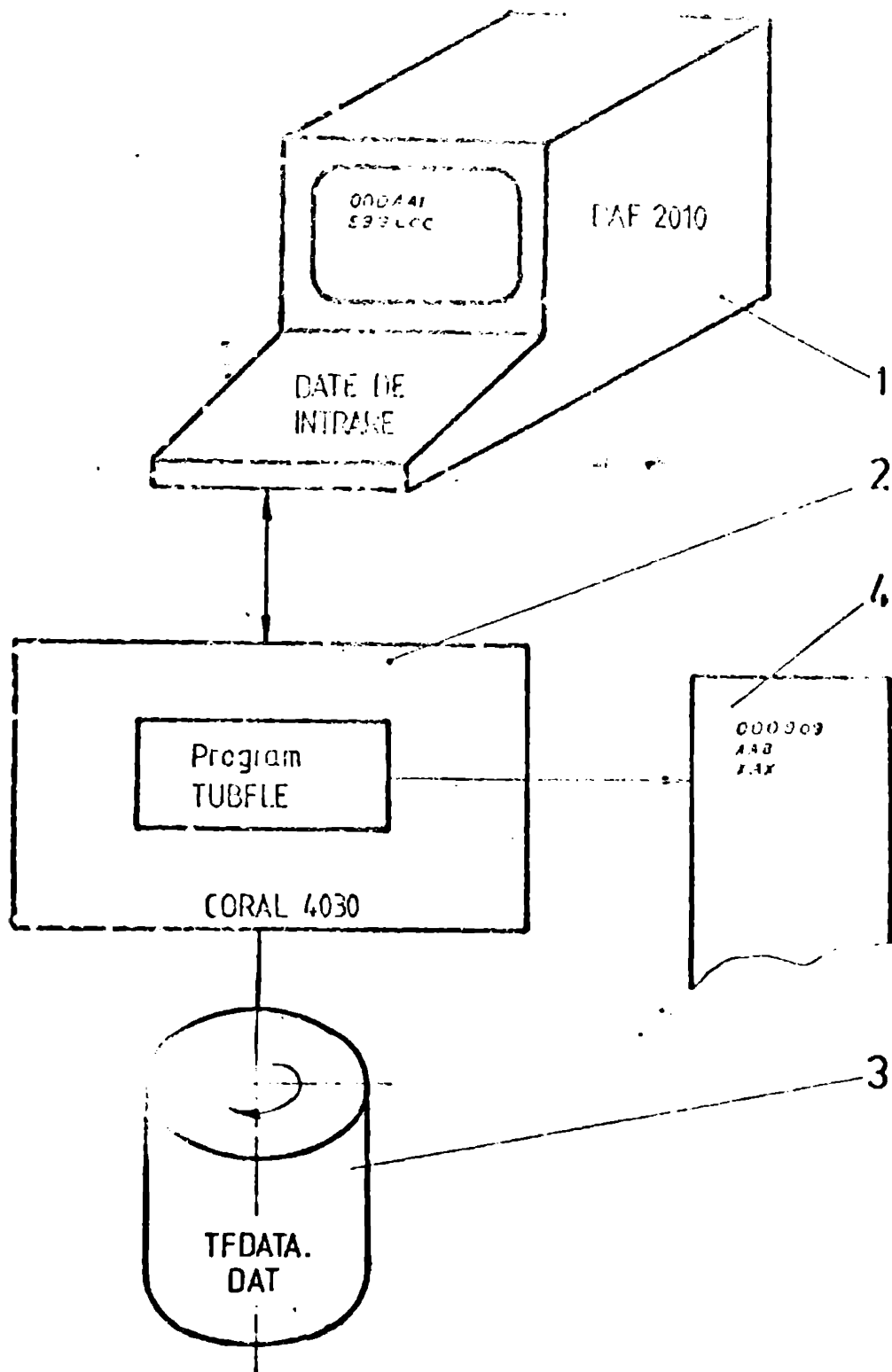
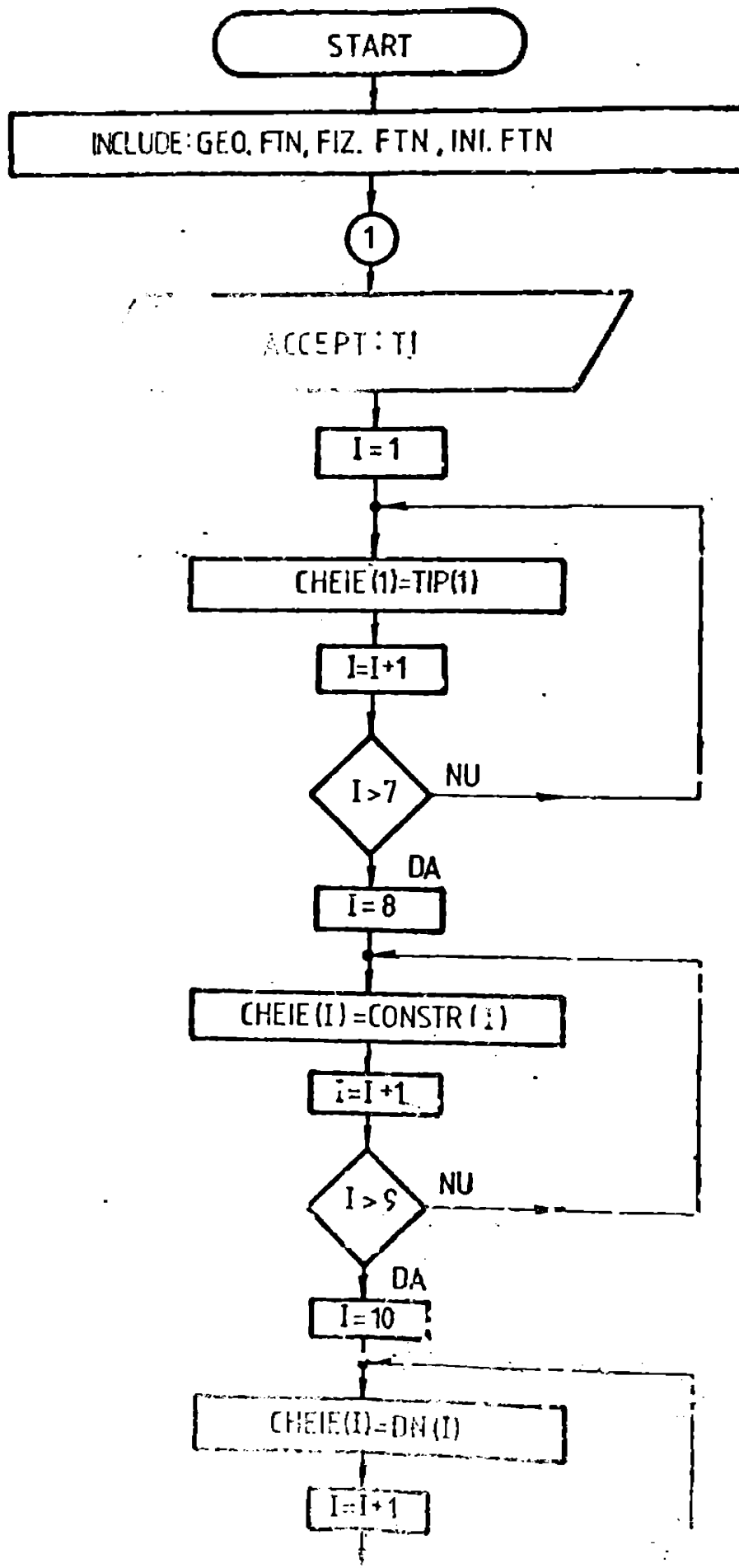
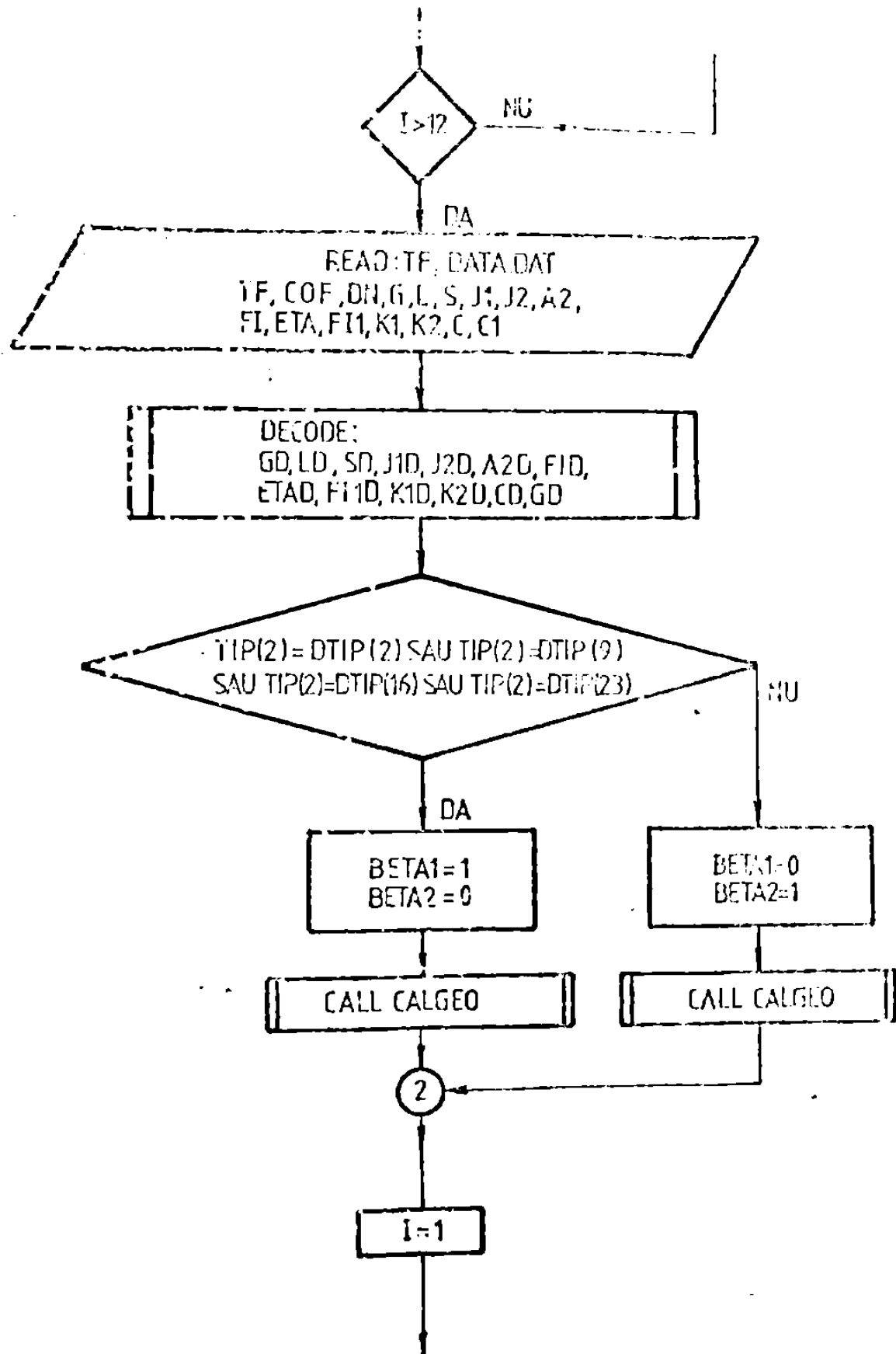
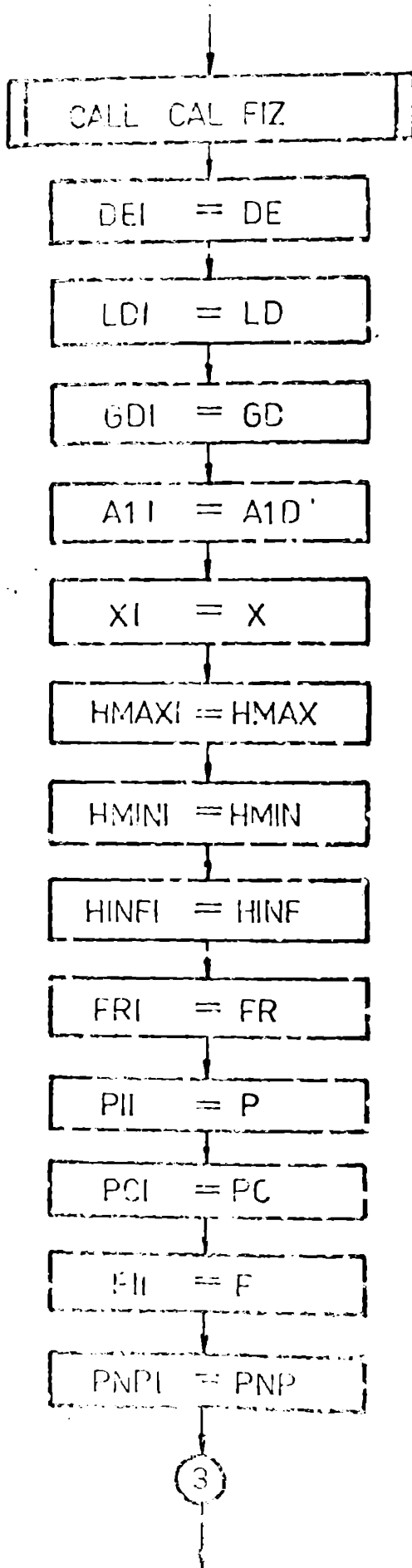


Fig. 2.29. Unitate de calcul
 1.Terminal alfa-numeric-I'AF. 2.Unitate centrală.
 3.Disc sistem 4. Imprimantă.







I = I + 1

$LD = LD - 0,1 \times LD$
 $HMIN = (LD + GD + 2 \times J1D) / 2$
 $HMAX = LD - BETA1 \times (2 \times GD + J1D + SQRT(4 \times A2D / PI)) + BETA2 \times (LD - HMIN)$
 $HINF = (HMAX + HMIN) / 2$
 $FR = HMAX - HMIN$
 $PNP = KID \times PN$
 $RIO(I) = HMIN \times (DND + 2 \times SD) \times K2D / FR$

HINF \geq HINF1 - 0,2 x HINF1
SI HINF \leq HINF1 + 0,2 x HINF1 SI
RIO(I) < RIO(I - 1) SI! RIO(I) > RIO(I) - 0,2 x RIO(I)

3

DA

NU

DA

I > 2

NU

$DE = DND + 2 \times SD$
 $LDE = PI \times (DND + 2 \times GD) / 2$
 $X = SD - 2 \times GD - J2D$

CALL PRINT

4

LD = LD1
I = I - 1

5

$I = I + 1$

$LD = LD + 0,1 * LD$
 $HMIN = (LD + GD + 2 * J1D) / 2$
 $HMAX = LD - BETA 1 * (2 * GD + J1D + SQRT(4 * A2D / PI)) +$
 $BETA 2 * (LD - HMIN)$
 $HINF = (HMAX + HMIN) / 2$
 $FR = HMAX - HMIN$ $PNP = K1D * PN$
 $RIO(i) = HMIN * (DND + 2 * SD) * K2D / FR$

HINF > HINF - 0,2 * HINF1
SI HINF <= HINF + 0,2 * HINF1 SI
RIO(I) < RIO(I-1) SI RIO(I) > RIO(I) - 0,2 * RIO(I)

5
DAI

NU

$DE = DND + 2 * SD$
 $LDE = PI * (DND + 2 * GD) / 2$
 $X = SD - 2 * GD - J2D$

CALL PRINT

4

ACCEPT : RASP

RASP : Y DA 1

NU

STOP

TUBFILE

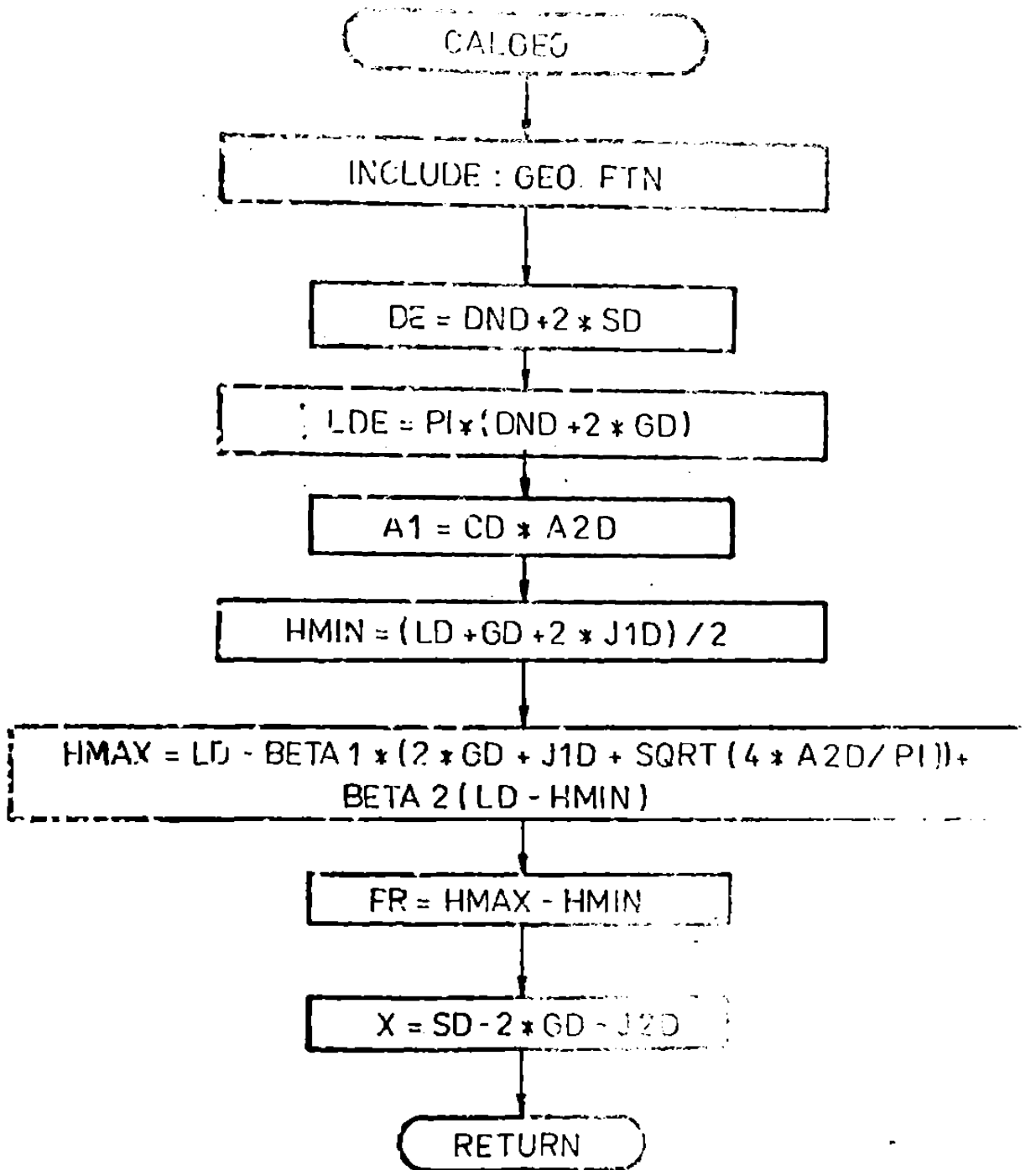
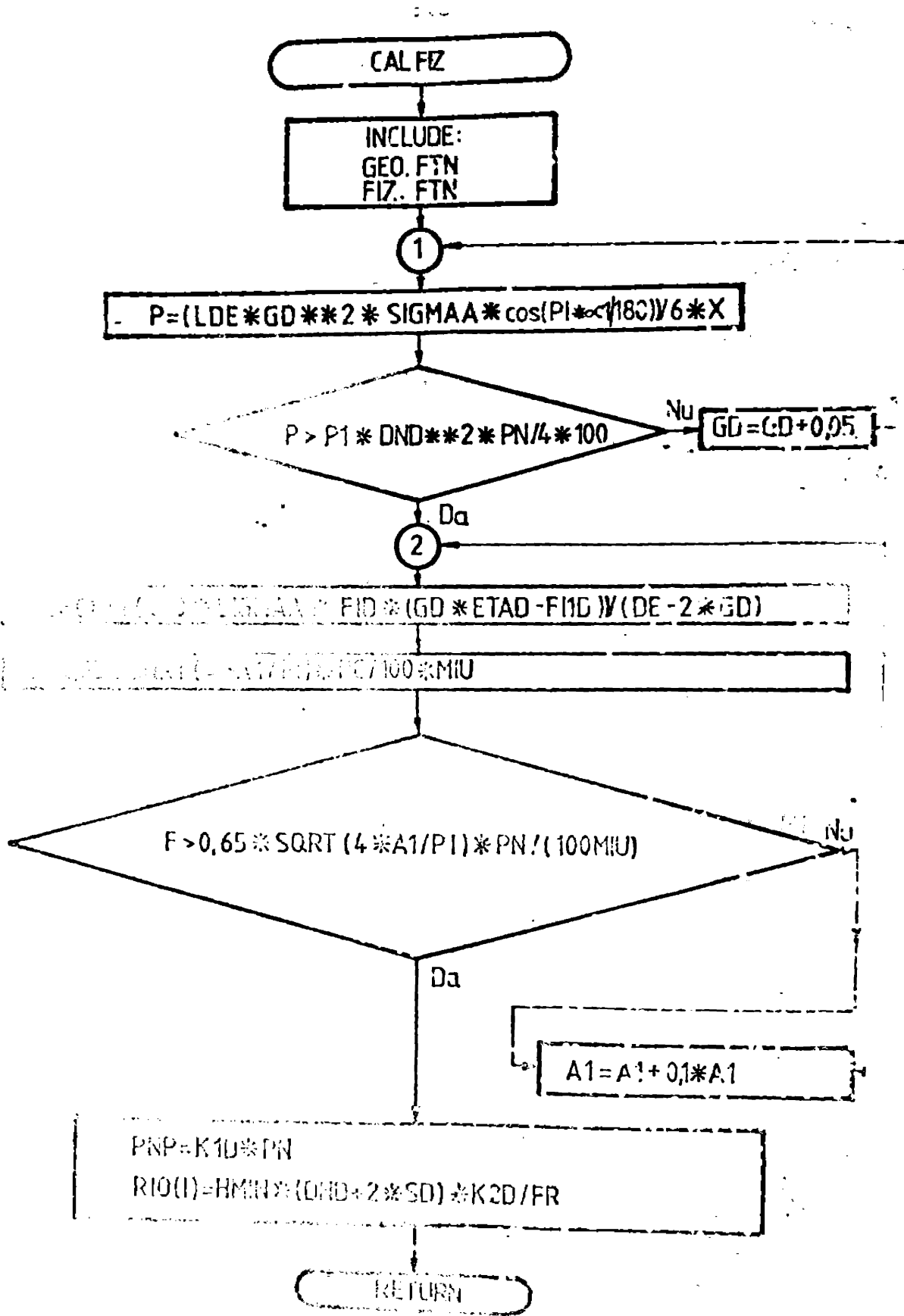


Fig. 2.31. Subrutina de calcul al mărimilor geometrice



... ..

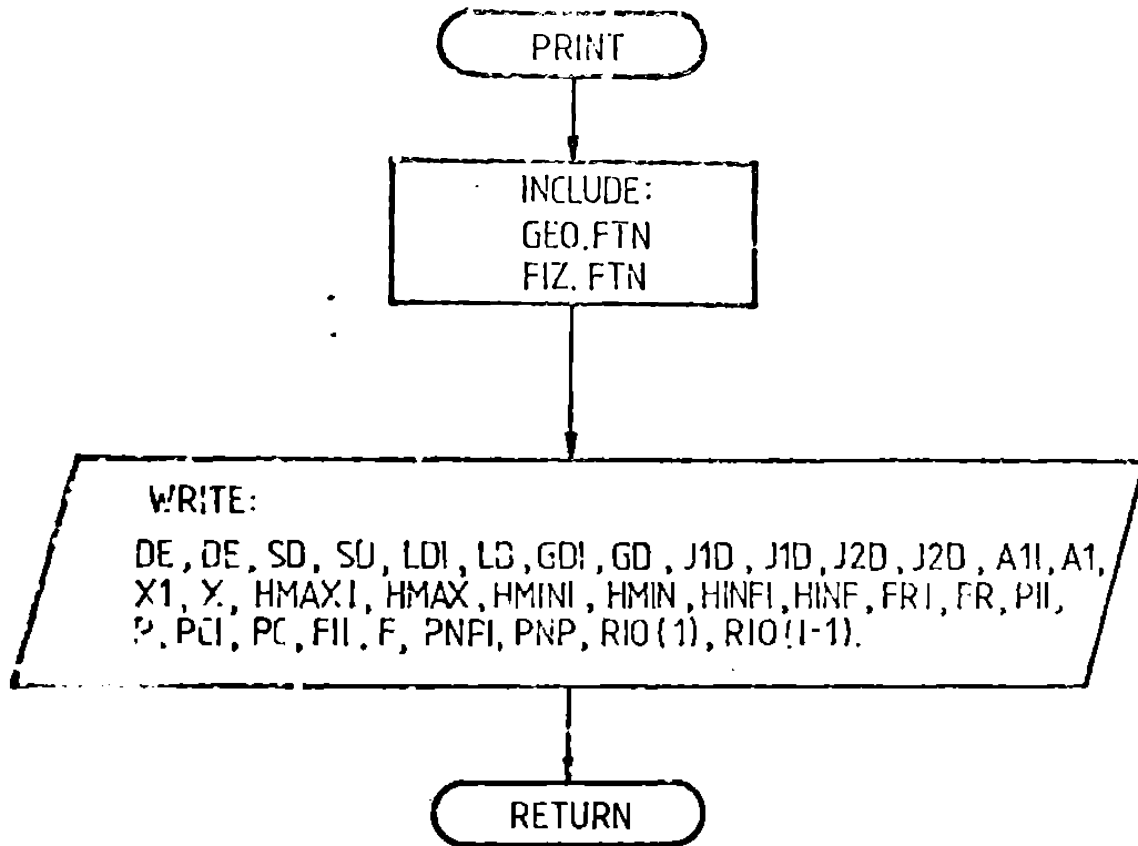


Fig.2.33 Subrutina de finanțe

 #####
 #####
 #####

#####
 #####

 #####
 #####
 #####

#####

 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####
 #####

 #####
 #####
 #####
 #####

#####

 #####
 #####
 #####
 #####

 #####
 #####

 #####
 #####
 #####
 #####
 #####

 #####
 #####
 #####
 #####
 #####

 #####
 #####
 #####
 #####

1.000000
1.000000
1.000000
1.000000

1.000000

1.000000

1.000000
1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1.000000

1977-1978

1. 1977-1978

2. 1978-1979

1979-1980

 NOMELE RUTINEI=CALGED

AUTOR: ING.RODINA AUGUSTIN

DATA:03.03.85

CURTA DESCRIERE: CALCULUL MARIMILOR GEOMETRICE ALE
 TUBURILOR METALICE FLEXIBILE

PEL: CALL CALGED

PARAMETRII TRANSMISI:

ULTIMA MODIFICARE:

DATA:07.05.85

COMMON GED

INCLUDE 'C20,LIGED.FTN'

```

DE=DND+2*SD
TYPE*, 'DE=', DE
LDE=PI*(DND+2*GD)
TYPE*, 'LDE=', LDE
A1=CD*A2D
TYPE*, 'A1=', A1
HMIN=(LD+GD+2*J1D)/2
TYPE*, 'HMIN=', HMIN
HMAX=LD-BETA1*(2*GD+J1D)+SQRT((4*A2D)/PI))+BETA2*(LD-HMIN)
TYPE*, 'HMAX=', HMAX
FR=HMAX-HMIN
TYPE*, 'FR=', FR
HINFI=(HMAX+HMIN)/2
TYPE*, 'HINFI=', HINFI
X=SD-2*GD-J2D
TYPE*, 'X=', X
RETURN
END
```

 NUMELE RUTINEI: CALFIZ

 AUTOR: ING.RODINA AJGUSTIN

DATA:01.03.85

 SCURTA DESCRIERE:

CALCULUL MARIMILOR FIZICE ALE
 TUBURILOR FLEXIBILE METALICE

 APEL: CALL CALFIZ(I)

PARAMETRII TRANSMISI:

I=CONTOUR PT ITERATII

 ULTIMA MODIFICARE:

DATA:08.05.85

 COMMON PT. CALCULUL GEOMETRIC

INCLUDE '[20,1]GE0.FTN'

 COMMON PT. CALCULUL MARIMILOR FIZICE

INCLUDE '[20,1]FIZ.FTN'

```

220 P=(LDE*GD**2*SIGMAA*COS(PI*ALFA1/180))/(5*X)
    IF(P.GE.PI*DND**2*PN/(4*100)) THEN
240   PC=C1D*(200*SIGMAA*FID*(GD*ETAD-F110))/(DE-2*GD)
      F=0.55*SQRT(4*A1/PI)*PC/(100*MIU)
      IF(F.GE.(0.65*SQRT(4*A1/PI)*PN/(100*MIU))) THEN
          PNP=<1D*PN
          RIO(I)=HMIN*(DND+2*SD)*K2D/FR
          TYPE*, 'RIO(I)=',RIO(I)
          TYPE*, 'GD=',GD
          GO TO 240
      ELSE
          A1=A1+0.1*A1
          GO TO 230
      END IF
    ELSE
      GD=GD+0.05
      GO TO 220
    END IF
240 CONTINUE
    RETURN
    END
  
```

MELE RUTINEI: PRINT

AUTOR: ING. RODINA AJGJSTIN

DATA: 03.03.85

CURTA DESCRIERE:

TIPARIREA REZULTATELOR

CEL: CALL PRINT(I)

PARAMETRII TRANSMISI:

I-CONTOR DE ITERATII

TIMA MODIFICARE:

DATA: 10.05.85

----- COMMON PT CALCULUL GEOMETRIC -----

INCLUDE '[20,1]GEJ.FTN'

----- COMMON PT CALCULUL MARIMILOR FIZICE -----

INCLUDE '[20,1]FIZ.FTN'

BYTE TIP(7), CONSTR(8:9), DN(10:12)
COMMON /TUB/TIP, CONSTR, DN

```

WRITE(2,260) TIP,CONSTR,DN,PN
FORMAT('1',50X,29(' '))// ' ',50X,'* TIPUL TUBULUI: ',7A1,5X,'*'
1  ' ',50X,'* CONSTRUCTIA: ',2A1,12X,'*'//
2  ' ',50X,'* DIAMETRUL NOMINAL: ',3A1,5(' '),10'//
3  ' ',50X,'* PRESIUNEA NOMINALA: ',F6,2,' ',10'//
4  ' ',50X,29(' '))
WRITE(2,265) DEI, DE, S), SD, LDI, LD, GDI, GD, J10, J10, J20, J20, A11, A1,
1  KI, X, HMAXI, HMAX, HMINI, HMIN, FRI, FR, HINFI, HINF, PII, P, PCI, PC,
2  FII, F, PNP, PNP, RIO(I), RIO(I-1)
FORMAT('0',T36,'** VALORI INITIALE **',T77,'** VALORI OPTIME **
1  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* DIAMETRUL EXTERIOR *',T85,F10.4
2  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* INALTIMEA SPIREI *',T85,F10.4
3  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* LATIMEA SPIREI *',T85,F10.4
4  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* GROSIMEA SPIREI *',T85,F10.4
5  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* JOGUL J1 *',T85,F10.4
5  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* JOGUL J2 *',T85,F10.4
7  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* SECT MAT ETANSARE *',T85,F10.4
8  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* LAT PERETE LATERAL *',T85,F10.4
9  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* PASUL MAXIM *',T85,F10.4
1  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* PASUL MINIM *',T85,F10.4
1  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* GRADUL DE COMPRIMARE *',T85,F10.4
1  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* PASUL DE INFASURARE *',T85,F10.4
2  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* SARCINA AXIALA *',T85,F10.4
3  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* PRESIUNEA CALCULATA *',T85,F10.4
4  '///' ',T35,F10.4,TR10,'* FORTA DL STRINGERE *',T85,F10.4
5  '///' ',T35,F10.4,TR10,'*
4  '///' ',T35,F10.4,TR10,'*

```

5 77 5135, F10.4, TR10, * RAZA MINIMA DE INDOTRE 0, V05.

5 F10.4)

RETURN

END

REAL*4	HMIN,HMINI	!PASUL MINIM DE INFASURARE(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	J1D	!JOCUL INTERIOR INTRE PERETII LATERALI
REAL*4	HMAX,HMAXI	!PASUL MAXIM DE INFASURARE(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	A2D	!ARIA SECTIUNII DE ETANSARE
REAL*4	FR,FRI	!GRADUL DE COMPRIMARE(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	HINF,HINFI	!PASUL DE INFASURARE(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	X,XI	!LATIMEA PERETELUI LATERAL AL SPIREI !(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	SD	!INALTIMEA SPIREI
REAL*4	J2D	!JOCUL DINTRE PERETELE LATERAL SI CEL AXIAL
I		!AL SPIREI
REAL*4	DE,DEI	!DIAMETRUL EXTERIOR(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	A1,A1I	!SECTIUNEA MATERIALULUI DE ETANSARE(OPTIM, !INITIAL)
REAL*4	CD	!COEF. FUNCTIE SECTIUNE MATERIAL
REAL*4	LDE	!LUNGIMEA DESFASURATA AL SPIREI
REAL*4	GD,GDI	!GROSIMEA PERETELUI SPIREI(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	LD,LDI	!LATIMEA SPIREI(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	BETA1	!COEF. DE TIP
REAL*4	BETA2	!COEF. DE TIP
INTEGER*2	DND	!DIAMETRUL NOMINAL

PARAMETER(PI=3.1415)

COMMON /GE9/ HMIN,J1D,HMAX,A2D,FR,X,SD,J2D,DE,A1,CD,LDE,DND,GD,LD,
I HMINI,HMAXI,FRI,HINF,HINFI,XI,DEI,A1I,GDI,LDI
COMMON /COEF/ BETA1,BETA2

REAL*4	SIGMAA	!SIGMA ADMISIBIL AL MATERIALULUI
REAL*4	C1D	!COEF. DE CONDITIE DE REZISTENTA
REAL*4	PN	!PRESIUNEA NOMINALA
REAL*4	P,P11	!SARCINA AXIALA(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	PC,PCI	!PRES. CALCULATA(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	F,F11	!FORȚA DE STRINGERE(OPTIM,INITIAL)
REAL*4	PNP	!PRESIUNE NOMINALA PROTEJATA
REAL*4	K1D	!COEF. DE PRESIUNE
REAL*4	F1D	!COEF. FUNCTIE DE TIPUL IMBINARII
REAL*4	ETA0	!COEF. FUNCTIE DE REDUCEREA GROSIMII LA DEFORMARE
REAL*4	F1D	!COEF. FUNCTIE DE ACOPERIRILE GALVANICE
REAL*4	R1D(20)	!RAZA DE INDOIRE OPTIMA
REAL*4	ALFA1	!UNGHII DE INCLINARE PERETE LATERAL
REAL*4	MIU	!COEF. DE FRECARA
REAL*4	K2D	!COEF. FUNCTIE DE PROTECTIE

PARAMETER(MIU=0.4,ALFA1=5)

COMMON /FIZ/ SIGMAA,C1D,PN,K1D,F1D,ETA0,F1D,R1D,K2D,
I P,P11,PC,PCI,F,F11,PNP

ALYZARI

BYTE DTIP(78),DCONST(24)

DATA DTIP / 'S', 'P', 'D', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', 'S', 'P', 'D', '-', 'A', ' ', ' ', ' ', ' ',
1 'S', 'P', 'D', '-', 'B', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', 'S', 'P', 'D', '-', 'C', ' ', ' ', ' ', ' ',
2 'S', 'R', 'A', 'N', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', 'S', 'R', 'S', 'P', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ',
3 'S', 'S', 'A', '-', '2', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', 'S', 'S', 'A', '-', 'R', '-', 'A', ' ',
4 'D', 'E', ' ',
5 'D', 'S', 'S', ' ',
DATA DCONST / '0', '0', '0', '1', '0', '2', '0', '3', '1', '0', '1', '1', '1', '1', '2', ' ',
1 '1', '3', '2', '0', '2', '1', '2', '2', '2', '3' /

010200.2504.0003.501.000.0000.001.000.800.008.501.400.01.00.0
000300.4010.0003.000.300.1500.001.000.900.100.001.000.00.00.0
000300.4010.0003.000.300.1504.841.000.900.101.001.002.01.00.0

REKAM BUKU

REKAM BUKU NO. 101

REKAM BUKU NO. 102

REKAM BUKU NO. 103

NO. SURVEI	NO. REKAM BUKU	NO. SURVEI	NO. REKAM BUKU
10.001	101	10.002	102
10.003	103	10.004	104
10.005	105	10.006	106
10.007	107	10.008	108
10.009	109	10.010	110
10.011	111	10.012	112
10.013	113	10.014	114
10.015	115	10.016	116
10.017	117	10.018	118
10.019	119	10.020	120
10.021	121	10.022	122
10.023	123	10.024	124
10.025	125	10.026	126
10.027	127	10.028	128
10.029	129	10.030	130
10.031	131	10.032	132
10.033	133	10.034	134
10.035	135	10.036	136
10.037	137	10.038	138
10.039	139	10.040	140
10.041	141	10.042	142
10.043	143	10.044	144
10.045	145	10.046	146
10.047	147	10.048	148
10.049	149	10.050	150
10.051	151	10.052	152
10.053	153	10.054	154
10.055	155	10.056	156
10.057	157	10.058	158
10.059	159	10.060	160
10.061	161	10.062	162
10.063	163	10.064	164
10.065	165	10.066	166
10.067	167	10.068	168
10.069	169	10.070	170
10.071	171	10.072	172
10.073	173	10.074	174
10.075	175	10.076	176
10.077	177	10.078	178
10.079	179	10.080	180
10.081	181	10.082	182
10.083	183	10.084	184
10.085	185	10.086	186
10.087	187	10.088	188
10.089	189	10.090	190
10.091	191	10.092	192
10.093	193	10.094	194
10.095	195	10.096	196
10.097	197	10.098	198
10.099	199	10.100	200

Tabelul 2.3

DIAGNOSTIC DE LABORATORIU *
TEST DE LABORATORIU *
DIAGNOSTIC DE LABORATORIU *
TEST DE LABORATORIU *
TEST DE LABORATORIU *
TEST DE LABORATORIU *
TEST DE LABORATORIU *

#	VALORI OPTIM *
30.000	30.000
1.000	1.000
2.000	2.000
3.000	3.000
4.000	4.000
5.000	5.000
6.000	6.000
7.000	7.000
8.000	8.000
9.000	9.000
10.000	10.000
11.000	11.000
12.000	12.000
13.000	13.000
14.000	14.000
15.000	15.000
16.000	16.000
17.000	17.000
18.000	18.000
19.000	19.000
20.000	20.000
21.000	21.000
22.000	22.000
23.000	23.000
24.000	24.000
25.000	25.000
26.000	26.000
27.000	27.000
28.000	28.000
29.000	29.000
30.000	30.000

Tabelul 2.4.

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

...
27.0000	* ... ..	...
3.5000	* ... ..	...
...	*
0.4000	* ... ..	...
1.0000	* ... ..	...
0.0000	* ... ..	...
...	*
3.0000	* ... ..	...
4.17	* ... ..	...
3.1100	* ... ..	...
1.1000	* ... ..	...
4.0000	* ... ..	...
1.2000	* ... ..	...
40.0000	* ... ..	...
0.0000	* ... ..	...
20.00	* ... ..	...
57.0000	* ... ..	...

Tabekl 2.5

3. PROIECTAREA MASINILOR SPECIALIZATE UTILIZATE LA FABRICA TUBURILOR METALICE FLEXIBILE DIN BENZI

3.1. Particularități constructive și cinematice ale mașinilor de fabricat tuburi metalice flexibile

Fabricarea tuburilor metalice flexibile din benzi profilate, cu pereți dubli sau simpli, etanșate sau nestanșate precum și din țevi cu pereți subțiri sau din benzi corespunzător profilate și sudate în blice se realizează cu ajutorul unor mașini și instalații care fac parte din categoria utilajelor specializate. În general aceste mașini au productivitate ridicată și o bună siguranță în funcționare.

Tehnologia și mașinile utilizate la fabricarea tuburilor flexibile sînt aproximativ identice pentru diferitele tipuri de tuburi. Ceea ce diferă esențial sînt sculele, vitezele de profilare și înfășurare. Aceste mașini au o serie de particularități.

În primul rînd se poate admite faptul că au trei lanțuri cinematice și anume: lanțul cinematic principal care asigură profilarea și înaintarea benzii, lanțul cinematic de înfășurare a tubului flexibil și lanțul cinematic al dispozitivului de preluat tubul fabricat. Între aceste lanțuri cinematice există un anumit raport înălțativ de subordonare. Mașinile sînt echipate cu scule specifice tipului de tub ce se fabrică care în general sînt următoarele: trei perechi de role care profilează progresiv banda, prin deformare plastică, un ghidaj curb de profil, un dispozitiv de înfășurare cu role de spăiere elastică și un corn de înfășurare a tubului.

Treluarea tubului flexibil fabricat se face de către o bobă de adunat sau de către un dispozitiv liniar. Rolele sînt rotitoare cu o viteză riguros constantă și egală cu cea a tubului.

Vitezele benzii profilate cresc de la parchea de role de profilare pînă la înfășurarea pe corn.

Profilul obținut și calitatea în rolele mașinii suferă două deformări succesive în ghidajul curb și la înfășurarea pe corn, proces în care nu este permisă apariția cutelor în bandă.

Tuburile flexibile din țevi cu renurile pozitive se fabrică prin deformare hidrostatică în șerpițe iar cele cu renurile în spirală prin deformare plastică progresivă pe mașini echipate cu scule și dispozitive adecvate.

La fabricarea tuburilor flexibile din benzi profilate și cu

date în elice se utilizează mașini asemănătoare cu cele pe care se execută tuburile din benzi profilate cu precizarea că sudarea continuă a spirelor impune utilizarea unei surse de sudură reglabilă și a unor accesorii adecvate.

În vederea ușurării calculului de proiectare al mașinilor specializate de fabricat tuburi flexibile se dau în continuare câteva indicații de specialitate.

Rolele de profilare au diametrul primitiv D_p , obișnuit, cuprins în limitele 60 - 150 mm și asigură trei faze de deformare: pre-profilare, profilare, calibrare.

Lațul cinematic principal care asigură acționarea rozelor de deformare și avansul benzii profilate se compune conform fig.3.1 din motor electric de acționare 1, acționare prin curele trapezoidale 2, reductorul 3, caseta cu role A.

Lațul cinematic de înfășurare se compune din: 1, 2, 3 și grupul de roți dințate interschimbabile care asigură un raport optim între viteză liniară V_d la periferia cornului și viteza de înaintare a benzii V_b .

Obișnuit aceste viteze se găsesc în raportul $\frac{V_d}{V_b} = 1,01 - 1,06$.

O viteză liniară la periferia cornului mai mică decât a benzii face imposibilă realizarea înfășurării, iar viteze egale introduc riscuri de deranjamente în procesul de înfășurare generate de variațiile de viteză ale benzii profilate datorită variației grosimii ei, a strîngerii între role și a ungerii neuniforme pe lungime.

Raportele mari sînt recomandate în cazul benzilor cu rezistență la rupere mare (oțel), iar cele mici pentru benzi cu rezistență la rupere mică (neferoase: alama, aluminiu, bronz).

Turația tobei sau a dispozitivului liniar de preluat tubul trebuie să fie riguros egală cu cea de înfășurare a tubului deoarece în caz contrar tubul ori se desfășoară ori se gîtuie, după cum turația tobei este mai mică sau mai mare.

Viteza liniară a benzii profilate este cuprinsă obișnuit, în limitele 5 - 15 m/min fiind limitată superior de încălzirea excesivă a ghidajului curb, care este supus unor însemnate forțe de frecare.

Rolele de apăsare elastică a profilului pe cornul de înfășurare au viteza periferică mai mare ca cea a cornului cu 2 - 5%. Aceasta se realizează prin diferența dintre diametrul primitiv al roții de antrenare și diametrul exterior al rolei.

Diametrul primitiv al rozelor de deformare a benzii este în

reșterea de la perechea de role de profilare până la cele de calibrare. Senzitivitatea creșterii nu are voie să ducă la diferențe de viteză între două perechi de role care să creeze alungiri peste 0,2%.

3.2. Scheme cinematice ale mașinilor de fabricat tuburi flexibile din benzi profilate

Mașinile utilizate la fabricarea tuburilor flexibile care au diametrul nominal mai mic decât 50 mm sînt dotate cu tobe rotitoare în care tubul se depune în timpul procesului de execuție.

Tuburile flexibile care au diametrul mai mare de 50 mm, în special cele etanșate, se fabrică cu aceeași mașini cu deosebirea că reluarea se face de către un dispozitiv liniar rotitor care limitează vîngimea maximă de fabricație la cea.20 m.

Mașinile cu care se fabrică tuburile flexibile cu diametrul nominal mai mic de 6 mm se deosebesc de celelalte prin aceea că lanțul cinematic de antrenare a dispozitivului de înfășurare se împarte în două și anume: antrenarea drumului de înfășurare și antrenarea roților de pășare elastică a profilului pe dorn.

În fig.3.1 se prezintă schema cinematică a unei mașini de fabricat tuburi flexibile cu diametrul nominal între 6 și 50 mm.

Locul și modul în care lanțul cinematic de antrenare a dispozitivului de înfășurare a tuburilor cu diametrul nominal sub 6 mm se împarte în două se prezintă în fig.3.2.

În fig.3.3 se prezintă schema cinematică a mașinilor de fabricat tuburi flexibile cu diametrul nominal cuprins între 50 și 100 mm.

Se constată din fig.3.3 că aceste mașini sînt dotate atât cu tobe rotitoare de preluare a tubului cît și cu dispozitiv liniar de preluare tuburilor ce nu intră în tobe. Aceste mașini se consideră universale. Mașinile cu care se fabrică tuburile flexibile cu $D_n > 100$ mm au în principiu aceeași schemă ca și cele prezentate în fig.3.1 și fig.3.3 cu deosebirea că sînt dotate numai cu dispozitiv liniar rotitor pentru preluarea tubului.

3.3. Deformarea plastică progresivă a benzilor funcție de tipul tubului flexibil.

În procesul de execuție al tuburilor flexibile din benzi ma-

talice obținerea profilului se face printr-un proces de deformare plastică succesivă în perechi de role de deformare care execută o mișcare de rotație. Deformarea plastică a benzii se realizează astfel încât să nu se depășească limita de curgere tehnică definită ca tensiunea care produce o deformare plastică de $\text{con. } 0,2\%$ din cota inițială. Operația de obținere a profilului spirei se numește calibrare iar ansamblul sculelor se numește calbraj.

Executarea tuburilor flexibile de tipul SPD, SPD-A(B,C),SR_g FP, PD-SPD-A-BP se poate face utilizând unul din tipurile de calbraj prezentate în fig.3.4 ale cărui dimensiuni pentru un diametru primitiv al rotelor de 130 mm se stabilesc utilizând datele din tabelul 3.1 și 3.2 obținute pe baza indicațiilor din capitolul 2 și a măsurătorilor experimentale efectuate în timpul asamblărilor.

Tabelul 3.1. Dimensiunile principale ale profilului spirei și ale benzii pentru diferite diametre nominale de tub SPD

Diametrul nominal al tubului D_n D_n mm	Dimensiunile pro- filului spirei $l \times h$ mm	Pasul de înfășurare h_1 mm	Dimensiunile benzii $l_1 \times g$ mm
4 - 7	3,7 x 1	3	4,6 x 0,25
8 - 10	4,8 x 1,25	4,01	6 x 0,3
11 - 14	6 x 1,6	4,4	8 x 0,3
16 - 18	7 x 2	6,25	9 x 0,35
20 - 25	8,4 x 2,25	7,42	12 x 0,35
30 - 38	10 x 3	8,88	15 x 0,4
40 - 50	12 x 3,5	10,75	17 x 0,45
45 - 60	14 x 3,5	12,57	19 x 0,5
70 - 90	16 x 3,5	14,71	21 x 0,6
95 - 120	18 x 4	16,05	24 x 0,7
125 - 130	20 x 4	18	27 x 0,7
140 - 150	21 x 4	19	28 x 0,7

Calibrejul I, în care se îndoaie mai întâi marginile se uti-

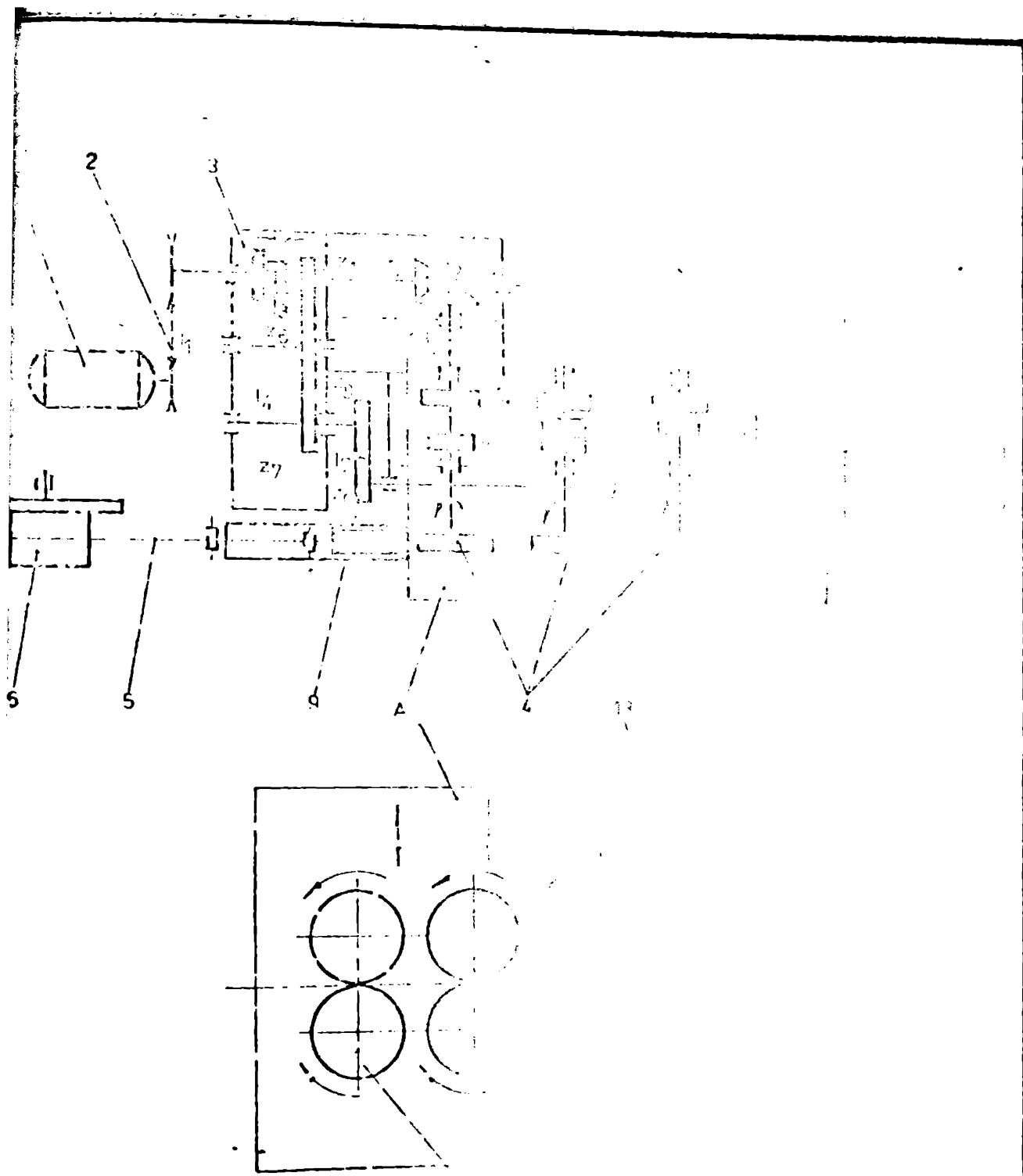


Fig.31. Schema cinematică a mașinii de fabricat țiburi flexibile cu diametrul nominal între 6 și 50 mm.

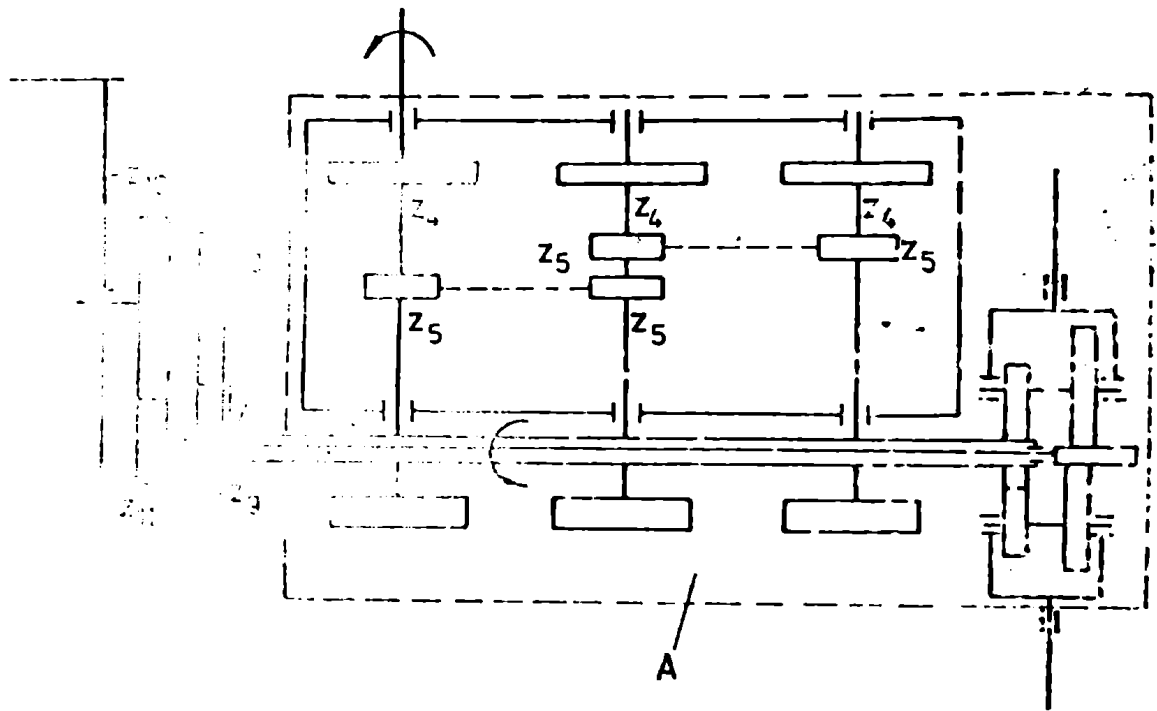


Fig. 3.2.

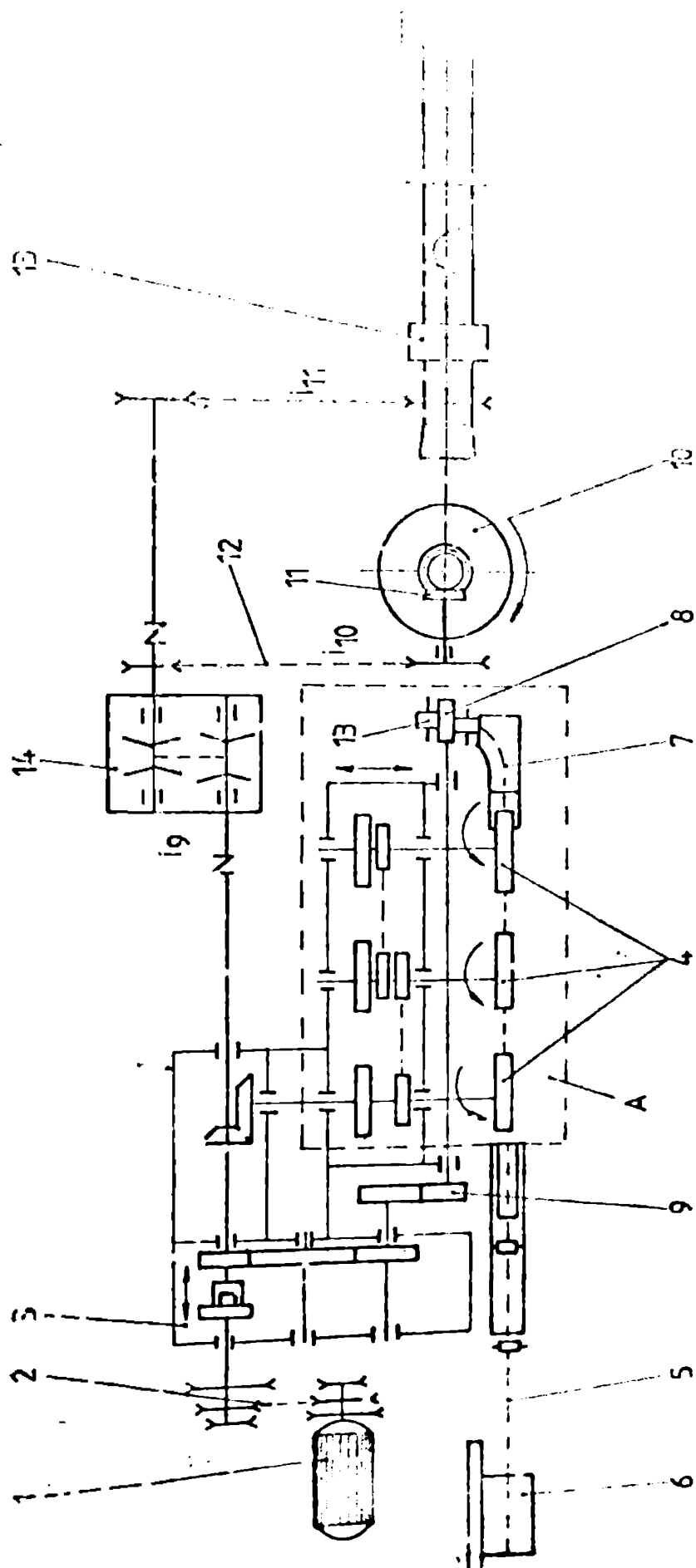


Fig. 33 Schema cinematică a mașinii de fabricat tuburi flexibile cu diametru nominalizat între 50 și 100 mm.

lizează în cazul realizării profilurilor pentru care benzile au grosime mică și lățimea sub 12 mm.

Calibrajul II se utilizează în cazul profilurilor mijlocii executate din benzi mai groase și de lățime 12 - 26 mm.

Calibrajul III se utilizează în cazul profilurilor mari executate din benzi cu lățimea peste 26 mm, dar mai ales în cazul execuției tuburilor flexibile SR₂N.

Dimensionarea roților de deformare a benzii se va face astfel ca de la perchea de roți de preprofilare până la cea de calibrare materialul să sufere deformări în toate zonele supuse la încovoiere.

3.4. Determinarea razei de curbura a ghidajului curb

Ghidajul curb are secțiunea de trecere de formă și dimensiunile profilului calibrat al tubului la care se adaugă toleranțe corespunzătoare. La trecerea prin el a benzii profilate, materialul suferă deformările prezentate în fig. 3.5.

Din fig. 3.5 rezultă că profilul se alungeste pe partea exterioră, se comprimă pe cea interioară iar după curbă $x - x$ alungirea $\Delta l = 0$.

Împreună cu celelalte condiții de viteză, turații, etc. ghidajul curb joacă un rol esențial în executarea tuburilor. De valoarea razei de curbura R_0 depinde calitatea tubului și siguranța înfășurării lui.

Nu există relații precise de calcul pentru această rază dar pe baza unor date experimentale s-a ridicat diagrama din fig. 3.6 care reprezintă relația grafică între raza de curbura a ghidajului curb și diametrul nominal al tubului.

3.5. Metodele de calcul a mașinilor specializate de fabricarea tuburi flexibile din benzi profilate

Folosind datele și indicațiile de specialitate făcute până aici, se prezintă în continuare metodele de calcul a mașinilor specializate în fabricarea tuburilor flexibile din benzi profilate.

Metodica se referă în special la mașinile pentru fabricarea tuburi flexibile din benzi profilate.

1. Se stabilește gama de diametre ale tuburilor flexibile

se se vor fabrica cu mașina utilizând în acest scop indicațiile de specificitate prezentate anterior și cele din tabelul 3.1.

2. Se alege tipul calibrajului care se dimensionează respectând indicațiile de la paragraful 3.3.

3. Productivitatea mașinii se stabilește ținând seama că depinde de diametrul nominal al tubului, pasul de înfășurare și viteza benzii profilate.

Pasul de înfășurare h_1 este media aritmetică între pasul real maxim h_{max} și cel minim h_{min}

$$h_1 = \frac{h_{max} + h_{min}}{2} \quad [mm] \quad (3.1)$$

Productivitatea este cuprinsă, obișnuit, în limitele 0,5 - 1,5 m/min.

Valorile minime se iau pentru tuburile etanșate și pentru cele neetanșate cu diametrul nominal mare (peste 100 mm), iar cele mari pentru tuburile neetanșate cu diametrul nominal pînă la 100 mm.

4. Se alege diametrul mediu D_m al rozelor de deformare (60 - 150 mm).

5. Se calculează numărul de spire N pe metru liniar cu formula

$$N = \frac{1000}{h_1} \quad \left[\frac{\text{spire}}{m} \right] \quad (3.2)$$

Lungimea benzii necesară pentru executarea unui metru liniar de tub se calculează cu formula

$$L = N \cdot \frac{(D_n + D_g)}{2} \quad [mm] \quad (3.3)$$

6. Turația rozelor de deformare se calculează cu formula

$$n_r = \frac{L \cdot N}{D_m} \quad [\text{rot/min}] \quad (3.4)$$

7. Se calculează turația cornului de înfășurare respectînd raportul dintre viteza liniară la periferia acestuia V_d și viteza benzii V_b , $V_d = (1,01 - 1,05)V_b$.

8. Calculul puterii motorului electric de acționare pentru calculul puterii motorului electric se ține seama că în mașină există următoarele solicitări:

a - deformarea benzii în rozele de deformare (preprofilarea, profilarea

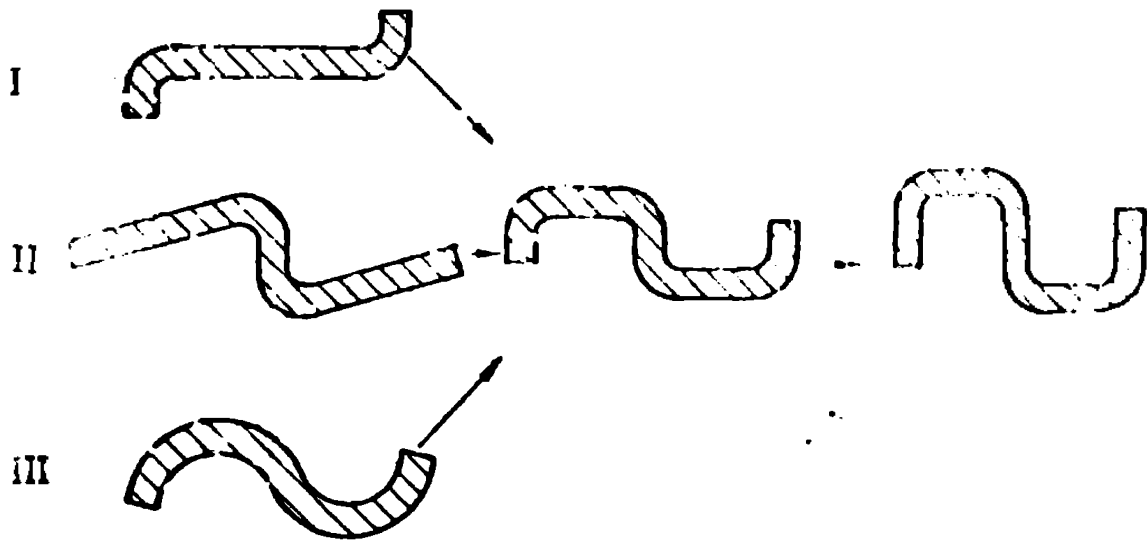
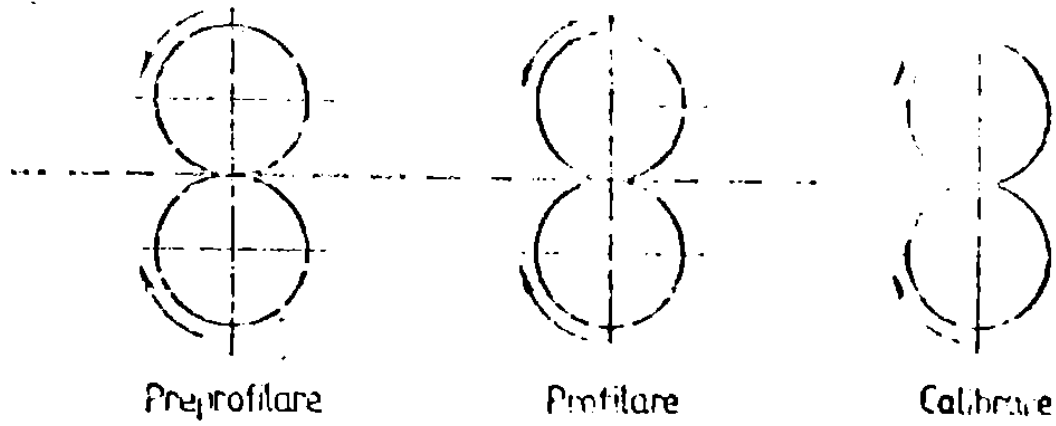


Fig.3.4 Tipuri de calibre utilizate la fabricarea tuburilor flexibile.

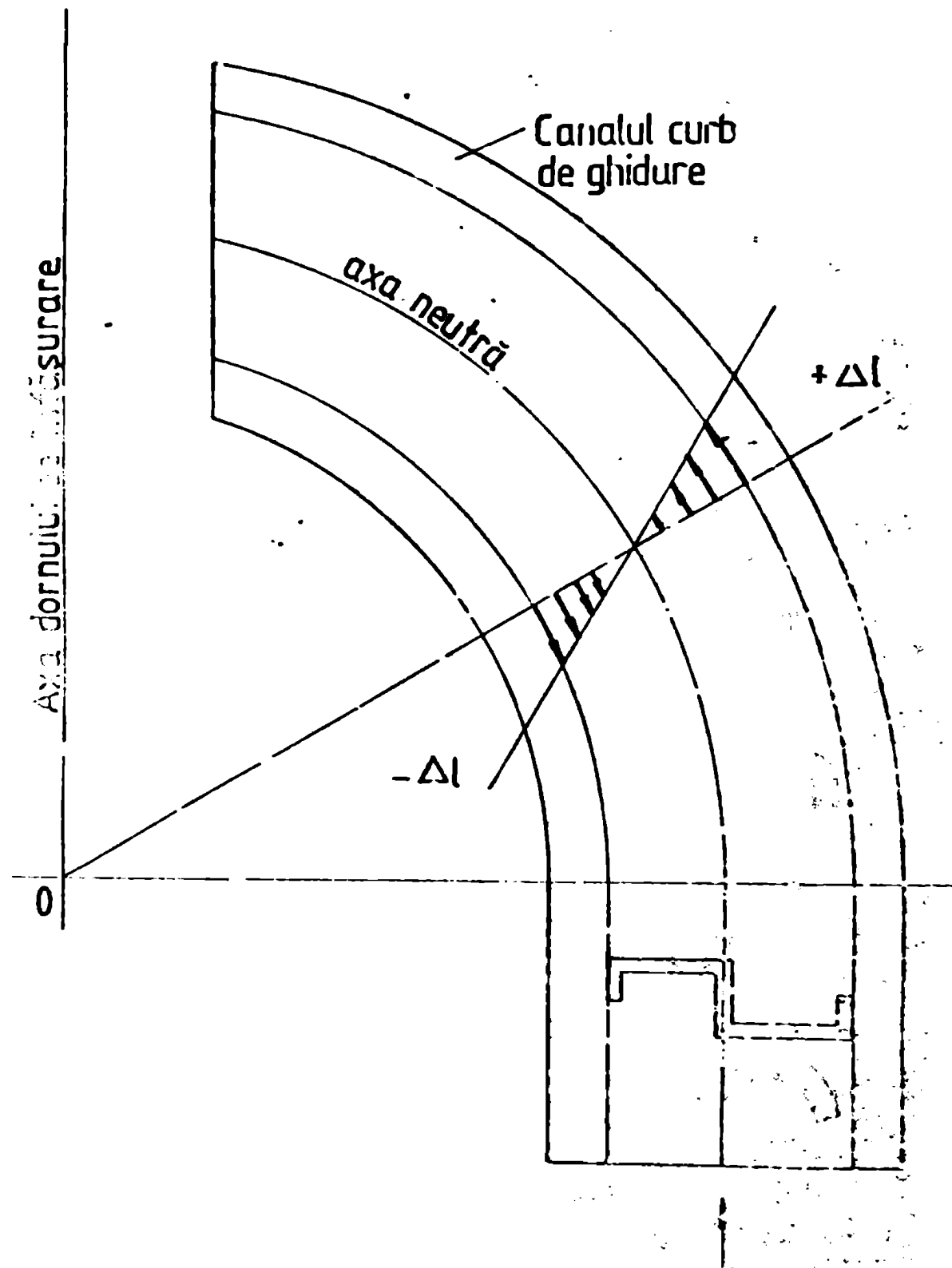


Fig 35 Comportarea la deformare a profilului ce trece prin ghidajul curb.

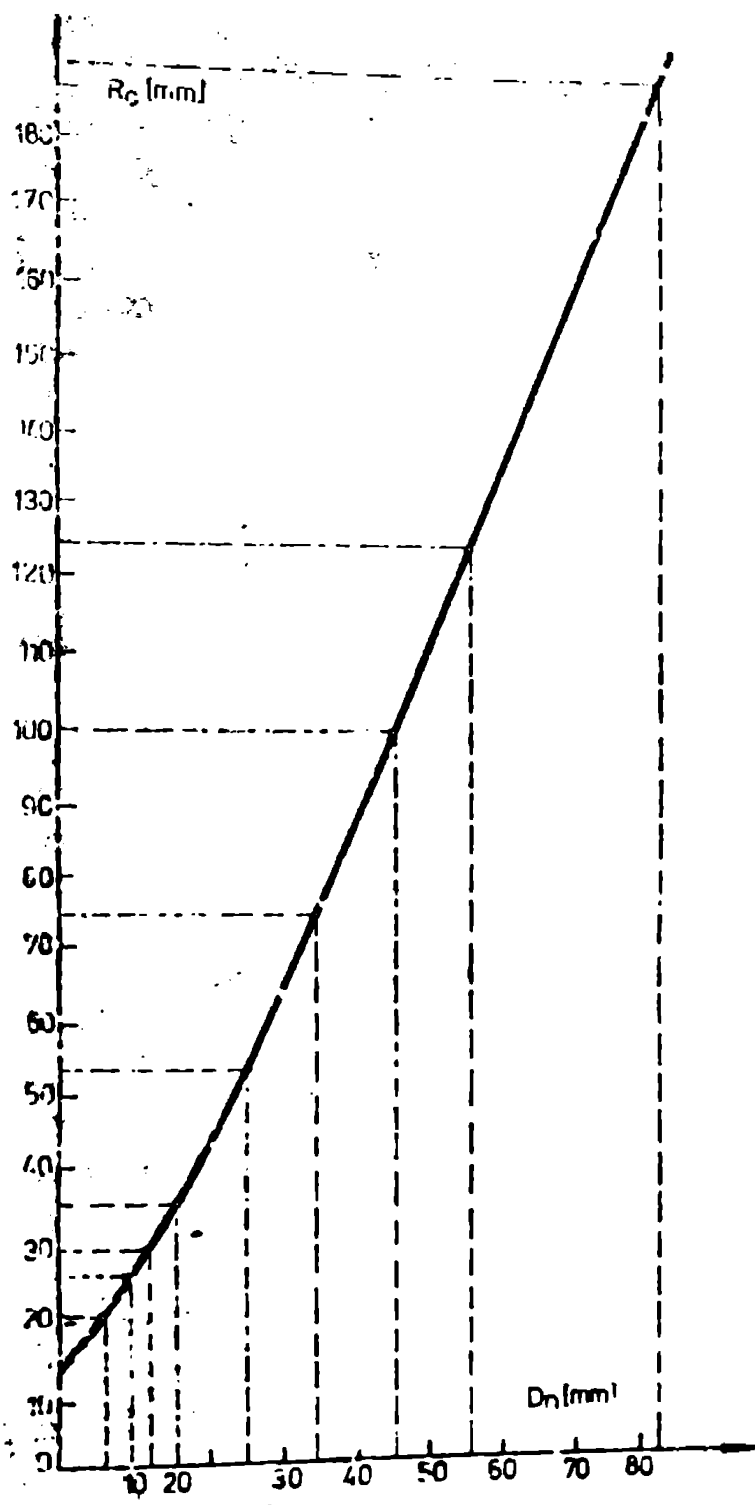


Fig. 1.6. Expunerea grafică a razei ghidajului curb funcție de diametrul nominal al tubului.

și calibrare)

b - deformarea profilului în ghidajul curb și forța de frecare la ghidaj;

c - deformarea profilului calibrat pe dormul de înfășurare;

d - randamentul transmisiei.

a. Numărul maxim al secțiunilor supuse simultan la încovoiere în timpul profilării benzii este de șase, așa cum rezultă din fig. 3.4.

Forța de deformare se consideră uniform repartizată pe porțiunea de bandă încovoiată iar geometria profilului pe fața de deformare este cuplât determinată prin alegerea și dimensionarea calibrului.

Se calculează modulul de rezistență cu formula

$$W_{ef} = \frac{b \cdot g^2}{6} \quad [cm^3] \quad (3.5)$$

în care: b este lungimea porțiunii de bandă atașată de role și supusă la încovoiere; g - grosimea benzii.

Valorile lui b sînt în funcție de diametrul mediu al roților de deformare, de faza de deformare (preprofilare, profilare și calibrare) și de dimensiunile profilului calibrat. Ele sînt date orientativ în tabelul 3.2. Se are în vedere faptul că diametrul mediu al roților de deformare depinde de dimensiunile profilului de care acesta nu apare ca parametru.

Momentele încovoietoare se calculează cu formula

$$M_i = W_{ef} \cdot \sigma_{0,2} \quad [daN \cdot cm] \quad (3.6)$$

în care: $\sigma_{0,2}$ - este rezistența benzii în imediata apropiere a limitei de elasticitate dar în zona deformațiilor plastice remanente;

W_{ef} - modulul de rezistență al secțiunii supusă la încovoiere.

La proiectarea mașinii se ia în calcul $\sigma_{0,2} = 2\sigma - 3\sigma$ daN/mm² care este valoarea rezistenței benzilor din oțel moale la alungirea de 0,2%. Se consideră că pentru benzile din mărțese acest calcul este corespunzător.

Considerăm porțiunea benzii ce se încovoiește o arcadă încastrată ca în fig. 3.7. Deși suprafața pe care se aplică forța de deformare P are forma unui triunghi dreptunghic pentru simplificarea calculului o admitem dreptunghiulară fără a introduce erori importante pentru o secțiune supusă la încovoiere se poate scrie:

$$\sigma_{0,2} = \frac{M_i}{W_{ef}} = \frac{P \cdot \frac{x}{2}}{\frac{b \cdot g^2}{6}} = 3 \frac{P \cdot x}{b \cdot g^2} \quad (3.7)$$

Se calculează forța necesară încovierii unei secțiuni cu

formula

$$P = \frac{\sqrt{0,8 \cdot b \cdot g^2}}{Sx} \quad [\text{daN}] \quad (3.8)$$

Tabelul 3.2. Valorile mărimii b în funcție de profilul spirei pe fiecare pereche de role

Dimensiunile profilului $l \times h$ mm	b		
	Role de prepro- filare	Role de profi- lare	Role de cali- brare
3,7 x 1	2	2,5	0,8
4,8 x 1,25	2,6	4,2	0,9
6 x 1,6	3,5	5	1
7 x 2	4	5,5	1,1
8,4 x 2,25	4,5	5,8	1,2
10 x 3	5	6	1,3
12 x 3,5	5,5	6,5	1,4
14 x 3,5	5,5	6,5	1,4
16 x 3,5	5,5	6,5	1,4
18 x 4	6	6,8	1,5
20 x 4	6	6,8	1,5
21 x 4	6	6,8	1,5

Tinând seama de faptul că pe diferite perechi de role numărul secțiunilor ce se încovoiește este variabil, dar perfect determinat, forța totală de încoviere pe o pereche de role se calculează cu formula

$$F_1 = k \cdot P \quad [\text{daN}] \quad (3.9)$$

în care k este numărul secțiunilor identice supuse la încoviere.

Deformația prin încoviere se realizează în timpul mișcării de rotație a roletelor iar forța F_1 se consideră aplicată tangent la diametrul mediu al acestora.

Momentul de rotație al unei role de deformare se determină cu formula

$$M_p = \frac{F_1 \cdot D}{2} \quad [\text{daN} \cdot \text{cm}] \quad (3.10)$$

Se calculează momentul total pentru cele trei perechi de role

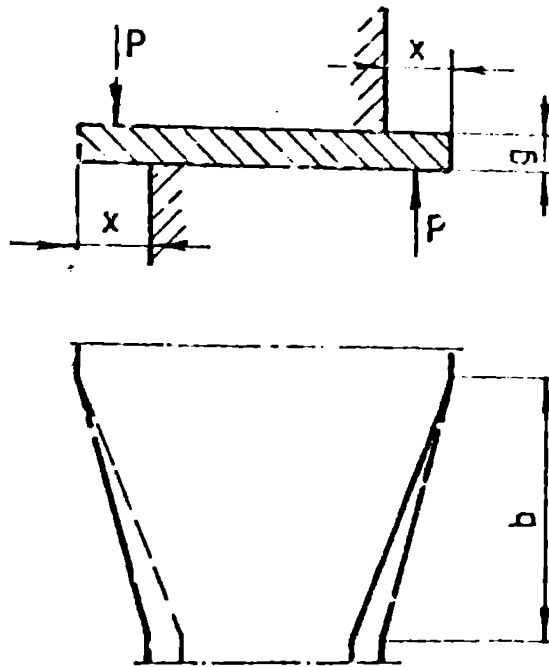


Fig. 37.

$$M_{rr} = M_{rr1} + M_{rr2} + M_{rr3} \quad [\text{daN}\cdot\text{cm}] \quad (3.11)$$

in care: M_{rr1} este momentul de rotație al rozelor de preprofilare;

M_{rr2} - momentul de rotație al rozelor de profilare;

M_{rr3} - momentul de rotație al rozelor de calibrare.

b. Calculul solicitărilor la încovoiere în ghidaajul curb se face în ipoteza că forța de deformare este egala cu cea care asigură împingerea benzii profilate prin ghidaaj. Forța se consideră uniform repartizată pe întreaga secțiune a profilului.

Pentru simplificarea calculului se împarte profilul în secțiuni ca în fig. 3.8.

Se aplică formula (3.5) pentru secțiunile orizontale și pentru cele verticale

$$W_{zo} = \frac{g \cdot b^2}{8} [\text{cm}^3]; \quad W_{zv} = \frac{a \cdot g^2}{8} [\text{cm}^3] \quad (3.12)$$

in care: W_{zo} este modulul de rezistență pentru secțiunile orizontale;

W_{zv} - modulul de rezistență pentru secțiunile verticale;

g - grosimea benzii;

$b = \frac{1}{2} \cdot g$

Deoarece atât mărimea a cât și grosimea g au valori mici W_{zv} se poate neglija.

Momentul încovoiător în acest caz se calculează cu formula:

$$M_1 = W_{zo} \cdot \sigma_{0,2} = F \cdot \frac{b}{2} \quad [\text{daN}\cdot\text{cm}] \quad (3.13)$$

Forța de împingere pe o secțiune orizontală se calculează cu formula:

$$F = \frac{2M_1}{b} \quad [\text{daN}] \quad (3.14)$$

Se calculează forța totală F_j care acționează asupra profilului cu formula:

$$F_j = 2 \cdot F \quad [\text{daN}] \quad (3.15)$$

În ghidaajul curb apare în același timp cu forța F_j și o forță de frecare F_f care se calculează cu formula:

$$F_f = \mu \cdot F_j \quad [\text{daN}] \quad (3.16)$$

in care $\mu = 0,15-0,18$ este coeficientul de frecare oțel pe oțel de

lubrefiat.

Forța totală necesară trecerii profilului prin ghidajul curb se calculează cu formula:

$$F_{jt} = F_j(1 + \mu) \quad [\text{daN}] \quad (3.17)$$

Forța se aplică tangent la diametrul primitiv al roților de deformare și va determina un moment de rotație M_{ro} care se calculează cu formula:

$$M_{ro} = \frac{F_{jt} \cdot D}{2} \quad [\text{daNm}] \quad (3.18)$$

a. Solicitățile la deformarea profilului pe dornul de înfășurare se determină considerând că secțiunea profilului se determină considerând că secțiunea profilului se încovoie după axa y și are dimensiunile din fig.3.8.

Se aplică formula modului de rezistență pentru secțiunile orizontale și verticale

$$W_{yo} = \frac{b \cdot \delta^2}{6} \quad [\text{cm}^3] ; \quad W_{yv} = \frac{\delta \cdot a_1^2}{6} \quad [\text{cm}^3] \quad (3.19)$$

Momentul de încovoiere necesar

$$M_{i \text{ nec}} = (2W_{yo} + 3W_{yv}) \sigma_{0,2} = W_{yt} \cdot \sigma_{0,2} \quad [\text{daNm}] \quad (3.20)$$

Se constată că din punct de vedere practic forțele de încovoiere pentru secțiunile orizontale sînt neglijabile în raport cu cele verticale iar a_1 se admite în calcul egal cu h .

Banda profilată se consideră ca o bară simplă rezemată avînd ca puncte de sprijin locul de contact al roților de presiune pe dorn.

$$M_{i \text{ nec}} = W_{yt} \cdot \sigma_{0,2} = F_d \cdot r_d \quad [\text{daNm}] \quad (3.21)$$

Forța necesară înfășurării pe dorn se calculează cu formula:

$$F_d = \frac{M_{i \text{ nec}}}{r_d} \quad [\text{daN}] \quad (3.22)$$

Momentul de rotație necesar înfășurării pe dorn a profilului se calculează cu formula

$$M_{rd} = \frac{F_d \cdot D}{2} \quad [\text{daNm}] \quad (3.23)$$

Se calculează momentul total de rotație M_{rt}

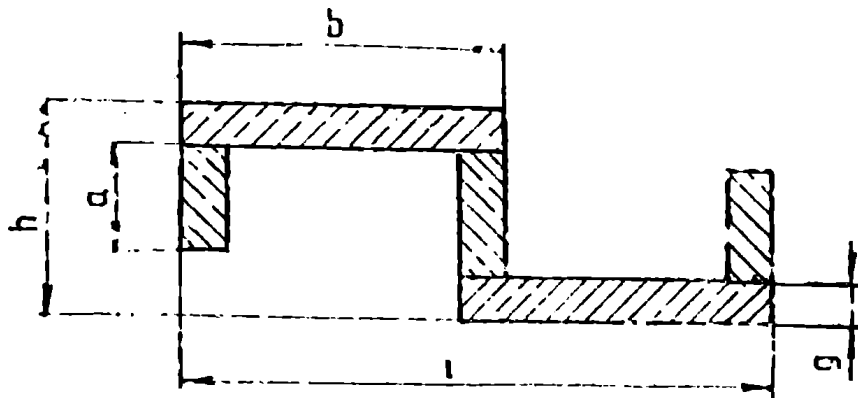


Fig. 3.8.

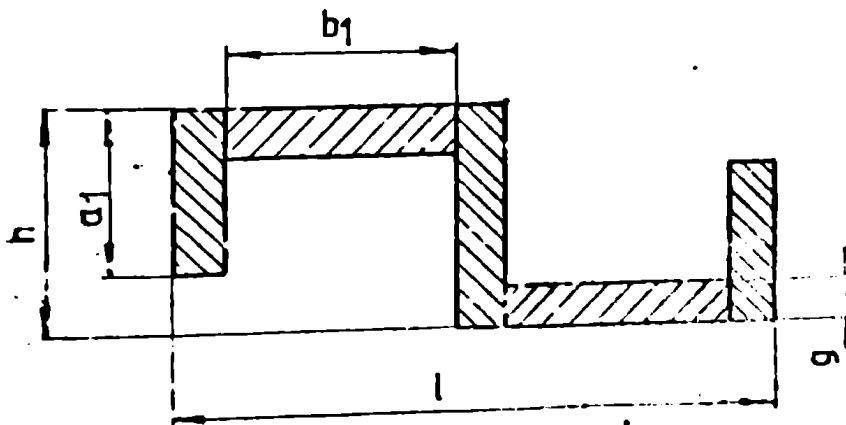


Fig. 3.9.

$$M_{rt} = M_{rr} + M_{rj} + M_{re} \quad (3.24)$$

Momentul de rotație total M_{rt} se reduce la arborele motorului cu formula

$$M_{red} = \frac{M_{rt}}{i \cdot \eta} \quad [\text{daNm}] \quad (3.25)$$

în care: i este raportul total de transmisie;

η - randamentul total al transmisieiilor.

Puterea motorului electric se calculează cu formula

$$P = \frac{M_{red} \cdot n}{95.500} \quad [\text{kW}] \quad (3.26)$$

Schema cinematică se alege corespunzător cu indicațiile și schemele prezentate în acest capitol.

Calculul celorlalte organe ale mașinii de fabricat tuburi flexibile se face după metodele cunoscute din literatura de specialitate. Se va ține seama în mod special de faptul că variatorul de turație se acționează toba sau dispozitivul de preluat tubul să permită reglarea turației la o valoare egală cu a tuburilor ce se execută.

3.8. Acționarea mașinilor de fabricat tuburi flexibile

Schema bloc de acționare clasică a mașinilor de fabricat tuburi metalice flexibile se prezintă în fig. 3.10.

Mașina este acționată de la un singur motor electric M cu trei ieșiri: prima care printr-un al doilea reductor R antrenază caseta cu roți CR, a doua care printr-un grup de roți dințate CD interschimbabile acționează sapul de înfășurare CI și al treia care antrenează variatorul de turație cu fricțiune VF pe care se montează dispozitivul care preia tubul flexibil (toba sau dispozitivul linear rotativ).

Acționarea este prevăzută și cu un sistem de antrenare auxiliară DAN cuplat în lanțul cinematic al variatorului de turație astfel ca această antrenare să se facă ușor și cu o viteză relativ mică pentru a evita accidentele.

Acționarea prezentată în fig. 3.10 se caracterizează prin aceea că este simplă și destul de sigură în funcționare.

Dezavantajele acestei acționări sînt următoarele:

- rigiditatea reglării vitezelor în locurile unde aceasta

se impune (turația arbore de înfășurare, turația role de deformare);

- obligativitatea reglării fiecărui lanț cinematic în parte
- reducțiile sînt agomotoase;
- lipsa posibilității proiectării și executării mașinilor universale capabile să fabrice tuburi de mare varietate.

Obișnuit, în cazul acestei acționări turația principală e constituită din a roților de deformare după care se adaptează cu grupul de roți dințate 6 turația arborelui de înfășurare 7.

Turația roților după cum rezultă din fig.3.1 se poate modifica numai în trepte (obișnuit trei trepte).

Grupul de roți dințate 6 se schimbă la fiecare diametru nominal de tub flexibil ce se fabrică pe mașină.

Optimizarea procesului de fabricație a tubului, practic, este foarte greu de realizat.

Asigurarea raportului optim între viteza liniară la periferia dornului de înfășurare și viteza de înaintare a benzii profilate ($V_d/V_b = 1,01 - 1,05$) se realizează cu multă dificultate.

Reglarea turației dispozitivului de preluat tubul, asigurarea și menținerea egalității perfecte, în tot timpul procesului de fabricație, între turația tubului flexibil și cea a dispozitivului de preluat prezintă înexactități.

Apariția desincronizărilor între turația tubului tubului și turația dispozitivului de preluat tubul duce la apariția defecțiunilor de înfășurare și deci la o productivitate relativ mai redusă față de posibilitățile mașinii.

În tehnice actuală a ține pasul cu dezvoltarea ei spectaculoasă înseamnă a fi competitiv, cu ceea ce produce, atât în țară cât și în afara ei. Ținînd seama de acest imperativ și de faptul că electricitatea modernă a iertat instalațiile de acționare în curent continuu și le-a crescut extrem de mult fiabilitatea modernizarea acționării mașinilor de fabricat tuburi flexibile este posibilă și oportună.

Avînd în vedere neajunsurile acționărilor clasice și cunoscînd performanțele acționărilor în curent continuu, reglabile atât la cuplu constant cât și la putere constantă în continuare se prezintă modul în care se pot optimiza acționările mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

În fig.3.11 se prezintă o schemă bloc de acționare a mașinilor de fabricat tuburi flexibile în varianta modernizată.

În această schemă cele trei lanțuri cinematice ale mașinii sînt acționate fiecare în parte de către un motor electric de curent

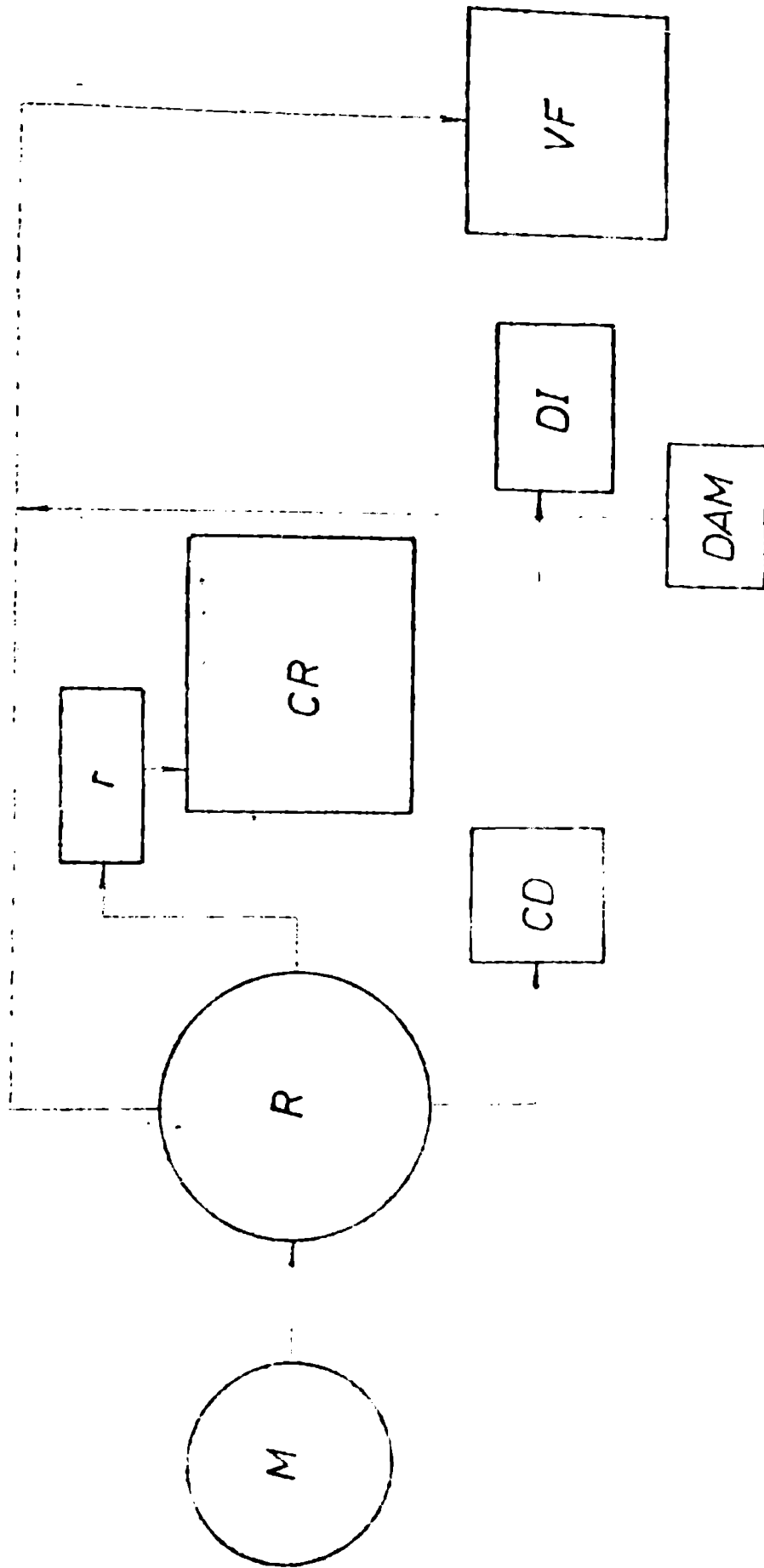


Fig. 1 - *chemie bloc de acționare clasică a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.*

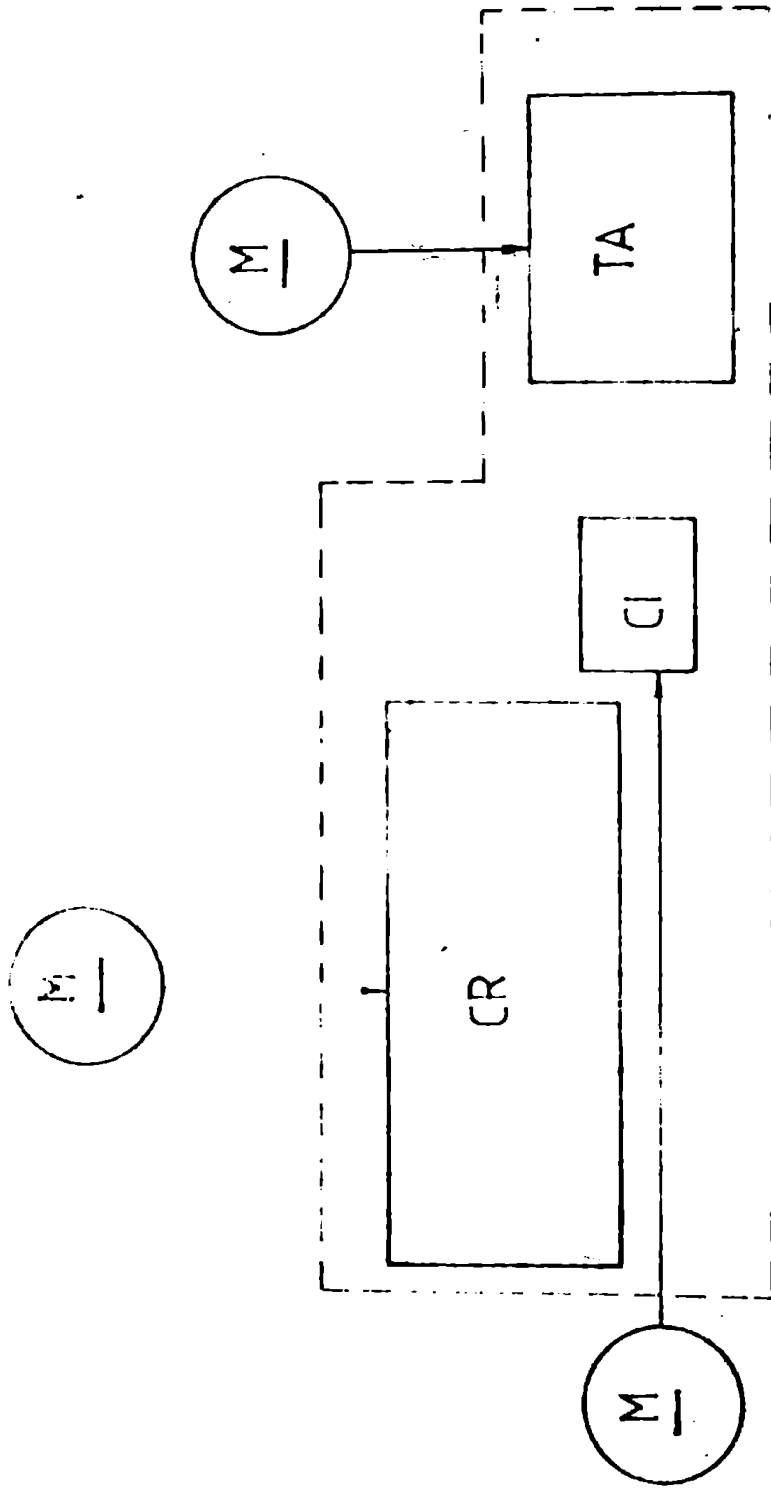


Fig. 3.11 Schema bloc a acționării în curent continuu a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

continuu.

Ținând seama de faptul că între viteza de înaintare a benzii și viteza la periferia cornului de înfășurare trebuie să existe un raport optim stabilit (V_d / V_b) și că turația dispozitivului de adunat trebuie să fie riguros egală cu cea a tubului se prezintă în continuare câteva variante de acționare a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

În fig. 3.12 se prezintă acționarea în curent continuu cu un singur motor a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

Se constată că această acționare simplifică schema cinematică care utilizează motorul de curent alternativ și permite adaptarea mașinii la viteze de lucru corespunzătoare diametrelor nominale ale tuburilor și la materialul din care sînt fabricate. (Viteze mici pentru diametre mari și pentru benzi de referențe: alamă, bronz, aluminiu și viteze mari pentru diametre mici și benzi din oțel).

Această acționare menține dezavantajul dat de schimbarea grupului de roți dințate ce antrenează cornul de înfășurare și variatorul de turație la dispozitivul de adunat.

Calculul acționării se face după metode prezentate în subcapitolul 3.5.

În fig. 3.13 se prezintă acționarea în curent continuu cu două motoare a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

Schema utilizează două motoare electrice de curent continuu, unul pentru acționarea casetei cu role iar celălalt pentru acționarea capului de înfășurare și a dispozitivului de adunat.

În felul acesta elasticitatea mașinii privind optimizarea parametrilor ei și acordarea celor trei lanțuri cinematice este posibilă în condiții deosebit de ușoare.

Sursele de curent continuu recomandate a se utiliza la alimentarea motoarelor sînt de tipul CEM avînd în vedere puterile mici necesare la acționarea mașinilor și faptul că puterea totală a fost împărțită după cum s-a arătat.

Pentru acționarea rozelor de deformare se va utiliza o schemă electrică cu reglarea tensiunii de alimentare deci la cuplu constant iar pentru acționarea cornului de înfășurare și a dispozitivului de adunat se va utiliza un motor electric la putere constantă.

Turațiile celor două acționări se asociază și se citesc la arborile rozelor de deformare și respectiv la arborile cornului de înfășurare. Dispozitivul de adunat se reglează empiric prin variatorul cu fricțiune marcată repere pe tubul de înfășurare pe roți și pe dispozitivul de adunat după care se efectuează manual o rotire completă a tubului.

$$M_{rt} = M_{rr} + M_{rj} + M_{rd} \quad (3.24)$$

Momentul de rotație total M_{rt} se reduce la arborele motorului cu formula:

$$M_{red} = \frac{M_{rt}}{i \cdot \eta} \quad [\text{daNm}] \quad (3.25)$$

în care: i este raportul total de transmisie;

η - randamentul total al transmisiei.

Puterea motorului electric se calculează cu formula:

$$P = \frac{M_{red} \cdot n}{95.500} \quad [\text{KW}] \quad (3.26)$$

Schema cinematică se alege corespunzător cu indicațiile și schemele prezentate în acest capitol.

Calculul celorlalte organe ale mașinii în raport cu tuburi flexibile se face după metodele cunoscute din literatura de specialitate. De vă ține seama în mod special de faptul că variatorul de turație acționează toba sau dispozitivul de preluat tubul să permită reglarea turației la o valoare egală cu a tuburilor ce se execută.

3.8. Acționarea mașinilor de fabricat tuburi flexibile

Schema bloc de acționare clasică a mașinilor de fabricat tuburi metalice flexibile se prezintă în fig.3.10.

Mașina este acționată de la un singur motor electric M care prin reductor, care transmite mișcarea la reductorul R cu trei ieșiri: prima care printr-un al doilea reductor r antrenează caseta cu roți CR , a doua care printr-un grup de roți dințate CR interschimbabile acționează capul de înfășurare CI și oțtreala care antrenează variatorul de turație cu fricțiune VF pe care se montează dispozitivul care preia tubul flexibil (toba sau dispozitivul liniar rotativ).

Acționarea este prevăzută și cu un sistem de antrenare auxiliară DAU amplasat în lanțul cinematic al variatorului de turație astfel ca această antrenare să se facă ușor și cu o viteză relativ mică pentru a evita accidentele.

Acționarea prezentată în fig.3.10 se caracterizează prin aceea că este simplă și destul de sigură în funcționare.

Dezavantajele acestei acționări sînt următoarele:

- rigiditatea reglării vitezelor în locurile unde aceasta

se impun (turația arbore de înfășurare, turația role de deformare);

- obligativitatea reglării fiecărui lanț cinematic în parte
- reductoarele sunt agonotone;
- lipsa posibilității proiectării și executării mașinilor universale capabile să fabrice tuburi de mare varietate.

Obișnuit, în cazul acestei acționări turația principală e constituită cea a roților de deformare după care se adaptează cu grupul de roți dințate 6 turația arborelui de înfășurare 7.

Turația roților după cum rezultă din fig.3.1 se poate modifica numai în trepte (obișnuit trei trepte).

Grupul de roți dințate 6 se schimbă la fiecare diametru nominal de tub flexibil și se fabrică pe mașină.

Optimizarea procesului de fabricație a tubului, practic, este foarte greu de realizat.

Asigurarea raportului optic între viteza liniară la periferia cornului de înfășurare și viteza de înaintare a benzii profilate ($V_d/V_b = 1,01 - 1,05$) se realizează cu multă dificultate.

Reglarea turației dispozitivului de preluat tubul, asigurarea și menținerea egalității perfecte, în tot timpul procesului de fabricație, între turația tubului flexibil și cea a dispozitivului de preluat prezintă inexactități.

Apariția desincronizărilor între turația tubului tubului și turația dispozitivului de preluat tubul duce la apariția defecțiunilor de înfășurare și deci la o productivitate relativ mai redusă față de posibilitățile mașinii.

În tehnice actuală a ține pasul cu dezvoltarea ei spectaculoasă înseamnă a fi competitiv, cu ocaz de produci, atât în țară cât și înafara ei. Ținând seama de acest imperativ și de faptul că electronica modernă a ieftinit instalațiile de acționare în curent continuu și le-a crescut extrem de mult fiabilitatea modernizarea acționării mașinilor de fabricat tuburi flexibile este posibilă și oportună.

Având în vedere neajunsurile acționărilor clasice și cunoscând performanțele acționărilor în curent continuu, reglabile atât la suplu constant cât și la putere constantă în continuare se prezintă modul în care se pot optimiza acționările mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

În fig.3.11 se prezintă o schemă bloc de acționare a mașinilor de fabricat tuburi flexibile în varianta modernizată.

În această schemă cele trei lanțuri cinematice ale mașinii sînt acționate fiecare în parte de către un motor electric de curent

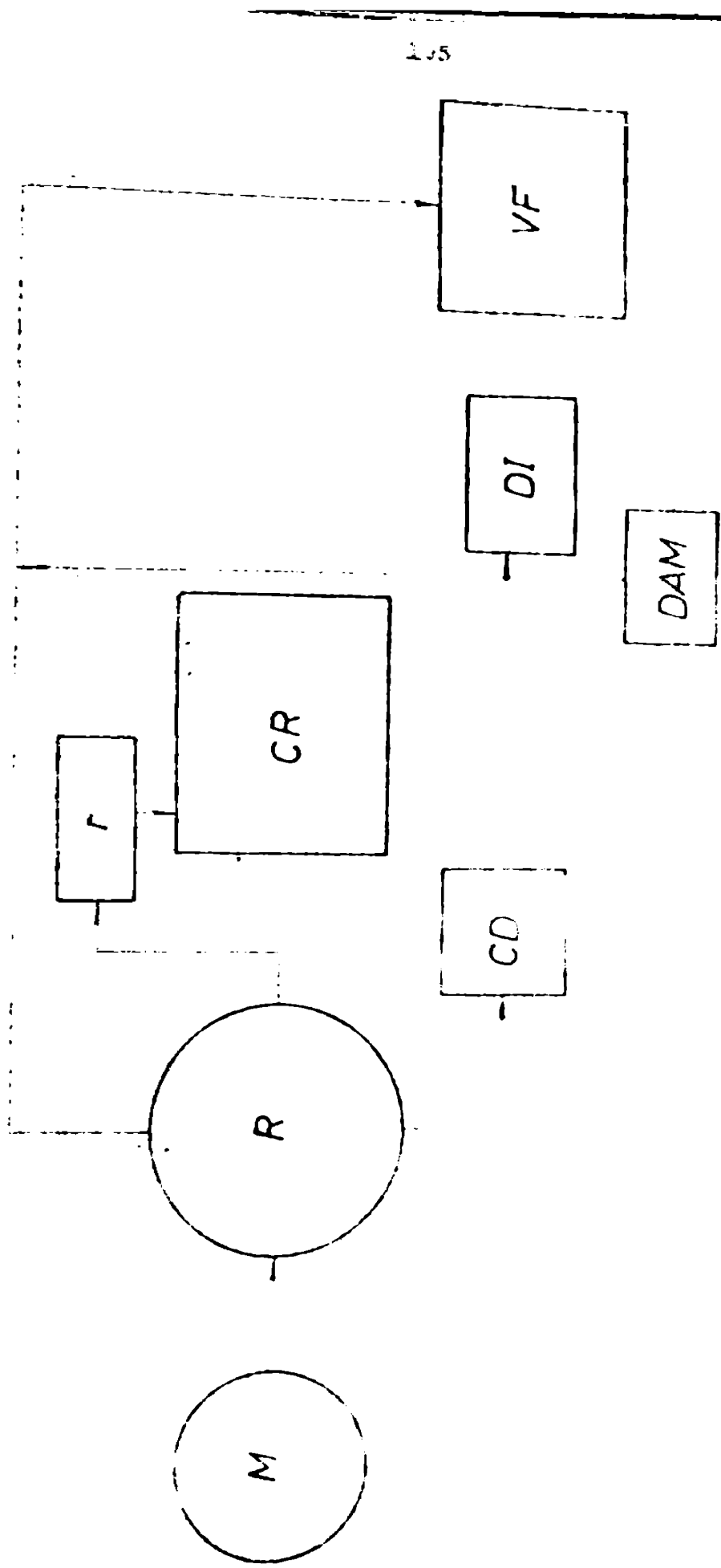


Fig. 1.1.1. Bloc de actionare elastică a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

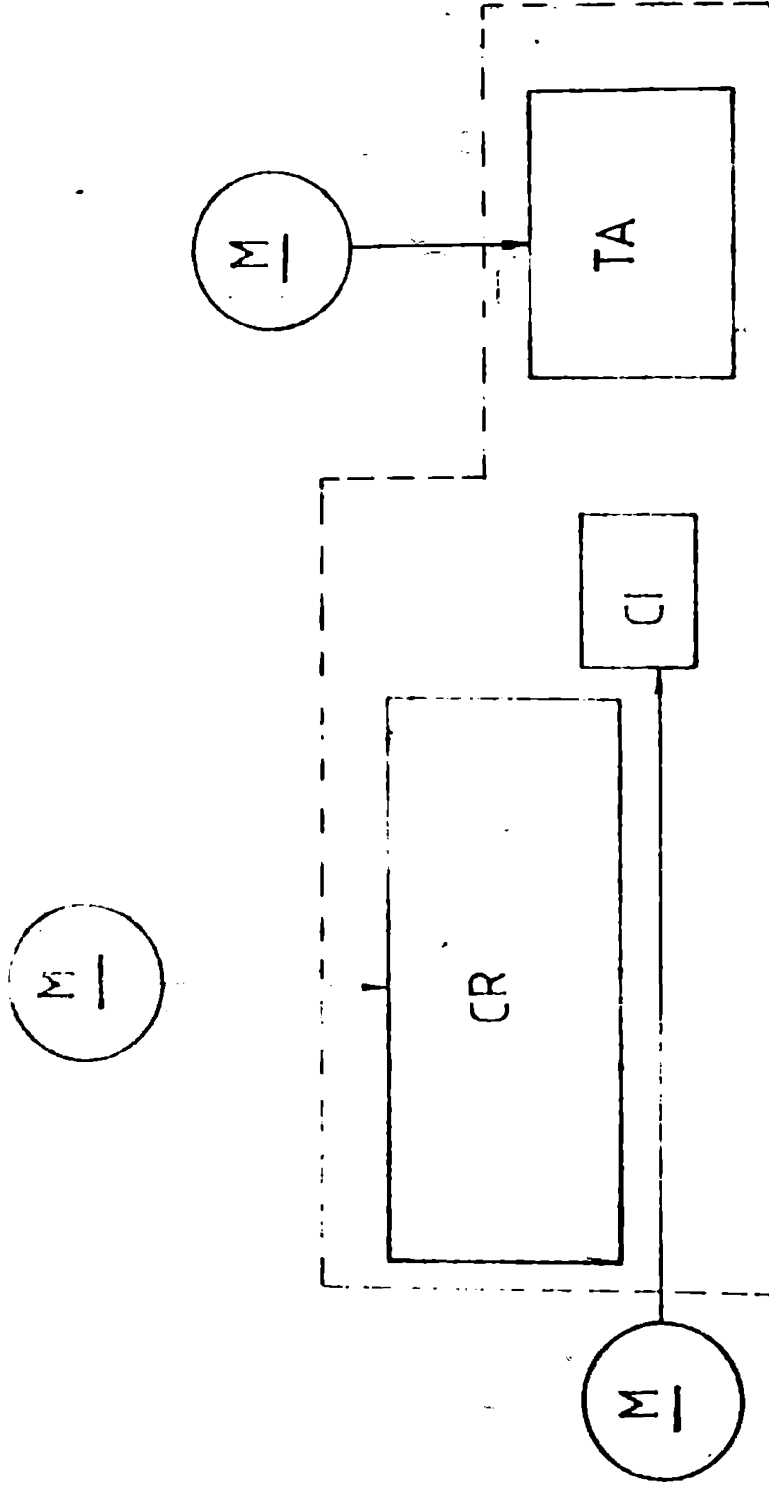


Fig.3.11 Schema bloc a acționării în curent continuu a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

continuu.

Ținând seama de faptul că între viteza de înaintare a benzii și viteza la periferia cornului de înfășurare trebuie să existe un raport optim stabilit (V_d / V_b) și că turația dispozitivului de adunat trebuie să fie riguros egală cu cea a tubului se prezintă în continuare câteva variante de acționare a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

În fig.3.12 se prezintă acționarea în curent continuu cu un singur motor a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

Se constată că această acționare simplifică schema cinematică care utilizează motorul de curent alternativ și permite adaptarea mașinii la viteze de lucru corespunzătoare diametrelor nominale ale tuburilor și la materialul din care sînt fabricate. (Viteze mici pentru diametre mari și pentru benzi de neferoase: alamă, bronz, aluminiu și viteze mari pentru diametre mici și benzi din oțel).

Această acționare menține dezavantajul dat de schimbarea grupului de roți dințate ce antrenează cornul de înfășurare și variatorul de turație la dispozitivul de adunat.

Calculul acționării se face după metode prezentate în subcapitolul 3.5.

În fig.3.13 se prezintă acționarea în curent continuu cu două motoare a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

Schema utilizează două motoare electrice de curent continuu, unul pentru acționarea esetei cu role iar celălalt pentru acționarea capului de înfășurare și a dispozitivului de adunat.

În felul acesta elasticitatea mașinii privind optimizarea parametrilor ei și acordarea celor trei lanțuri cinematice este posibilă în condiții deosebit de ușoare.

Sursele de curent continuu recomandate a se utiliza la alimentarea motoarelor sînt de tipul CEM avînd în vedere puterile mici necesare la acționarea mașinilor și faptul că puterea totală a fost repartizată după cum s-a arătat.

Pentru acționarea roților de deformare se va utiliza o schemă electrică cu reglarea tensiunii de alimentare deci la cupla constantă iar pentru acționarea cornului de înfășurare și a dispozitivului de adunat se va utiliza un motor electric la putere constantă.

Turațiile celor două acționări se măsoară și se ajustează la arborile roților de deformare și respectiv la arborile cornului de înfășurare. Dispozitivul de adunat se reglează empiric prin variatorul cu fricțiune marciud repere pe tubul de înfășurare pe bara și pe dispozitivul de adunat după care se efectuează manual o rotire completă a tubului.

Se reglează turația tobei cu varistorul în funcție de rezultatul obținut până când cele două turații sînt egale.

În fig. 3.14 se prezintă acționarea în curent continuu cu trei motoare a mașinilor de fabricat tuburi flexibile.

Ceea ce^{le} deosebește de acționările prezentate anterior este aceea că fiecare lanț cinematic are motorul său de acționare.

Tente turațiile se impun, se citesc și se mențin automat la valorile stabilite.

Pentru ușurarea explicării acestor mașini se întocmesc tabele care prezintă în funcție de diametrul tubului ce se execută pe mașină și materialul din care sînt fabricate turațiile la ieșirea fiecărui lanț cinematic în parte.

Calculul puterilor instalate pe mașină urmează metoda prezentată în capitolul 3, iar pentru acționarea dispozitivului de adunat se utilizează metoda clasică de calcul cunoscută.

Trebuie precizat că în calculul puterii motoarelor de acționare se utilizează momentul total de la ieșirea fiecărui lanț cinematic care se va reduce la arborele motorului respectiv.

Avantajele acestui tip de acționare sînt multiple.

Mașinile sînt elastice din punct de vedere tehnologic ceea ce permite efectuarea unor cercetări minoase în fabricarea tuburilor flexibile.

Permit optimizarea procesului tehnologic prin posibilitățile pe care le au în reglarea independentă a vitezelor.

Aceste mașini sînt silențioase și au o productivitate sporită față de cele acționate în curent alternativ prin faptul că need considerabil întreruperile în procesul de fabricație datorate defecțiunilor de înfășurare.

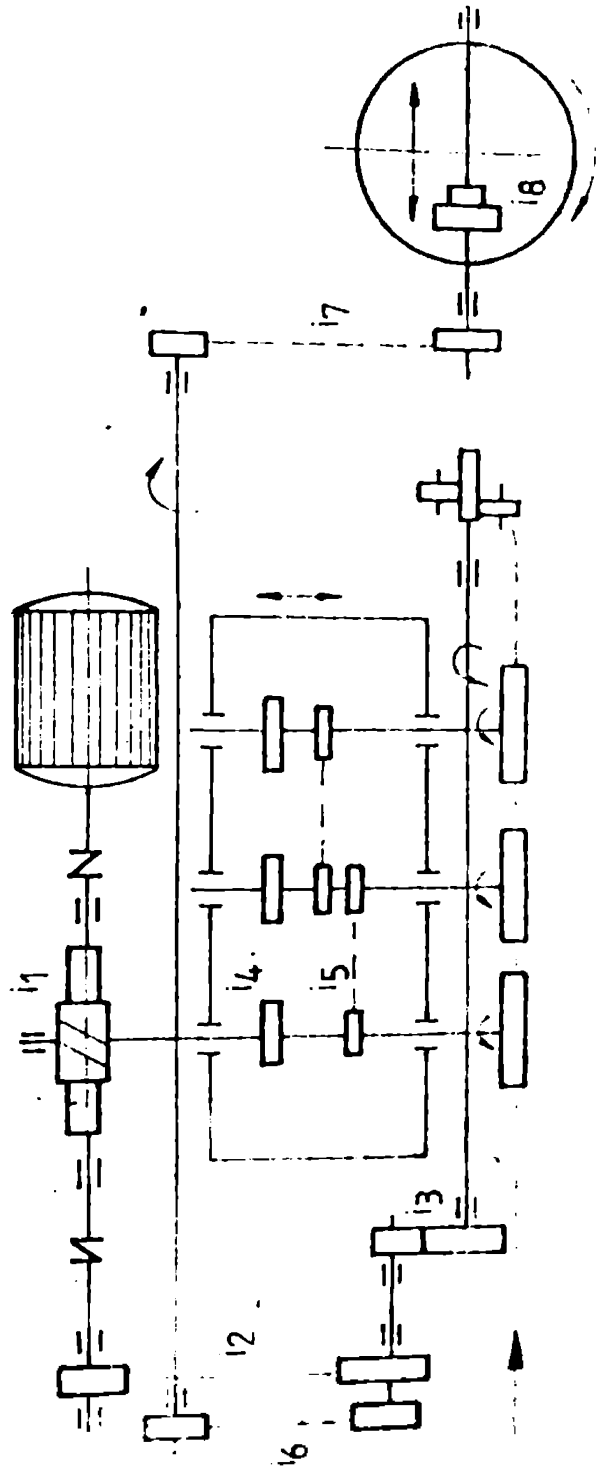


Fig. 3.12. Schema cinematică a acționării în curent continuu cu un singur motor electric, a transmisiei de fabricat tuburi flexibile.

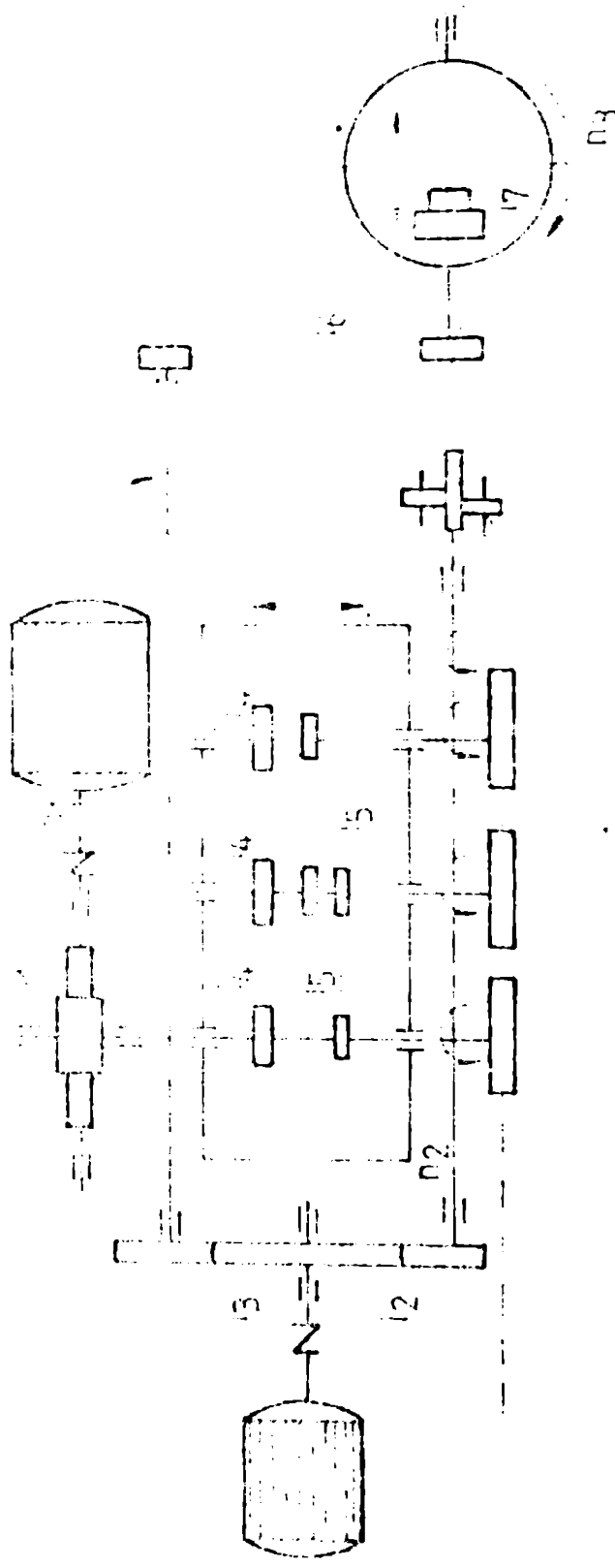


Fig. 3.13 Scheme schematică a acționării în curent continuu cu două motoare electrice, a mașinilor de fabricarea tuburilor flexibile

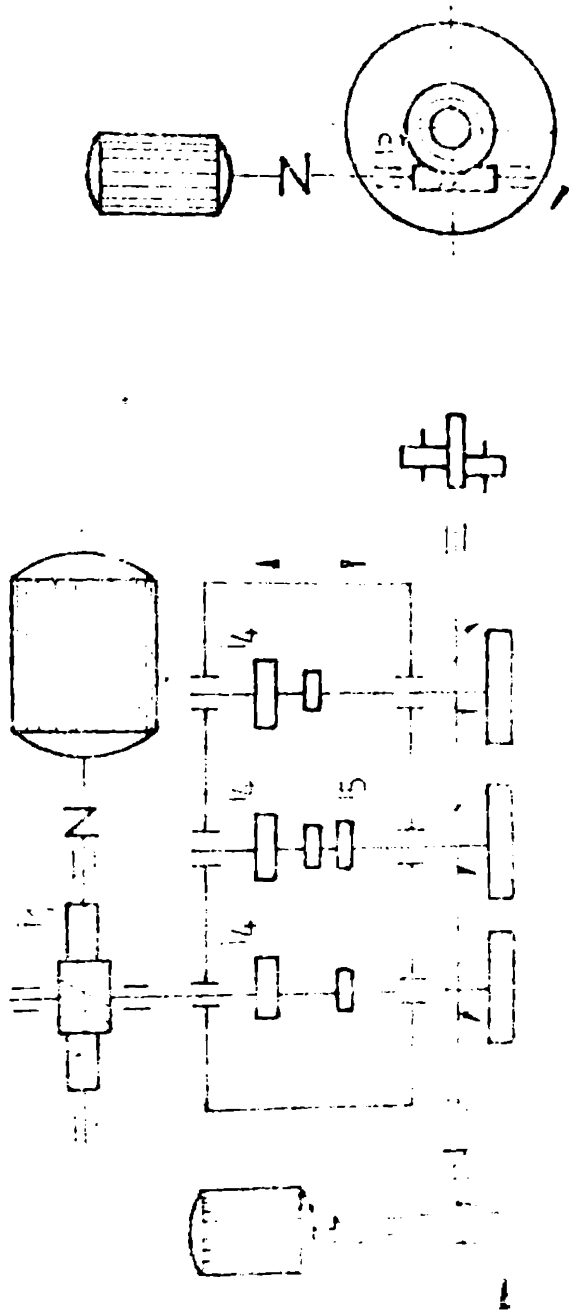


Fig. 1. Schematic diagram of a three-phase motor control circuit with thermal relays.

... ..

4. TEHNOLOGIA FABRICĂRII TUBURILOR METALICE FLEXIBILE

Tehnologia de fabricație a tuburilor flexibile este determinată de tipul lor constructiv. Ele se fabrică cu ajutorul unor mașini specializate având, pe grupe de tipuri constructive, aproximativ aceeași tehnologie de fabricație. În continuare fabricarea lor se va trata ținând seama de aceste observații. Materialele utilizate la fabricarea tuburilor flexibile nu influențează în mod deosebit tehnologia de fabricație.

4.1. Materiale utilizate la fabricarea tuburilor flexibile

La executarea tuburilor metalice flexibile se utilizează următoarele materiale: benzi metalice, țevi metalice cu pereți subțiri, materiale pentru garniturile de etanșare, țesături metalice și nemetalice, materiale sub formă de tuburi pentru protecție din plastic sau cauciuc.

4.1.1. Materiale metalice

La fabricarea tuburilor flexibile se utilizează benzile laminată la rece din oțel cu conținut redus de carbon (0,05-0,07%) în stare recaptă.

Aceste benzi, numite și de ambutiare se pot folosi protejate sau neprotejate la exterior. În cazul celor protejate benzile pot fi: zincate, nichelate, cromate sau cadmate. Cea mai largă utilizare o au benzile zincate galvanice. Natura și grosimea stratului de acoperire sînt în funcție de condițiile de coroziune, obișnuit grosimea fiind cuprinsă între limitele 5 - 20 μm .

Benzile din oțel inoxidabil feritic sau austenitic se folosesc pentru tuburile ce lucrează în condiții de mediu puternic corosiv.

Benzile de alamă tombac și bronz utilizate la fabricarea tuburilor flexibile au calitate moale și pot fi: obișnuite, lustrate, nichelate sau cromate.

Se mai utilizează benzi din metale pure ca: aluminiu, cupru, nichel, titan și argint.

În general benzile din oțel inoxidabil sau din metale pure se utilizează foarte rar și numai unde nu există posibilitate de înlocuire.

Ţevile metalice utilizate la fabricarea tuburilor flexibile

le cu pereții subțiri și pot fi trase sau sudate, acestea din urmă fiind cele mai economice.

Se utilizează, conform normelor DIN țevi din oțel inoxidabil feritic sau austenitic cu grosimea peretelui în limitele 0,08 - 0,6 și anume: ST35, 15Mo3, 1.4016, 1.4057, 1.4510, 1.4511; feritice și 1.4501, 1.4306, 1.4541, 1.4550, 1.4404, 1.4449, 1.4571, 1.4573 austenitice.

Tevele din metale neferoase utilizate conform DIN sînt următoarele: 2.4813, 2.4350 Monel, 2.4816, 2.4858, pe bază de nichel și 2.0250, 2.1020 Bronz, 2.1247 pe bază de cupru.

Teve din metale pure: 2.0090 cupru, 2.4066 nichel, 3.7024 titan, 3.0205 aluminiu.

Utilizarea acestor calități de țevă este determinată în special de gradul de stabilitate la acțiunea mediului coroziv, de temperatură și de diferența de potențial electric existent pe tub.

4.1.2. Materiale pentru etanșare

În funcție de temperatura mediului în care lucrează tuburile flexibile se folosesc următoarele materiale:

- șnur din fire de bumbac, în sau cîneșă pentru temperaturi de exploatare ce nu depășesc limite de $+ 120^{\circ}\text{C}$;
- șnur din fire de azbest obișnuit pentru temperaturi ce nu depășesc $+ 250^{\circ}\text{C}$ sau din azbest pur pentru temperaturi ce nu depășesc $+ 500^{\circ}\text{C}$
- șnur de cauciuc pentru temperaturi ce nu depășesc $+ 60^{\circ}\text{C}$;
- sîrme metalice din cupru moale pentru temperaturi cuprinse în limitele $+ 400^{\circ}\text{C}$ la $+ 1000^{\circ}\text{C}$.

Dimensiunile secțiunii transversale a acestor materiale se stabilesc experimental așa cum s-a arătat anterior.

4.1.3. Tesături metalice și nemetalice - trese

Tesăturile metalice se execută din: sîrmă trasă de oțel, zincată galvanic, calitate moale; sîrmă din alamă și sîrmă din cupru. Diametrul acestor sîrme variază în funcție de diametrul nominal al tubului și este cuprins în limitele 0,2 - 0,5 mm.

Aceste tesături se realizează la exteriorul tuburilor flexibile înainte de asamblarea lor cu racordurile.

Rezul țesăturilor metalice este acela de a asigura rezistența tuburilor flexibile la presiune și la întindere. Ele se aplică în unul, două sau chiar trei straturi.

Mașinile de împletit tresa sînt de tip special și se fabrică în țară. Tresa se compune dintr-un număr de toroane ce depinde de diametrul exterior al tubului pe care se aplică iar un toron se compune din 2-10 sarme. În fig.4.1 se prezintă construcția tresei metalice.

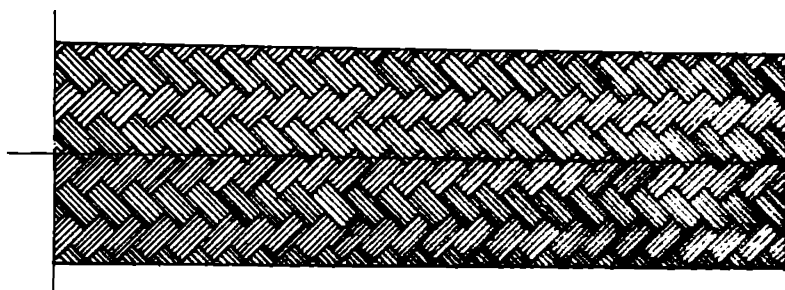


Fig.4.1

Țesăturile nemetalice sînt confecționate obișnuit din fire de bumbac în sau cîneapă și se aplică în scopul protecției mecanice sau ca ornament.

4.1.4. Materiale plastice și din cauciuc

Materialele plastice sau din cauciuc intră în componența unor tuburi flexibile în interior sau exteriorul lor sub formă de furcune sau se amplacează între spire sub formă de șnur de etanșare. În toate cazurile trebuie avut în vedere utilizarea unor calități de materiale care să corespundă condițiilor de exploatare: temperatură, agenți petrochimici, etc.

4.2. Tehnologie de fabricare a tuburilor flexibile din benză

Spirele acestor tuburi flexibile obținute prin deformare plastică a benzilor metalice, de orice fel, cu ajutorul unor perechi de role profilate se înfășoară pe un drum, se îmbină corespunzător împreună și cu șnurul de etanșare fiind sînt de construcție etanșată și se preiau de către un dispozitiv special în vîrstă de rotație.

În fig.4.2 se prezintă mașina utilizată la fabricarea tuburilor flexibile EPB și GEP cu diametrul nominal până la 50 mm.

Mașina conform fig.4.2 are următoarele părți componente: tamburul 1 pentru umezirea benzii, jgheab de ungere 2 cu role de ghidaj ghidaj liniar 3, role de preprofilare 4, profilare 5 și calibrare 6, sistem de presiune cu șurub 7, ghidajul curb 8, suportul ghidajului curb 9, corn de înfășurare 10, role de înfășurare 11, sistem reglabil de apăsare 12 al rozelor de înfășurare 11, țeavă de ghidare a tubului 13, toată rotitoare 14, pentru preluat tubul, variator de viteză cu fricțiune 15, sistem de acționare manuală 16, manivelă 17, casetă cu role 18, roți de lanț 19, reductor micșorat 20, reductor principal 21, ambreiaj 22, sistem de deplasare a casetei cu role 23, levier pentru cuplarea rozelor superioare 24, levierul ambreiajului 25 și motorul electric de acționare 26.

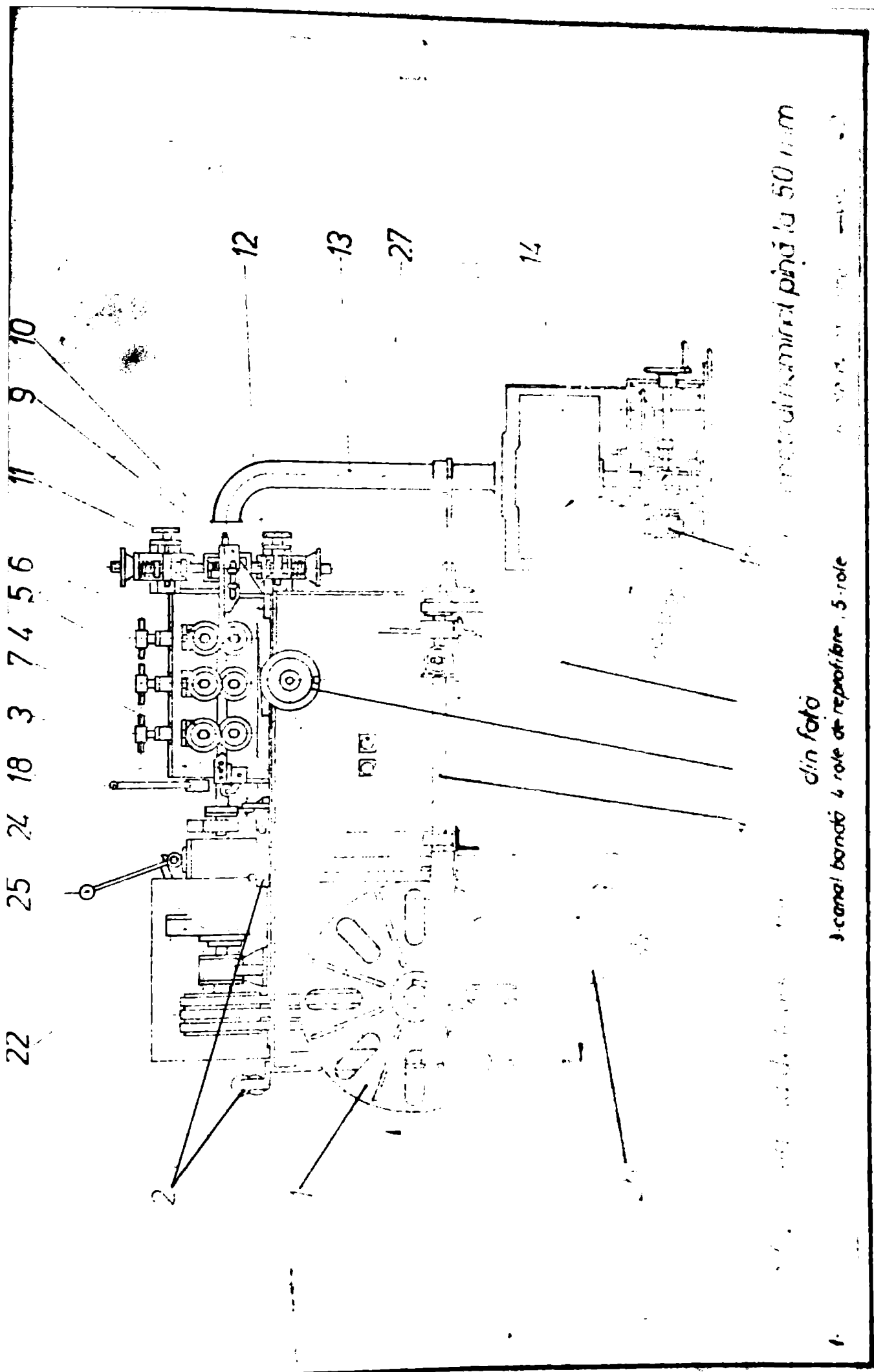
Banda debitată la lățimea necesară se așază pe tamburul 1 apoi capătul ei se trece printre rolele jgheabului cu șurub 2, prin ghidajul liniar 3 la rolele de preprofilare 4. Se debreiază mașina cu levierul 17 și banda introdusă în rolele de preprofilare antrenate manual cu ajutorul manivelei 17, se trece prin rolele de profilare 5 și calibrare 6, după care este preluată de ghidajul curb 8. Din ghidajul 8 banda profilată trece sub cornul de înfășurare 10, este îndoită pe caseta și presată elastic de rolele de înfășurare 11 înclinate corespunzător și defazate cu pasul de înfășurare.

Pentru o mai bună înțelegere a procesului de înfășurare se prezintă în fig.4.3 schematic copul de înfășurare. Tubul format și înfășurat pe corn 10 înaintează prin țeava de ghidare 13 și este preluat de toată rotitoare 14. După terminarea înfășurării se oprește mașina și se scoate tubul din toată urmând să se livreze la lungimea rezultată sau la lungimi fixe cu recorduri la capete.

Șnurul de etanșare se introduce între spire în același timp cu înfășurarea tubului. El este pregătit pe mașini de răucit șnur din fire subțiri la diametrul necesar. Ghidarea lui înainte de intrarea între spire se face cu ajutorul unui jgheab de șurub potrivit fixat pe ghidajul curb.

Tuburile flexibile cu secțiunea transversală poligonală PP se fabrică la fel cu cele de tipul EPB cu deosebirea că cornul de înfășurare este poligonal iar viteza de înfășurare mult mai mică.

Mașinile de fabricat tuburi flexibile cu pereți dubli PD au în plus față de cea prezentată însă o casetă cu role care asigură deformarea benzii pentru pereții interior.



... dimensiuni până la 50 mm

din foto
3 canal bandă 4 roți de reproducere 5 roți

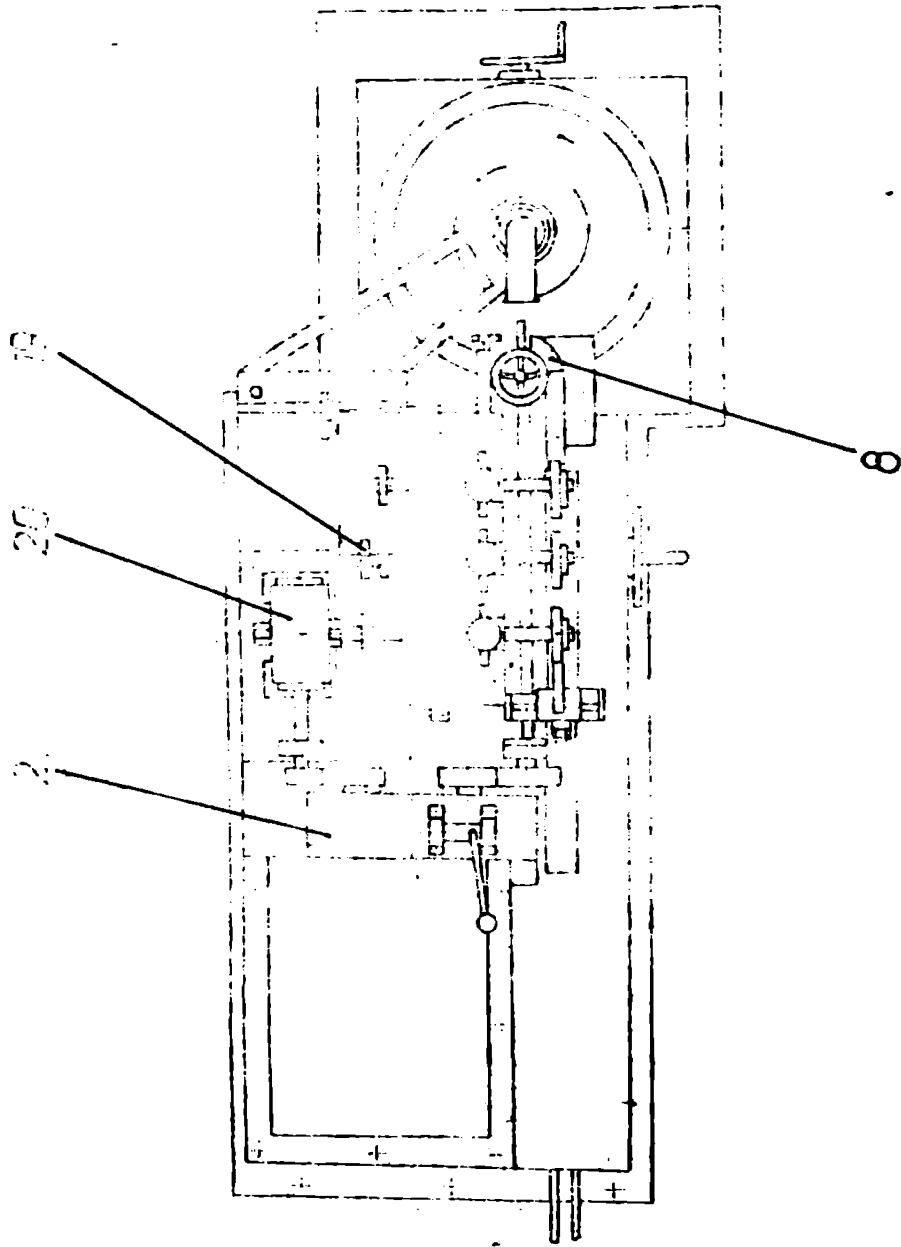


Fig.4.2. b. Mașina de fabricat tuburi flexibile de tipul SPD cu diametrul nominal ϕ în la 50 mm
(Vezi tabel de sus)

7-sistem de presiune; 8-ghidaj de profil; 9-suport ghidaj; 10-dorn de înfășurare; 11-role de înfășurare; 12-sistem reglabil de apăsare;
13-țeavă de ghidare; 14-tobă; 15-variator de turație; 16-sistem de acționare manuală; 17-manivelă; 18-șurub cu role; 19-roți de dinț;
20-reductor melcat; 21-reductor principal; 22-ambreaj; 23-sistem de deplasare a cuselei cu role; 24-mobilă; 25-levier de cuplare;
26-levier superior; 27-buton de pornire-oprire.

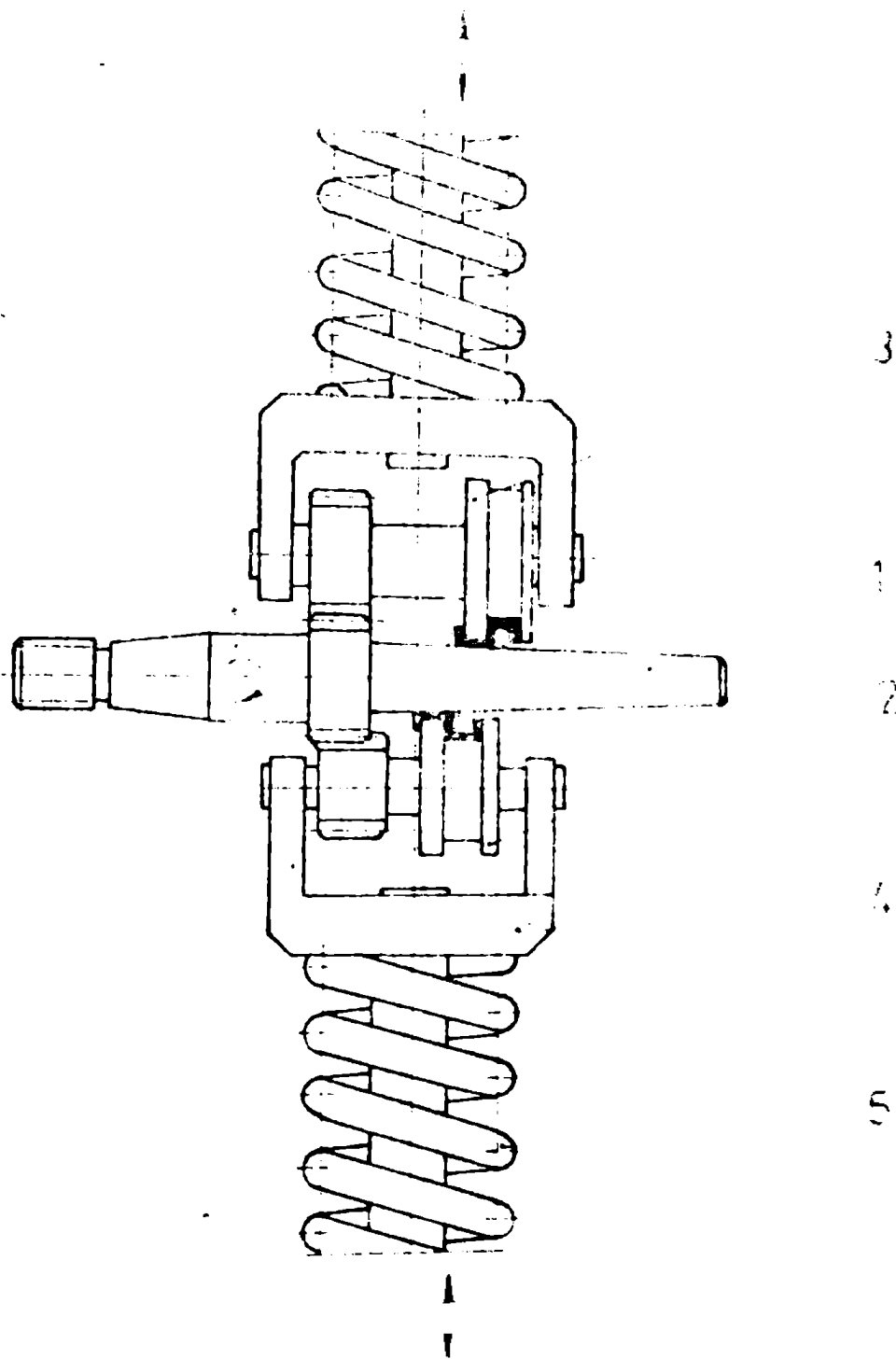


Fig.4.3 Cap de înfășurare

1-dorn de înfășurare, 2-roată inferioară de înfășurare,
 înfășurare, 4-furcă, 5-arc elastică.

Casetele cu role, ghidajele curce, în general organele active ale mașinii sînt amplasate în spațiu corespunzător procesului de înfășurare a doi pereți (două tuburi concenrice) simultan. Viteza de înfășurare este redusă iar preluarea tuzului se face în exclusivitate de către un dispozitiv liniar rotitor.

4.3. Tehnologia de fabricare a tuburilor flexibile cu remanență

Tuburile flexibile cu remanență simbolizate RA și FR se execută cu mașini specializate din sîrme profilate. Construcția tubului flexibil RA și FR se prezintă în fig. 1.20 și 1.21.

Din aceste figuri se constată că tubul are în componența sa un perete interior din sîrmă rotundă, de oțel arc și unul exterior din sîrmă de oțel moale profilată sub formă de pană.

Fabricarea acestor tuburi comportă o serie de particularități. Una dintre acestea o constituie faptul că o sîrmă de oțel arc cu rezistență la încovoiere ridicată trebuie înfășurată pe un arbore cu diametrul relativ mic, 8 - 16 mm și lungime mare, pînă la 600 mm.

A doua particularitate constă în aceea că înfășurarea peretelui exterior din sîrmă moale sub formă de pană constituie o operație de mare dificultate dacă procesul nu este controlat. În timpul înfășurării apar situații dese în care spirele peretelui exterior intră între cele ale peretelui interior pînă la diametrul nominal ceea ce nu este permis.

Așa cum rezultă din fig. 1.20 și 1.21, adîncimea la care intră spirele exterioare între cele interioare este bine determinată.

Fabricarea tubului flexibil RA sau FR se face în două etape cu ajutorul mașinii, echipată cu un dispozitiv corespunzător fazei tehnologice de înfășurare, prezentată în fig. 4.4.

Mașina se compune din următoarele părți principale: A - mașina propriu-zisă cu mecanisme clasice de acționare și B - sistem mecanizat de înfășurare. Sistemul de înfășurare se compune din următoarele părți: dispozitivul pentru înfășurarea peretelui interior 1, arborele de înfășurare 2, volanta de acționare manuală a începutului înfășurării 3 și levierul 4 de cuplare a înfășurării.

Ruloul de sîrmă se așază pe un tambur cu axa verticală, nereprezentat în fig. 4.5. Sîrma se introduce cu capătul de început în butucul arborelui de înfășurare prevăzut cu ghări frontale, ca în fig. 4.5. Apoi dispozitivul 1, prezentat în fig. 4.5, se aduce manual cu pozi-

la dură 5 sub sirmă. Se înfășoară două spire acționând manual volanta 3 după care se cuplează cu levierul 4 acționarea arborelui 2 de către mașină. După atingerea lungimii prescrise a tubului se decuplează mașina, se taie sirmă, se scoate tubul peste capătul liber al arborelui 2 și se reiau operațiile pentru executarea unui nou tub.

Pentru înfășurarea peretelui exterior peste cel interior se înlocuiește dispozitivul prezentat în fig.4.5 cu dispozitivul din fig.4.6.

Dispozitivul din fig.4.6 are în componența sa următoarele părți: corpul dispozitivului 9, placa 10 cu rolele 11 de îndreptare și ghidare a sirmei sub formă de pană, rolele de înfășurare 12 dispuse ca în figură și care au diametru în creștere în sensul de înfășurare, cușitul de transportat 13, levierul 14 pentru deschiderea roților de îndreptare și levierul 15 pentru introducerea cușitului de transport între spirele tubului.

Tubul interior se reinstalează pe arbore în poziția inițială. Sirmă pentru peretele exterior se introduce cu capătul de început în butucul arborelui prevăzut cu găuri frontale. Se apropie dispozitivul nou montat pînă ce rolele de îndreptare și cele de înfășurare cuprind sirmă sub formă de pană. Cu ajutorul volantei se înfășoară două spire după care se cuplează cu levierul 4 acționarea arborelui de către mașină. Pe măsura înfășurării peretelui exterior tubul crește în lungime iar cînd înfășurarea s-a terminat se oprește mașina, se taie sirmă profilată, se scoate tubul și operațiile se reiau în ordinea descrisă.

Rolele de înfășurare 12 curbează sirmă profilată și o introduc între spirele tubului interior constant la aceeași adîncime iar cușitul 13 de transport deplasează axial dispozitivul de înfășurare a peretelui exterior.

Tehnologia de execuție a celorlalte repere ale tuburilor RA sau RK precum și asamblarea cu tubul propriu-zis este cunoscută și nu se mai prezintă.

4.4. Tehnologie de fabricare a tuburilor flexibile din țevi sau benzi sudate în elice

Tuburile flexibile din țevi, cu simbolul general OC și OS se obțin prin realizarea pe țeava cu pereți subțiri a unor renuri paralele sau în spirală cu un pas și o înălțime adecvată. Numărul de renuri pe unitate de lungime, înălțimea acestora precum și grosimea peretelui

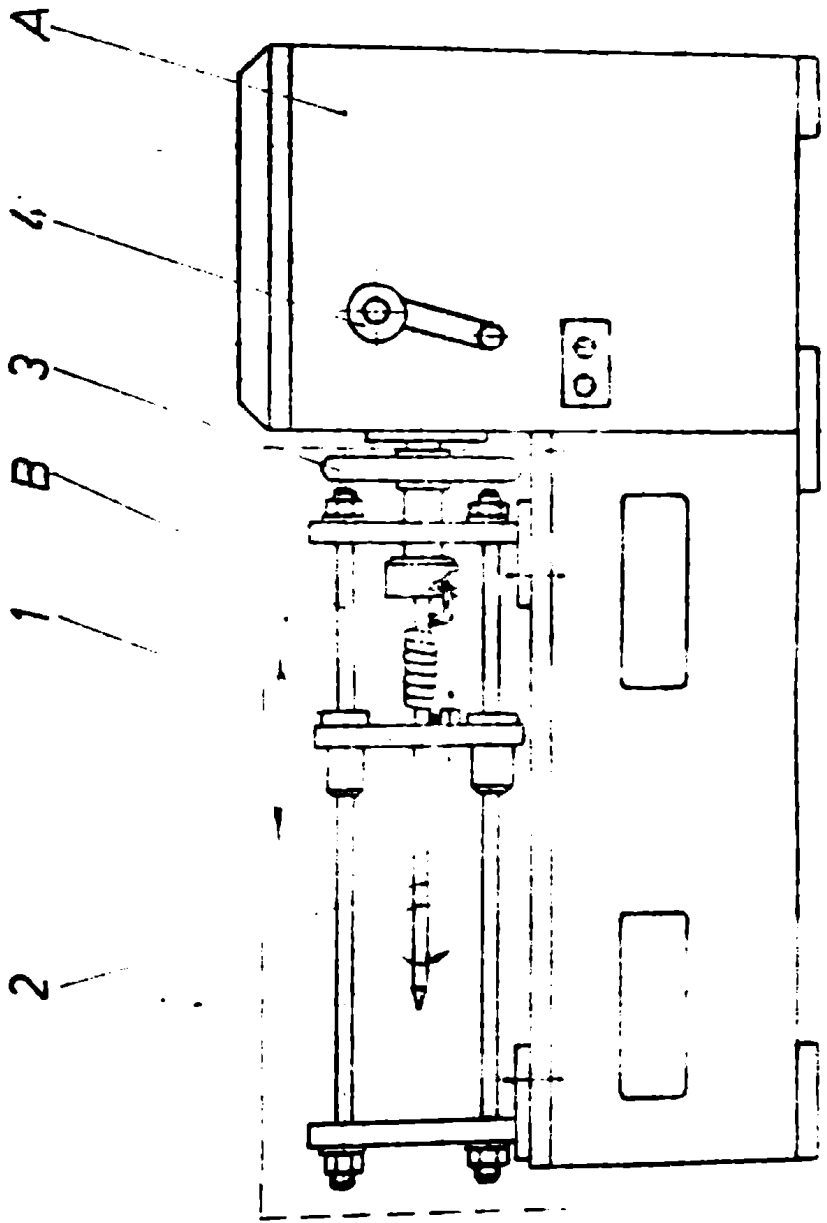


Fig.4.4. Mașină de filmat tuburi flexibile cu remanentă.

A-mașina de filmat tuburi pentru ser. iniferi, B-mașina de filmat tuburi flexibile cu remanentă;
 1-dispozitiv pentru înfășurarea fuzii 1, 2-rolleri 2, 3-rolant, 4-levier de cuplare.

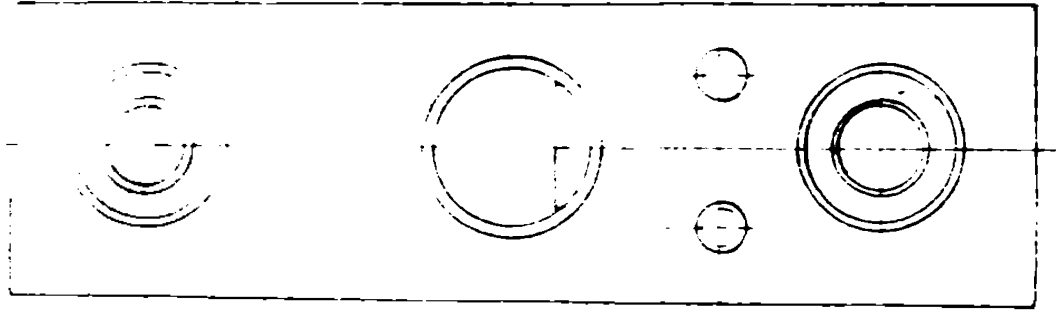
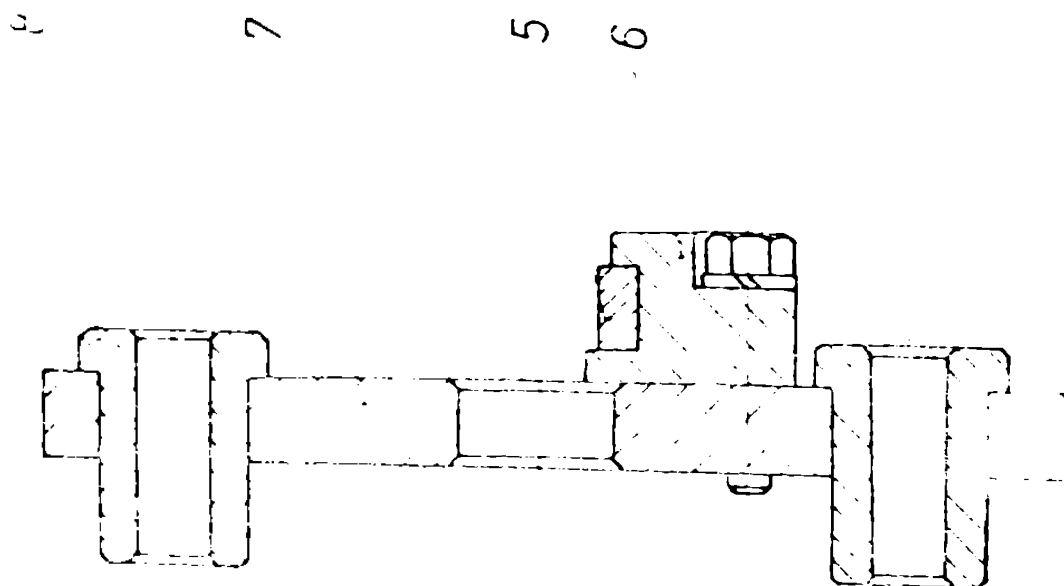


Fig. 4.5. Dispozitiv pentru faza I de înfășurare.
 1-corp dispozitiv; 2-bucsa de ghidare; 3-pastilă dură; 4-suport pastilă

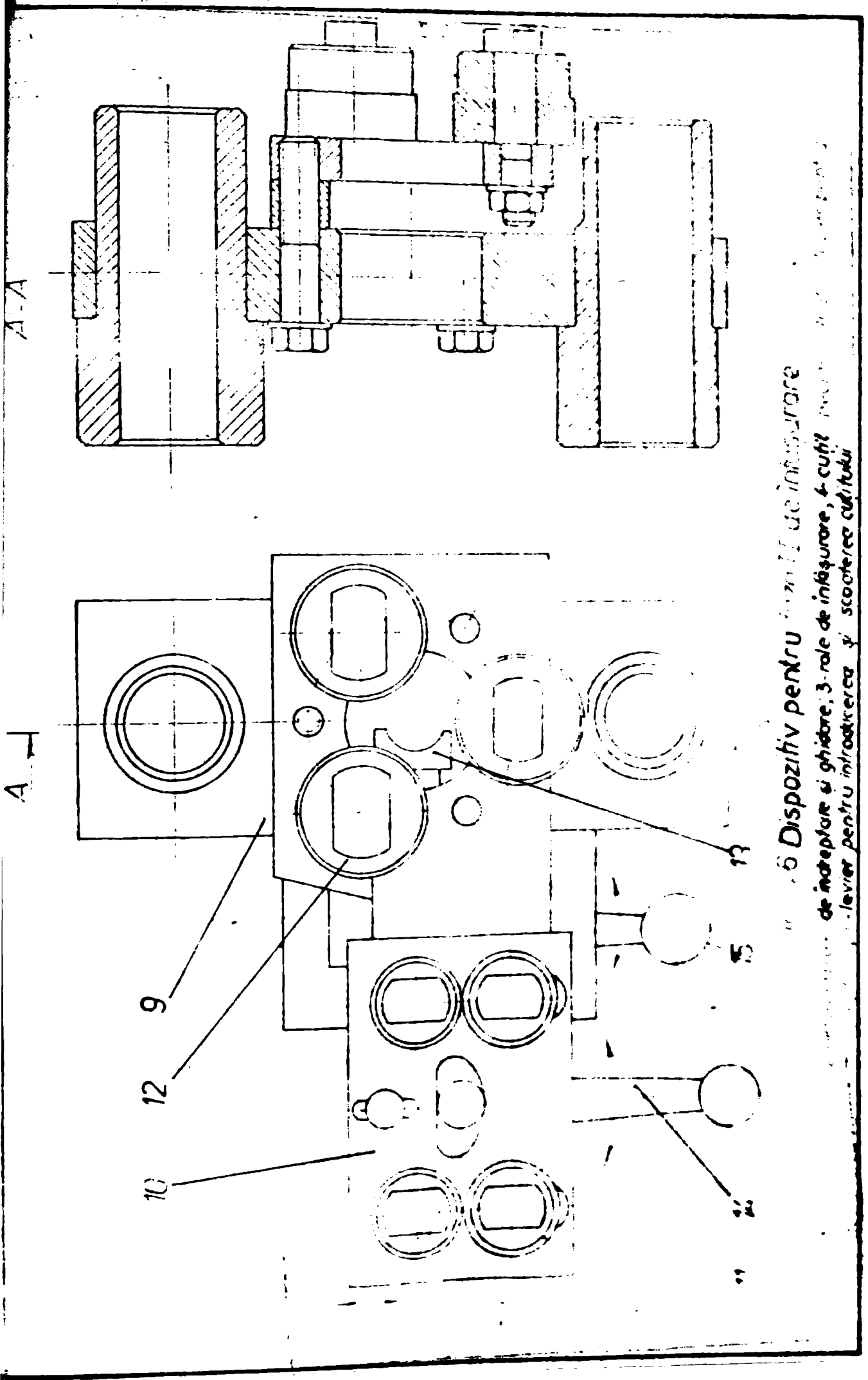


Fig. 6 Dispozitiv pentru îndreptare și ghidare
 de îndreptare și ghidare, 3-role de îndreptare, 4-cușă
 pentru îndreptare, 5-lever pentru îndreptare și scoaterea cușii

țevii determină hotărâtor flexibilitatea unui tub.

Tuburile flexibile de tipul O se execută în patru variante și anume: execuție normală, execuție mijlocie, execuție arc și foarte flexibilă. Ele sînt protejate la exterior cu unul, două sau trei straturi de țesătură din sîrmă de oțel arc.

Se prezintă în fig.4.7 cîteva tipuri de renuri paralele care se pot realiza și în spirală pe țevi și de asemenea modul de lăbinare prin sudură a spirelor din benzi.

Din literatura de specialitate se cunoaște sumar tehnologia de fabricație a acestor tuburi. Tuburile OC se execută cu ajutorul unor instalații speciale care utilizează ca forță de deformare, presiunea hidrolică.

În cursul anilor 1982-1983 la Întreprinderea Oțelul Roșu am realizat o cercetare științifică privind realizarea în țară a tuburilor flexibile din țevă în urma căreia am stabilit tehnologia de fabricație a acestor produse.

În fig.4.8a-4.8d se prezintă instalația de fabricat tuburi flexibile din țevi care reprezintă:

- fig.4.8a - vedere laterală a instalației
- fig.4.8b - o secțiune transversală prin dispozitivul de creere a forței de deformare
- fig.4.8c - o secțiune transversală și o vedere a matriței speciale extensibile
- fig.4.8d - secțiuni schematice explicative a procesului de formare a renurii tubului flexibil.

Potrivit fig.4.8a instalația automată de fabricat tuburi flexibile are în componența sa o presă A care acționează dispozitivul B de creere a forței de deformare alimentat cu ulei, un dispozitiv de presiune și limitare C a presiunii de ulei, un batiu D pe care se instalează o matriță specială extensibilă E, acționată hidrolic, un mecanism F cu pîrghii și camă care acționează cu pas regulabil avansul țevii semifabricat 1 în timpul executării unei renuri și readuce țevă de alimentare 2 în poziția inițială. Un dispozitiv G cu pîrghii, elichet și roți dințate realizează avansul țevii semifabricat 1 și execută o renură. Două vase H și I colectează pierderile de ulei în timpul procesului tehnologic.

În momentul în care presă A acționează dispozitivul B de creere a forței de deformare, conform fig.4.8b, batioul 3 împinge alezajul a prin găurile b și canalul c al țevii 2 de alimentare spre capul de distribuție 4 unde prin găurile radiale se exercită forțe de defor-

mare asupra țevii semifabricată 1 pe care o deformează radial.

Pentru limitarea presiunii în sistem la o valoare determinată în funcție de grosimea și materialul țevii se folosește dispozitivul C prevăzut cu supapa E la care uleiul ajunge prin canalul e.

Conform fig.4.8c matrița specială B are în componența sa un prim manșon 6 cu nervură profilată secționată în planul x, montat în sinca glisant între suportii 7, acționat la deschidere și închidere pe verticală cu ajutorul cilindrului hidraulic 8, a pârghiei 9 și a arborelui excentric 10.

Glisierele sunt fixate rigid pe placa 11 care se fixează cu șurubul 12 de batiul D.

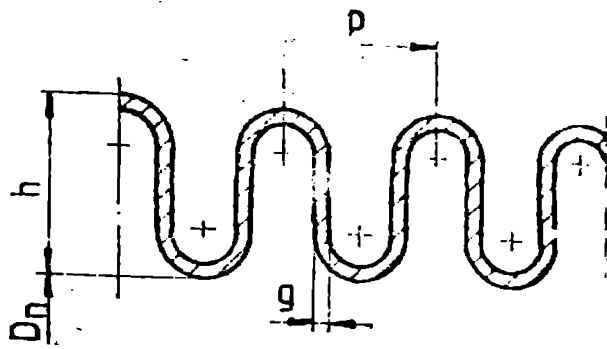
Un al doilea manșon 13 secționat în planul x cu capul profilat este montat în sistem glisant între suportii 14 și este acționat la închidere și deschidere pe verticală de un cilindru hidraulic 15 și pârghia 16 și arborele excentric 17. Suportii 14 sunt montați pe placa glisantă 18 care poate executa mișcări de avans orizontal în ambele sensuri sub acțiunea dispozitivului F. Cu ajutorul șuruburilor de presiune 19 se poate regla închiderea corectă a manșonelor secționate 6 și 13.

Procesul de formare a unei renuri este explicat în fig.4.8 d. În momentul în care forțele de deformare acționează asupra țevii 1 manșonul 13 care strânge țeava 1 către capul de distribuție 4, realizează o mișcare de avans orizontal, să nișoreze golul g al matriței. Se face astfel alimentarea cu material a renurii h în formare iar la terminarea cursei prestabilite i se asigură renurii forma și dimensiunile cerute.

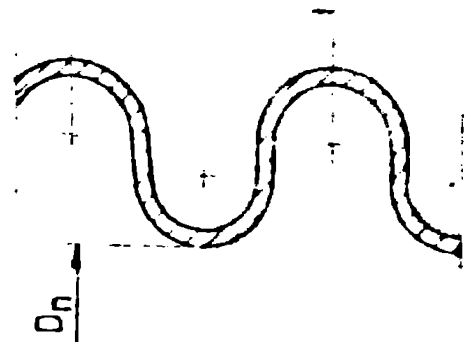
Instalația lucrează în regim automat și în cadența de bătăi a preseii realizează renură cu renură tubul flexibil OC.

Tuburile flexibile OC se execută cu instalația se folosesc indeosebi procedul de matrițare rapidă, utilizând în acest scop prese care au 1500 - 3000 curse pe minut. Lungimea cursei poate varia în limitele 1 - 10 mm, fiind în funcție de diametrul tubului.

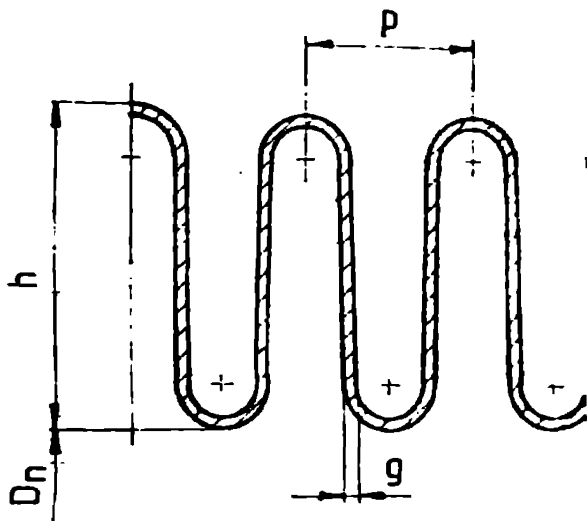
Tuburile OC din benzii suante în elice se execută prin profilarea benzilor pe mașinile prezentate la fabricarea tuburilor SPD. Înfășurarea lor pe un dorn special și sudarea continuă a spirelor ce se învecinează. Sudarea se face cap la cap sau prin suprapunere utilizând plasma sau agregatul electric de sudură prin rezistență. Viteza de înfășurare se corelează cu procesul de sudare.



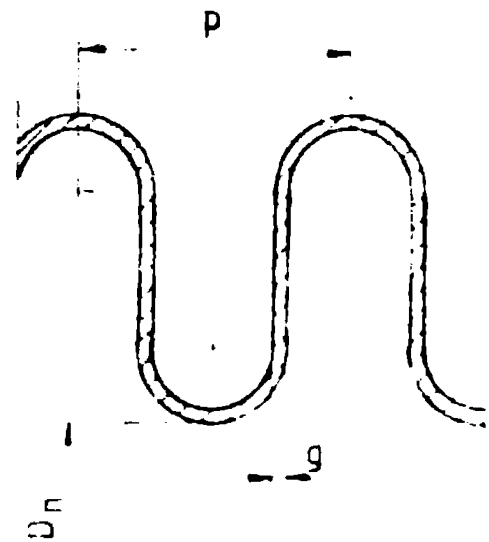
Renuri obișnuite dese



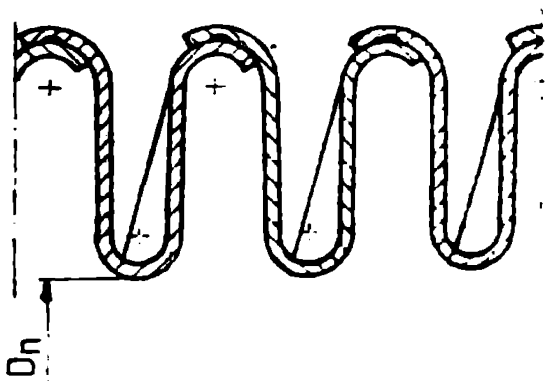
Renuri obișnuite rare



Renuri înalte dese



Renuri înalte rare



Renuri sudate prin suprapunere



Renuri sudate la colț

Fig. 7.20. Tipuri de renuri ale tuburilor din țevi
sau țevilor sudate în elie

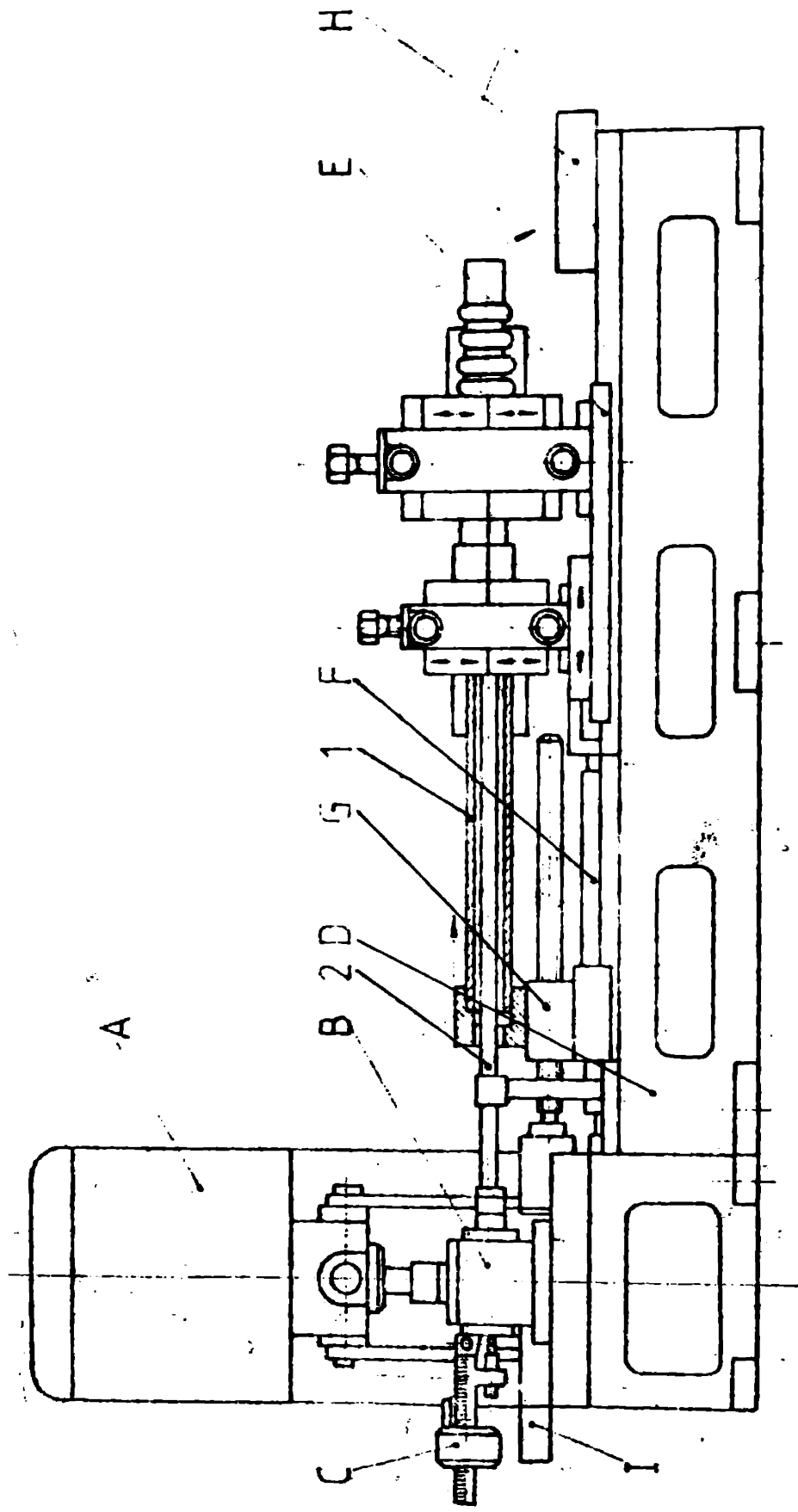


Fig. 4.8.a

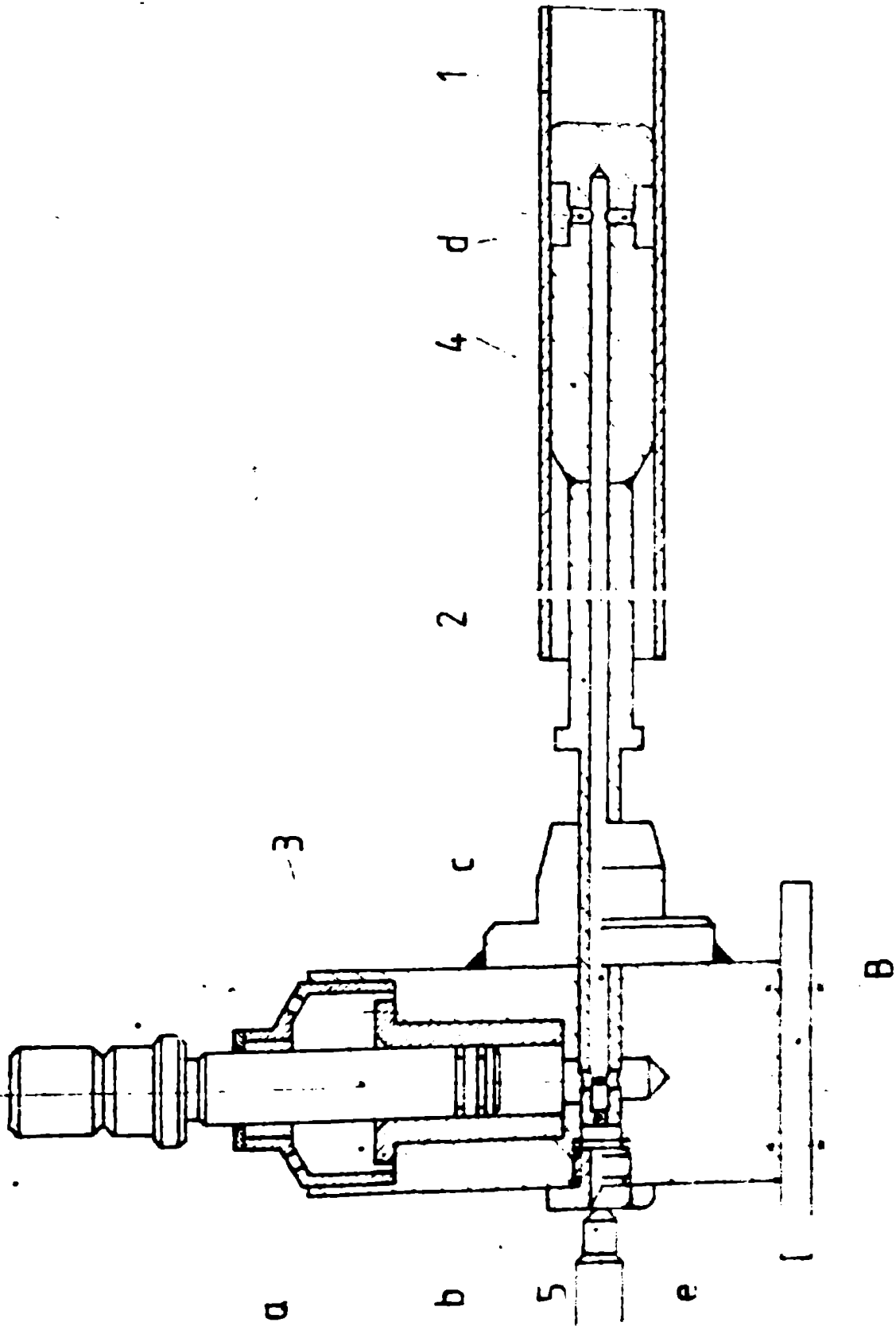


Fig 4 8 b

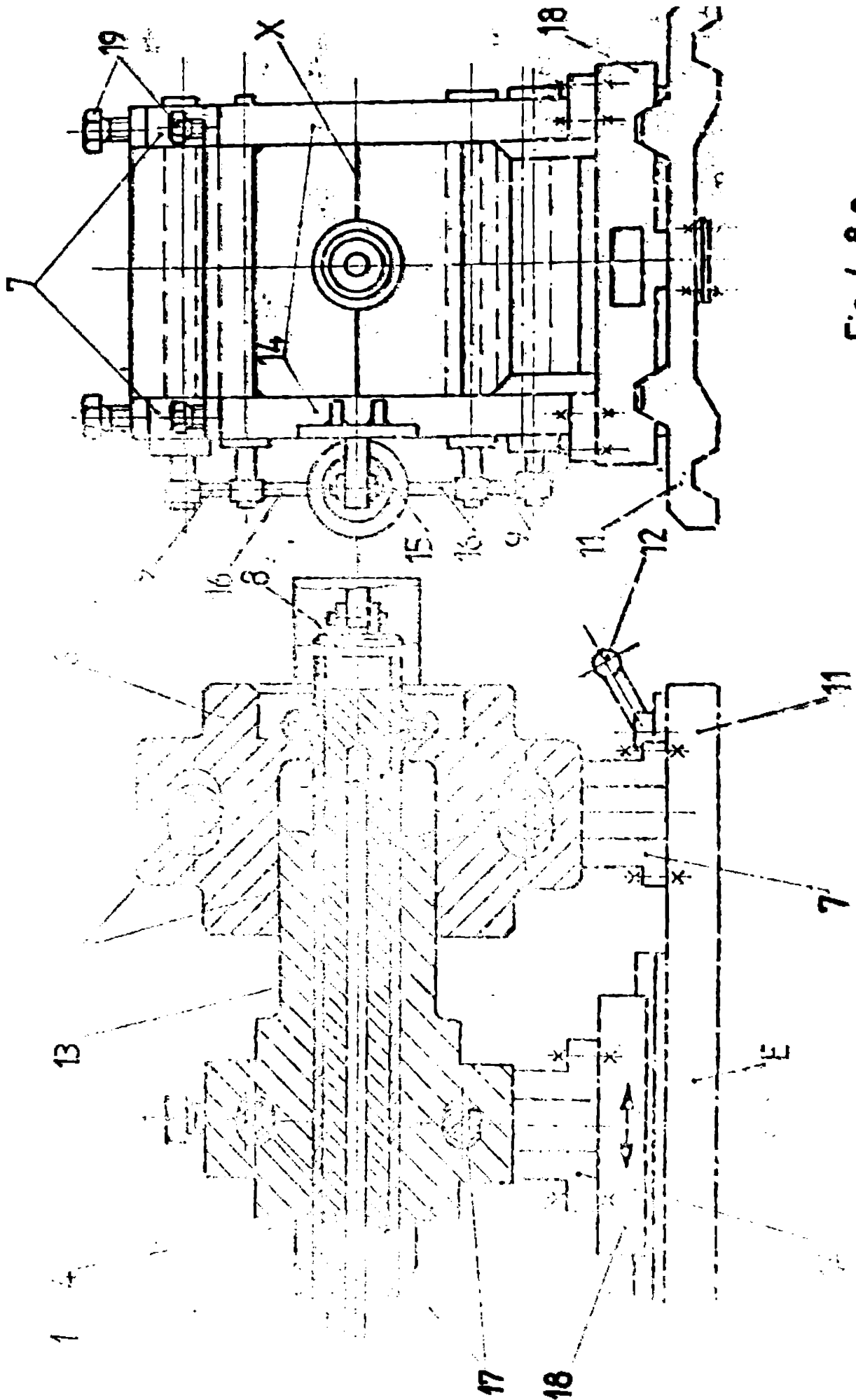


Fig. 4.8.5.

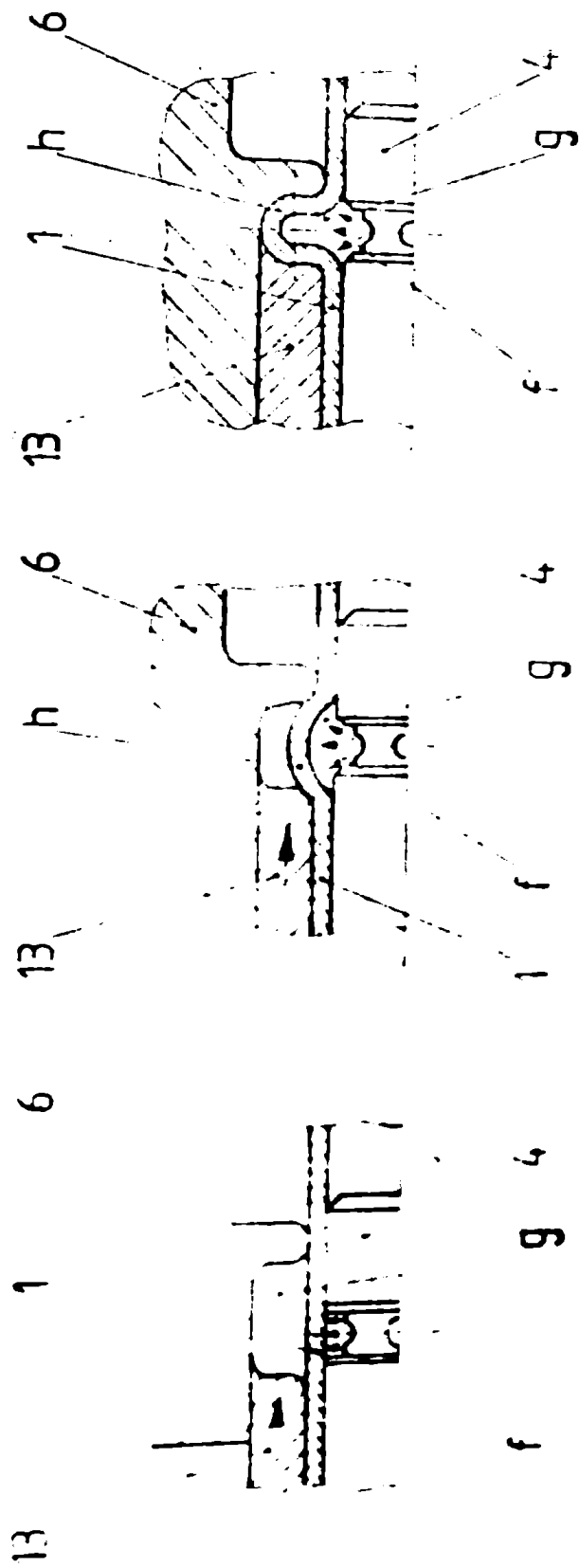


Fig 4 8 d.

4.5. Incercarea și verificarea tuburilor flexibile

În vederea atestării tuburilor flexibile, conform normelor de fabricație, acestea se supun unor probe reprezentative diferențiate în funcție de tipul, locul de utilizare și condițiile de exploatare.

Principalele caracteristici ale tuburilor flexibile sînt: flexibilitatea, presiunea nominală, comportarea la coroziune, rezistența la întindere și strivire, numărul ciclurilor de îndoire pînă la spargere.

Tuburile flexibile se supun probelor de flexibilitate, presiune și de îndoire repetată în condiții normale de exploatare ($T = 20^\circ C$, P_n și R_1). Aceste probe se pot efectua individual sau simultan cu ajutorul instalației prezentată în fig.4.9.

Instalația se compune în principal dintr-un oscilator, un dispozitiv de fixare a tubului, o sursă de presiune pneumatică și hidraulică și este dotată cu un set de șabloane de rază R_1 pentru tipodimensiunile de tuburi ce se încercă.

Tuburile efectuează cicluri de îndoire după raza R_1 pînă la rupere sau spargere.

Flexibilitatea se determină prin măsurarea razei R_1 pe o instalație simplă dotată cu șabloane de rază R_1 și un dispozitiv de întindere dinamometric. Această operație se prezintă schematic în fig. 4.10.

Probele de întindere, strivire și coroziune se execută cu instalații asemănătoare celor utilizate la încercarea oțelurilor.

Pentru condiții deosebite de utilizare ca: protecție mecanică, solicitări axiale statice sau cu șoc, îndoiri forțate și temperaturi ridicate tuburile se supun în vederea unor cercetări în scopul ridicării performanțelor lor, la probele indicate care excedă calitatea în aceste condiții.

Instalațiile de încercare în majoritatea lor sînt specializate iar modul de executare a probelor și încercărilor de laborator precum și valorile caracteristicilor mecanice ce trebuie să le îndeplinească tuburile, sînt stabilite prin norme de fabricație.

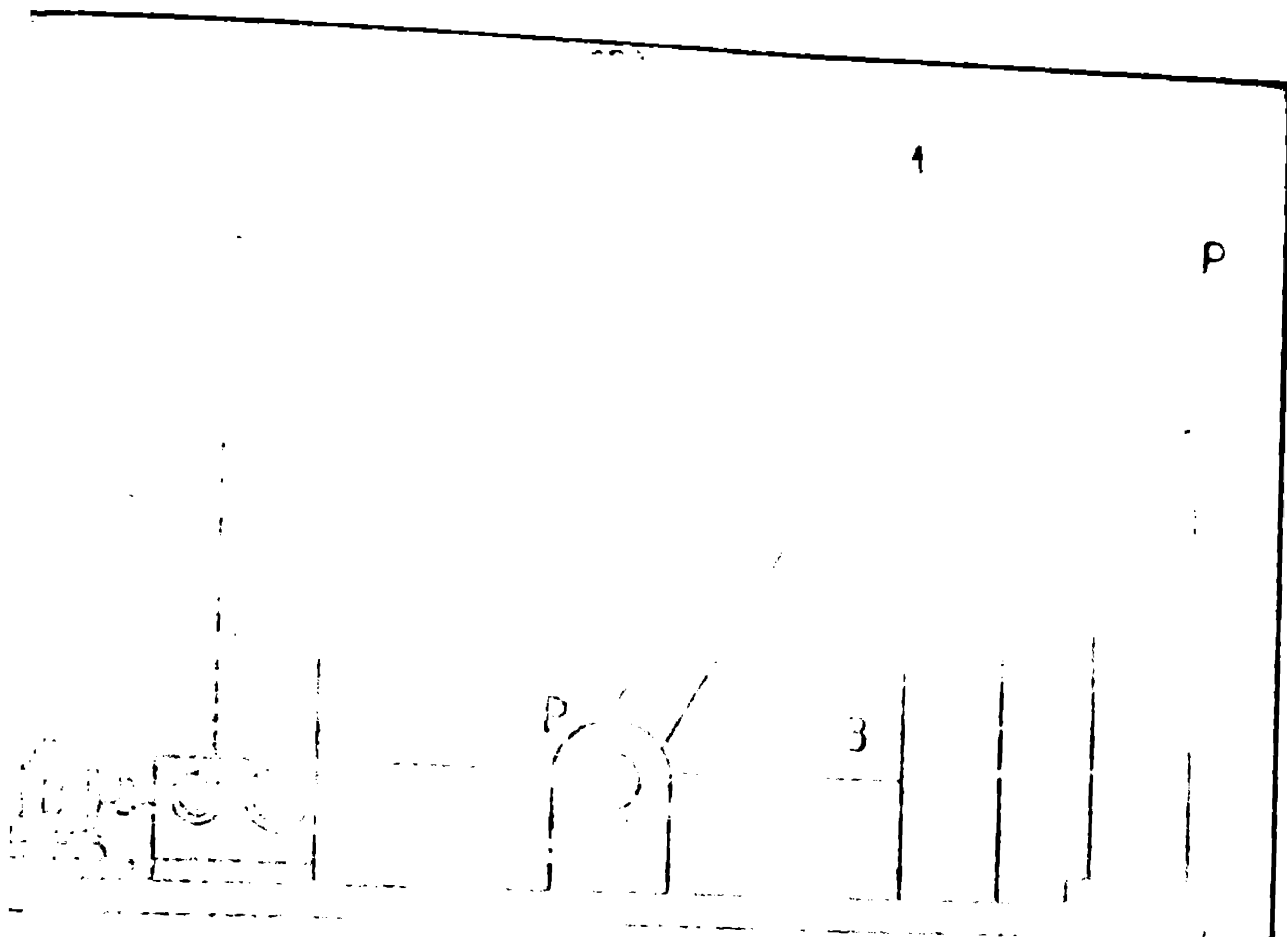


Fig. 4.9 Instalatie de măsurare a rigidității
1. Oscilator 2. Sursoare de presiune 3. Batiu

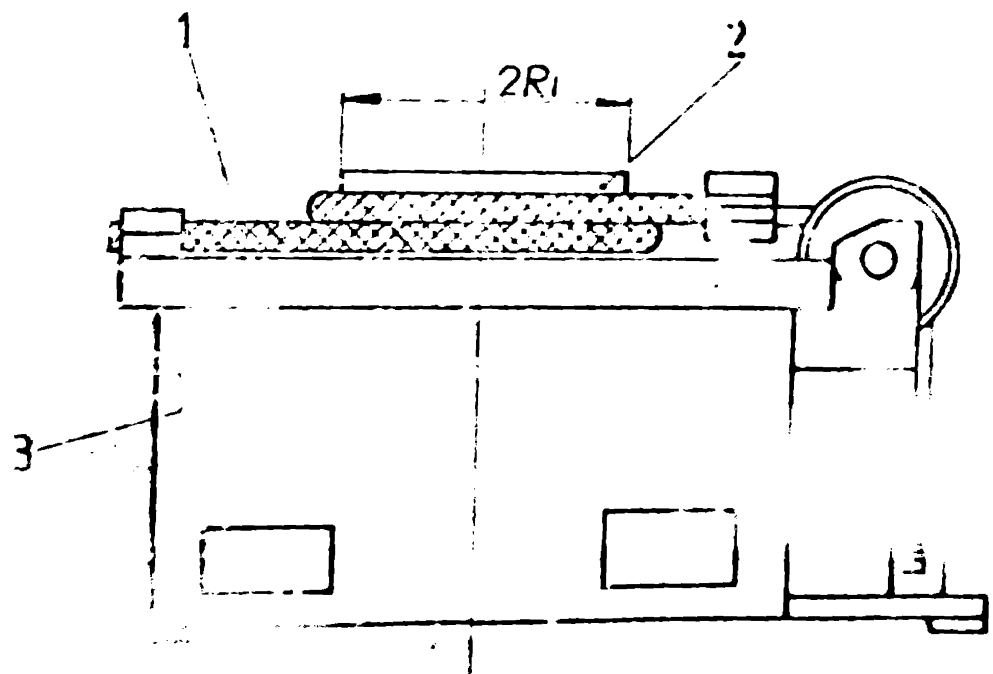


Fig. 4.10 Instalatie de măsurare a flexibilității
1. Tubul flexibil 2. Sablon 3. Batiu

5. CALCULUL DE ASAMBLARE SI MONTAJ AL TUBURILOR METALICE FLEXIBILE

Fiabilitatea unui tub flexibil depinde in foarte mare masura si de urmatoorii factori: materialul din care este confectionat tubul, temperatura la care lucreaza si modul in care a fost calculat montajul. Pentru functionare economica este necesar sa se calculeze pierderile de presiune in tub, realizarea unui montaj optim si cunoasterea modului de exploatare si intretinere a tuburilor in functiune.

5.1. Alegerea materialului

Materialul din care se fabrica un tub flexibil care urmasa sa se utilizeze intr-un anumit scop se alege in functie de conditiile de mediu extern, de natura fluidului care circula prin tub si de eventualele tensiuni ce pot apare pe tub in timpul exploatarii.

Tuburile flexibile de protectie ce se utilizeaza in medii externe corozive (umede, saline, etc.) se executa din otel carbon protejat la exterior prin zincare, cadmiere, nichelare, cromare sau vopsire. In mediile cu agresivitate coroziva puternica se utilizeaza tuburile din benzii de alama sau bronz iar unde contine greutatea acestor produse, ele se executa din benzii de aluminiu.

In capitolul 2 s-a aratat ca viteza de coroziune a unui material metalic depinde de diferente de potential electrostatic dintre metal si agentul coroziv. Pentru alegerea din acest punct de vedere a materialului se consulta fig.2.1. In care se prezinta comportarea la coroziune a metalelor nobile si mai putin nobile la diferite niveluri de potential. Se constata ca potentialele de pana la $\pm 1,5$ V pot influenta foarte mult rezistenta la coroziune.

Metalele nobile permit potentialii pozitivi ridicati in timp ce aliajelor crom-nichel admit tensiuni electrostatice mai scazute.

Alegerea materialului din care se executa tubul flexibil prin care circula un anumit fluid se face utilizand datele din tabelul 2.2 in care prezinta stabilitatea la coroziune a metalelor la actiunea unor agenti mai reprezentativi. Comportarea la coroziune se prezinta in literatura de specialitate si in special de catre firma Wera, o mare producatoare de tuburi, pentru absolut toate fluidele posibile. Dar prezenta lucrare se limiteaza la cele prezentate in tabelul 2.2.

Gradul de prelucrare al suprafetelor influenteaza corozivitatea in sensul ca suprafetile lustruite sunt atacate mai rau.

Piese de racord și urezele ce intră în componența tuburilor se aleg ținând seama de indicațiile date la tubul propriu zis.

Materialele de etanșare se aleg deasemenea în funcție de mediul extern și intern, ținând seama special de temperatură. Astfel la temperaturi joase de până la 100°C se utilizează marmoul, inul, cîneps, cașcineul, la temperaturi între 100°C și 600°C, azbestul iar peste 600°C se utilizează cuprul moale.

5.2. Influența temperaturii și presiunii

În condițiile de exploatare, tuburile flexibile pot fi solicitate la temperatura mediului ambiant $T = 20^{\circ}\text{C}$, pentru care presiunea nominală se dă în tabelele 1.2 - 1.35, sau la temperaturi mai mari.

Cînd tubul este solicitat termic, presiunea de lucru admisă P_T trebuie calculată cu formula $P_T = K_T \cdot P_N$.

Coefficientul de temperatură K_T se introduce din cauza scăderii limitei de curgere a materialului la temperaturi înalte.

În tabelul 5.1. se dau valorile coeficientului de temperatură K_T pentru oțelurile inoxidabile, oțelurile carbon, bronz și tombac.

Tabelul 5.1. Valorile coeficientului K_T [9]

Temperatura de lucru °C	Coeficientul de reducere K_T pentru temperaturi înalte					
	Oțeluri speciale			Oțel St3 Nr. simbol 1.0308	Bronz CuZn2 Nr. simbol 2.1010	Tombac CuZn20 Nr. simbol 2.0250
	X10CrNiTi189 Nr. simbol 1.4541	X10CrNiMoTi189 Nr. simbol 1.4571	X20CrNi189 Nr. simbol 1.4301			
20	1	1	1	1	1	1
100	0,86	0,84	0,84	0,6	0,9	0,9
150	0,61	0,75	0,73	0,65	0,6	0,6
200	0,75	0,72	0,59	0,6	0,75	0,7
250	0,71	0,69	0,64	0,76	0,7	
300	0,55	0,54	0,60	0,6		
350	0,64	0,62	0,56	0,6		
400	0,61	0,6	0,53	0,43		
450	0,59	0,58	0,51			
500	0,58	0,57	0,50			
550	0,57	0,56	0,49			
600	0,5	0,5				

În continuare se prezintă modul de calcul al tuburilor flexibile în cazul unor solicitări termice și de presiune date.

Cazul I. Se cunoaște tipul tubului, construcția, diametrul nominal, materialul din care este fabricat, temperatura și presiunea de lucru.

Din tabelul 5.1 se alege coeficientul K_T și cu formula (6.1) se calculează P_{II} . Din graficele fig. 5.1 se determină n_T - raza minimă de îndoire la temperatura $T^{\circ}C$.

Cazul II. Se cunoaște tipul tubului, construcția, materialul din care e fabricat, diametrul nominal, temperatura la care lucrează, presiunea de lucru P_T , numărul de cicluri în care trebuie să reziste, tipul solicitării, frecvența și mărimea șocului.

Din tablele 1.2 - 1.35 se citește K_D și K_T , din tabelul 5.1 se alege K_{II} . Se admite un coeficient de siguranță K_S , se calculează raportul $\frac{P_T}{P_{II} \cdot K_T}$ și produsul K_S numărul de cicluri.

Din graficele fig. 5.2 se determină raportul $\frac{P_T}{P_{II} \cdot K_T}$ funcție de $\frac{P_T}{P_{II} \cdot K_T}$ și K_S , numărul de cicluri de unde rezultă $n_T = 9$.

Cazul III. Se cunoaște tipul tubului, diametrul nominal, materialul, temperatura, presiunea de lucru și numărul structurilor de țesătură.

Din tablele 1.2 - 1.35 se determină K_D și K_T , se calculează raportul $\frac{P_T}{K_T}$ și cu ajutorul graficului din fig. 5.2 se determină n_T .

6.3. Dimensionarea montajelor în arc [9]

Pentru preluarea mișcărilor întinse necensionale arci tuburile flexibile se montează sub formă de arc de 180° , cunoscut și sub denumirea - montaj în U.

În principiu cu acest montaj se pot efectua două feluri de mișcări necensionale, mișcare ascensională orizontală sau verticală.

Mișcarea necensională verticală este de preferat dar în situații deosebite se utilizează și mișcarea orizontală, tubul flexibil fiind sprijinit obligatoriu în planul orizontal.

Pentru obținerea unei flexibilități mari a tubului flexibil, prezintă o importanță hotărâtoare calculul lungimii nominale și a distanței de montaj.

Pentru stabilirea lungimii nominale trebuie să se

analizese care formă de montaj este cea mai avantajoasă pentru un caz dat de utilizare.

Formulele de calcul țin seama de capetele neutre ale tuburilor care implică mișcarea la solicitarea de îndoire.

Distanța de montaj a arcului de 180° este egală cel puțin cu dublul razei minime de îndoire la temperatura $T^\circ\text{C}$. Aplicarea unei raze de îndoire mai mică decât cea admisă aduce cu sine întotdeauna o reducere a numărului de cicluri și implicit a fiabilității. Raza de îndoire admisă este dependentă de presiune, temperatură și numărul dorit de cicluri la îndoire, iar valoarea ei se determină conform indicațiilor din paragraful 5.2.

În continuare se prezintă modul de calcul al tuburilor flexibile în cazul unor montaje în arc de 180° și 90° .

Cazul I. Tubul flexibil este montat în arc de 180° vertical ca în fig. 5.4 și execută mișcări verticale de amplitudine mare și frecvență mică.

Se cunoaște R_{1T} , calculat ca la paragraful 5.1., s - din cinematica mașinii și L - lungimea rigidă a racordurilor. Se calculează lungimea nominală L_n a tubului, înălțimea maximă h_1 și minimă h_2 a arcului de montaj și distanța de montaj l cu formulele:

$$L_n = 4R_{1T} + \frac{s}{2} + 2L \quad ; \quad h_1 = 1,43 R_{1T} + \frac{s}{2} + L \quad ;$$

$$h_2 = 1,43 R_{1T} + L \quad ; \quad l = 2 R_{1T} .$$

Cazul II. Tubul flexibil este montat în arc de 180° vertical ca în fig. 5.5 și execută mișcări orizontale de amplitudine mare și frecvență mică.

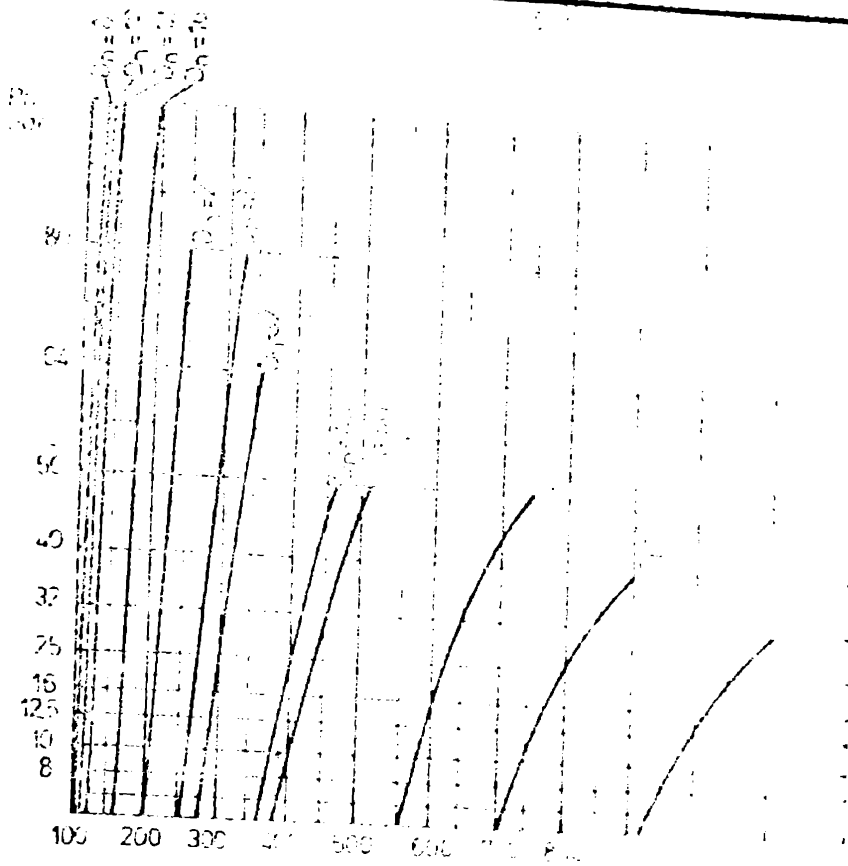
Se cunoaște R_{1T} , s și L și se calculează lungimea nominală, înălțimea maximă și minimă a arcului de 180° și distanța de montaj cu formulele:

$$L_n = 4 R_{1T} + 1,57 s + 2L \quad ; \quad h_1 = 1,43 R_{1T} + 0,75 s + L \quad ;$$

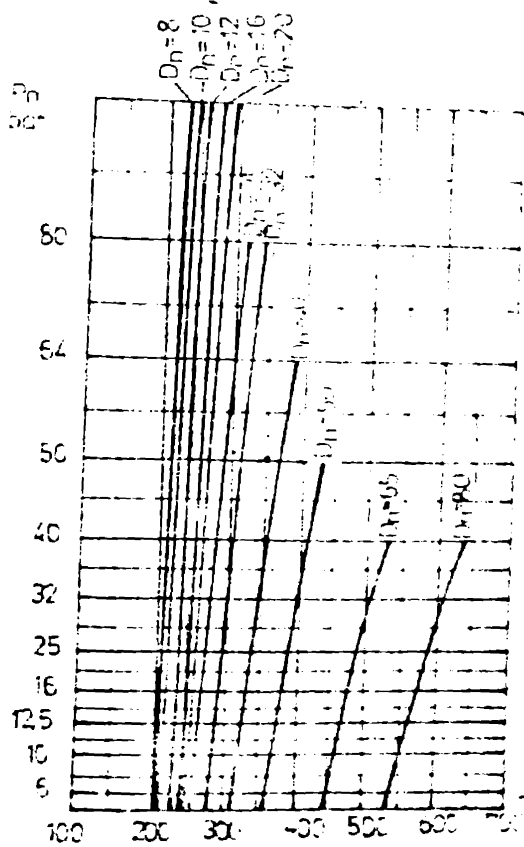
$$h_2 = 1,43 R_{1T} + \frac{s}{2} + L \quad ; \quad l = 2 R_{1T} .$$

Cazul III. Tubul flexibil este montat în arc de 180° orizontal ca în fig. 5.6 și execută mișcări ^{orizontale} de amplitudine mare și frecvență mică.

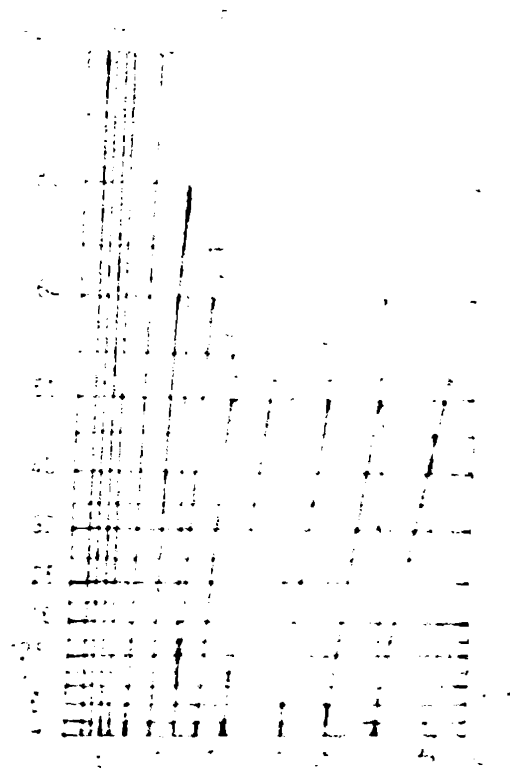
Se cunoaște k_{1T} , s , L și se calculează ^{lungimea nominală} lungimea maximă L_{\max} și minimă L_{\min} a arcului de 180° și distanța de montaj cu formulele:



a



b



c

Fig 51 Graficul dependențe roze maxime de temperatură $T^{\circ}C$ funcție de presiunea nominală P_n
 a - pentru tuburile OS din oțel carbon, conform
 b - pentru tuburile OS din alumin
 c - pentru tuburile OS din aluminiu

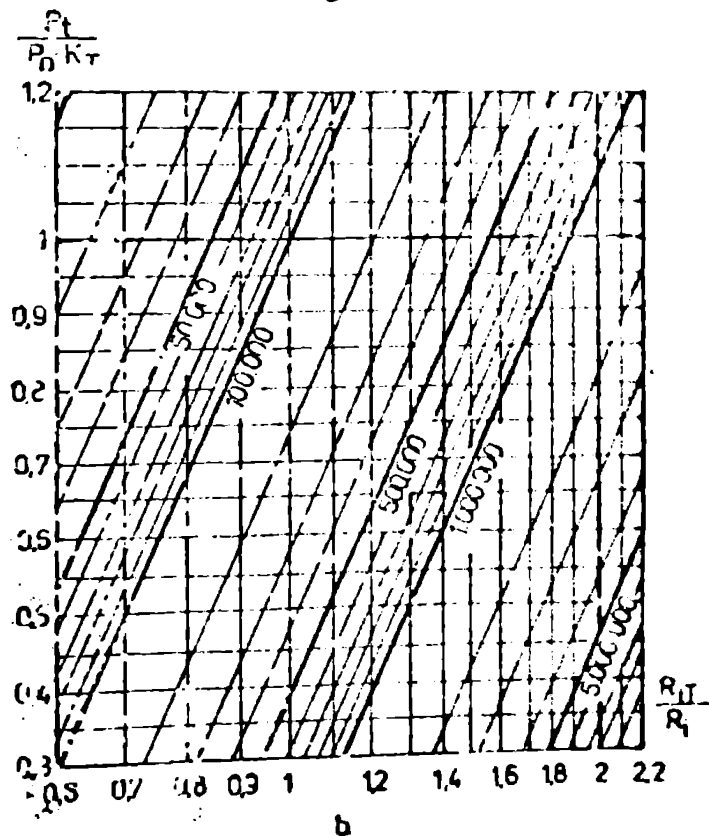
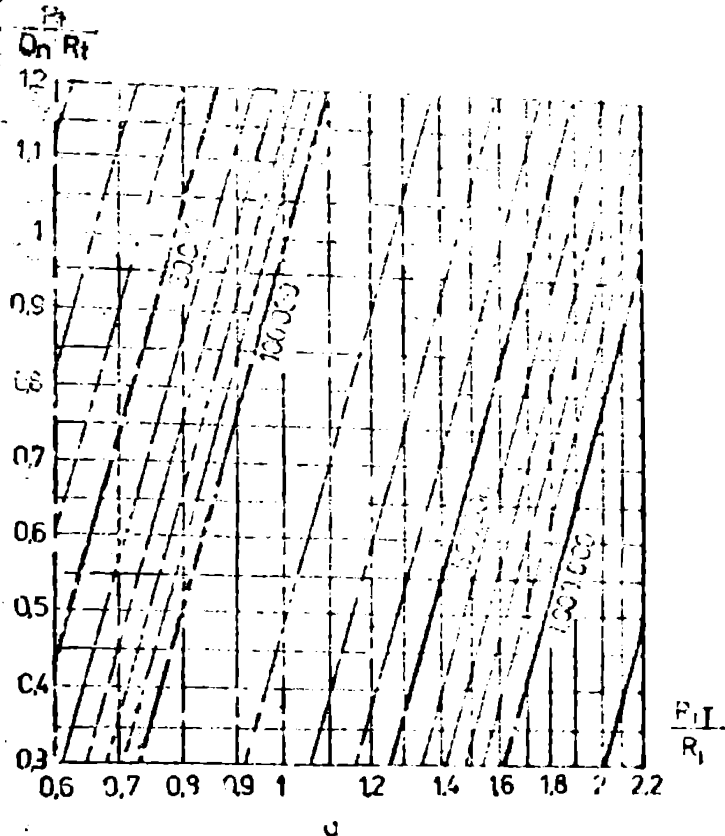


Fig. 52. Graficul dependenței mizei minime de îndoire la temperatura T_C funcție de presiunea nominală P_n .
 a - pentru tuburile flexibile OC din oțel inoxidabil construcție, ușoară, mijlocie și foarte flexibile;
 b - pentru tuburile OC din bronz, alamă și tombac toate construcțiile.

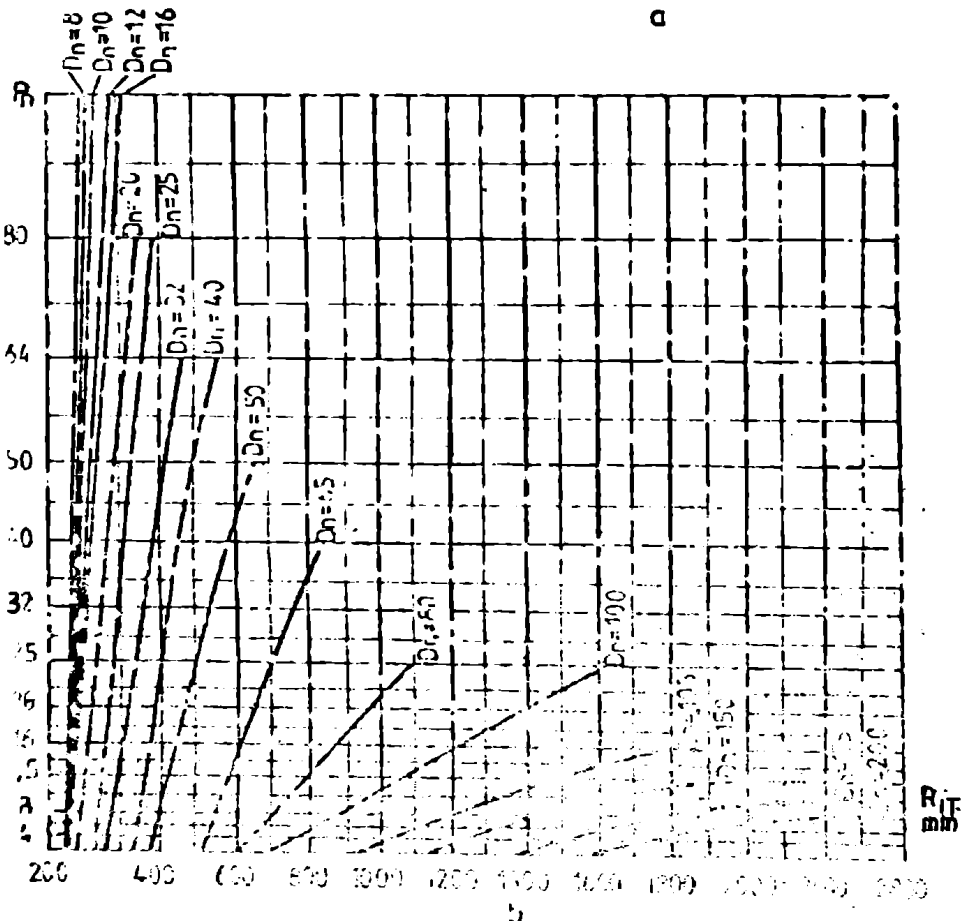
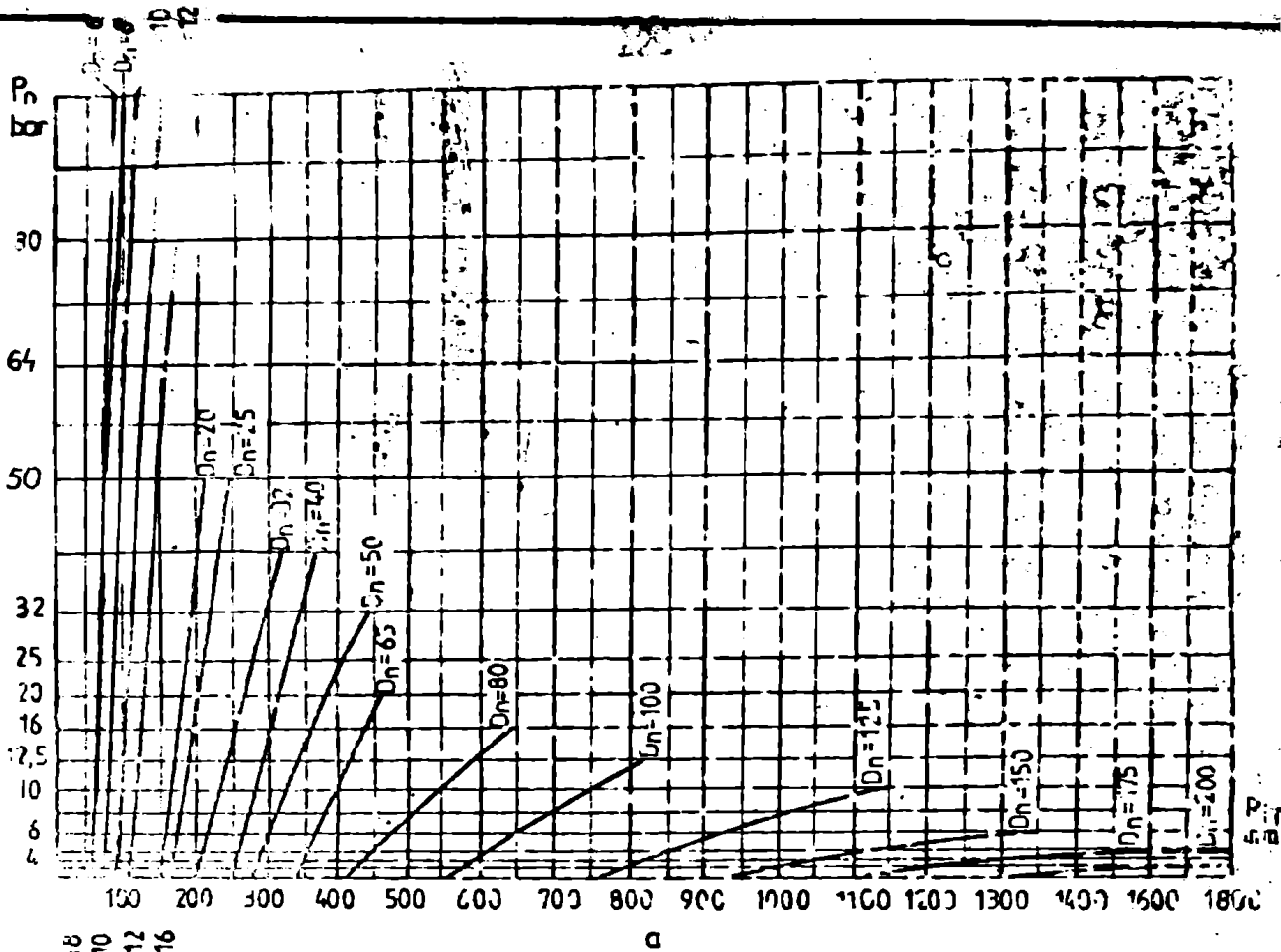


Fig 53 Grafici de dependență între diametrul de fabricație la temperatură $T = t_{amb}$ de presiunea nominală P_n
 a) pentru $t_{amb} = 20^\circ C$ b) pentru $t_{amb} = 100^\circ C$ c) pentru $t_{amb} = 200^\circ C$
 Pentru $t_{amb} = 20^\circ C$ și $t_{amb} = 100^\circ C$ se aplică factorul de corecție $K = 1$
 Pentru $t_{amb} = 200^\circ C$ se aplică factorul de corecție $K = 0,8$

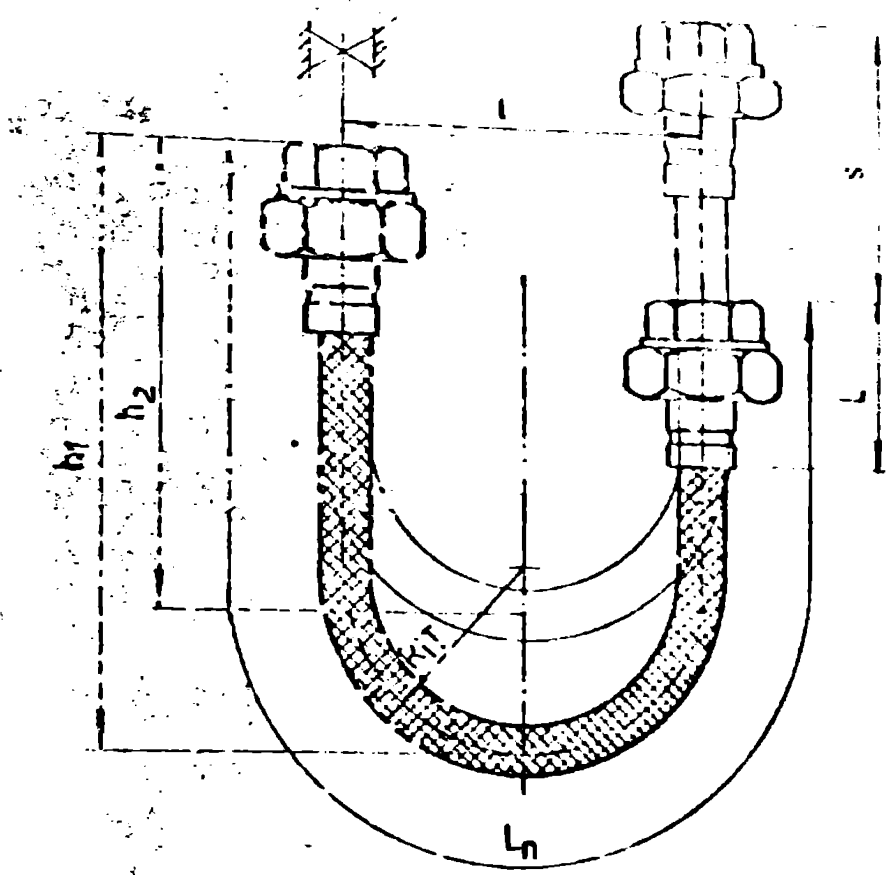


Fig. 54. Montaj în arc de 180° vertical cu un capăt mobil pe verticală.

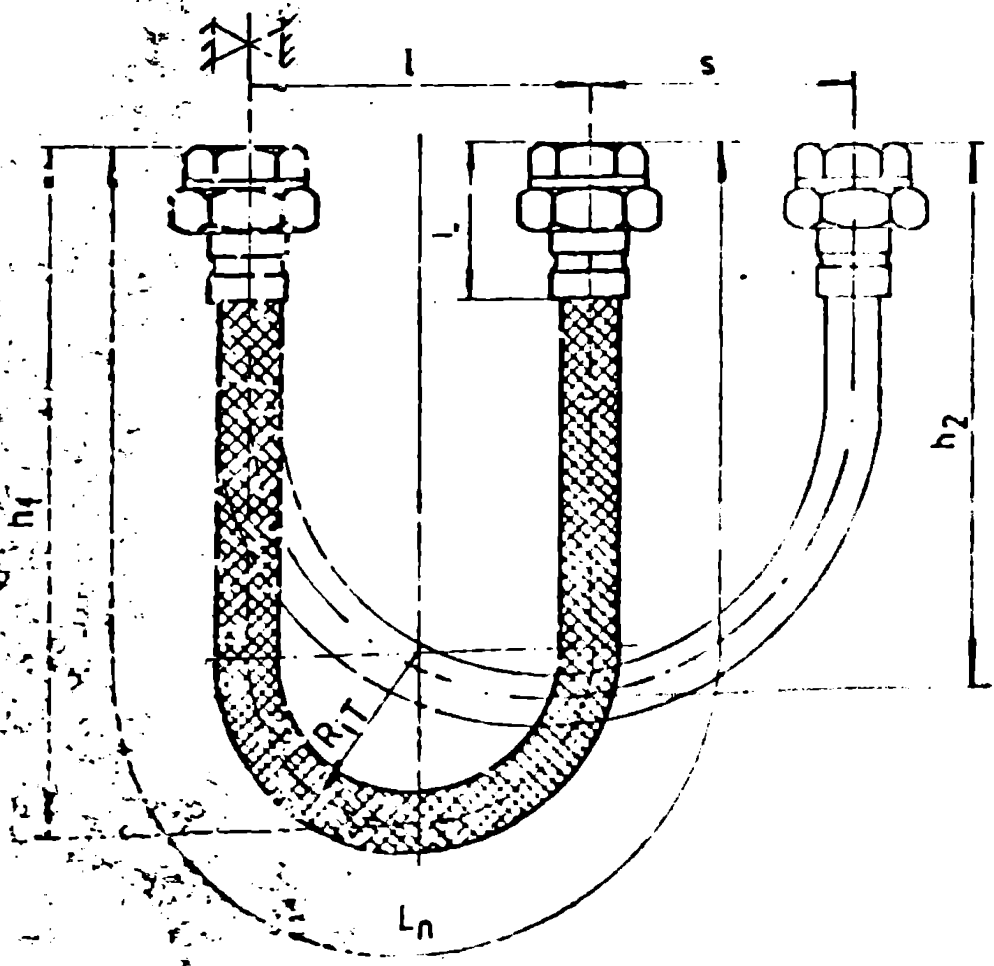


Fig. 55. Montaj în arc de 180° vertical cu două capete mobile pe verticală.

$$L_{\min} = 4 R_{1T} + \frac{s}{2} + 2L ;$$

$$L_{\max} = 1,43 R_{1T} + \frac{s}{2} + L .$$

$$L_{\min} = 1,43 R_{1T} + L ;$$

$$l = 2 R_{1T} .$$

Cazul IV . Tubul flexibil este montat în arc de 180° vertical ca în fig.8.7 și execută mișcări de amplitudine mare și frecvență mică din două părți cu ambele racorduri mobile.

Se cunoscute R_{1T} , s_1 , s_2 , L și se calculează lungimea nominală, înălțimea maximă și minimă a arcului de 180° și distanța de montaj cu formulele:

$$L_{\min} = 4 R_{1T} + 1,57 s_1 + \frac{s_2}{2} + 2L ; h_1 = 1,43 R_{1T} + 0,75 s_1 + L$$

$$h_2 = 1,43 R_{1T} + \frac{s_2}{2} + L ; l = 2 R_{1T} .$$

Cazul V . Tubul flexibil este montat în arc de 90° vertical ca în fig.8.8 și execută mișcări de amplitudine mică și frecvență mică din două părți cu un singur racord mobil.

Se cunoscute R_{1T} , s_1 , s_2 , L și se calculează lungimea nominală, înălțimea maximă și minimă a arcului și distanța de montaj cu formulele utilizate la cazul IV.

Oscilațiile și vibrațiile, caracterizate prin amplitudinea de amplitudine mică și frecvență mare, produc zgomot și obosesc severile supuse lor.

Pentru înlăturarea oscilațiilor și a zgomotului produs de vibrația corpurilor se folosesc tuburi flexibile și amortizoare. Important este faptul că în funcție de presiunea de lucru, temperatura, materialul și direcția oscilațiilor să se aleagă corect le care să asigure funcționarea îndelungată.

Din experiență s-a constatat că se impun următoarele condiții:

Je:

a) tuburi flexibile OC montate fix sub formă de arc de 90° pentru preluarea oscilațiilor în două sau trei planuri ca în fig.8.9

b) tuburi flexibile OC montate sub formă de arc de 180° pentru preluarea oscilațiilor în două planuri ca în fig.8.10.

Exemplu . Tubul flexibil OC, cu două racorduri mobile, construcția diflică cu $R_{1T} = 20$ mm cu racorduri în arc de 90° de la unul la altul P-OC model 1, este montat sub formă de arc de 90° ca în fig.8.9, sub formă de arc de 180° ca în fig.8.10. Într-un caz se poate realiza și în cazul ambiant și prin vibrații.

Se calculează lungimea nominală a tubului și distanța de montaj cu formulele:

$$L_2 = 2,3 \cdot R_{1T} + 2 \cdot L ; l = 1,365 \cdot R_{1T} + L .$$

5.4. Calculul montajelor pentru preluarea dilatațiilor

Dilatarea prin încălzire este un proces molecular care la corpurile solide, lichide și gazoase determină o creștere a lungimii și o mărire a volumului. Procesul este reversibil la răcire și în practică se repetă alternativ, în câteva sensuri de un număr foarte mare de ori.

Modificările de lungime care apar drept urmare a variațiilor de temperatură zilnice și anuale din natură sunt cele mai multe ori mici și în general se pot compensa liber. Altfel este situația la conductele de încălzire și răcire. În acest caz pot interveni modificări atât de mari ale lungimii încât pe lângă dimensionarea corectă a porțiunilor de conductă în funcție de debit, presiune și temperatură la proiectarea rețelelor de țev^{te}uri se ține seama și de dilatăriile termice care intervin.

Fără o compensare a creșterii lungimii unei conducte din țevă fixată la ambele capete, în stare încălzită intervin independent de presiunea de lucru, tensiuni de compresie considerabile. Importanță acestui fapt la țevile cu diametrul mic pot interveni săgeți inadmișibile de mari, iar la diametrele nominale mari cu pereți groși, forțe atât de mari la capete încât n-ar fi posibilă amplasarea construcției punctelor fixe dimensionată să reziste.

În unele cazuri, însă și în prezent, dilatăriile termice sînt compensate cu fire de dilatație, sub formă de U, amplasate pe traiectoria conductei la distanțe relativ mici una de alta. Această necesitate construcției auxiliare și în toate cazurile introduce pe conductă patru coturi în care apar pierderi hidraulice.

Tehnica modernă cu condițiile ei în privința presiunilor și temperaturilor înalte cere, dar nu în ultimul rînd, în privința securității exploatării și rentabilității instalației, montarea de compensatori sau de țevuri flexibile pentru preluarea fără tensiuni a dilatațiilor.

Compensatorii de dilatație axiali sînt o soluție avantajoasă prin faptul că nu necesită, de loc, spațiu de montare suplimentar dar impun condiție dimensionării corespunzătoare a punctelor fixe care să asigure deformarea axială a compensatorului.

La tuburile flexibile din metal forțele de compresie rezultate din presiunea internă sînt preluate de o împletitură din sîrmă

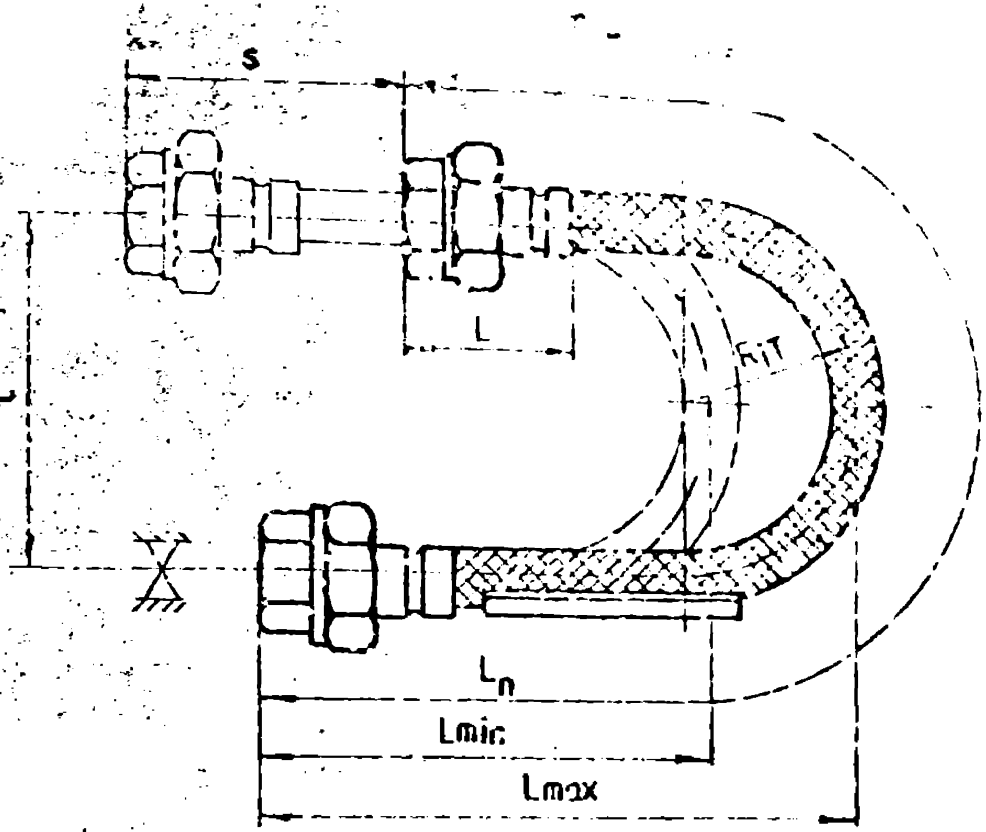


Fig.5.6 Montaj în arc de 120° orizontal cu un singur capăt mobil.

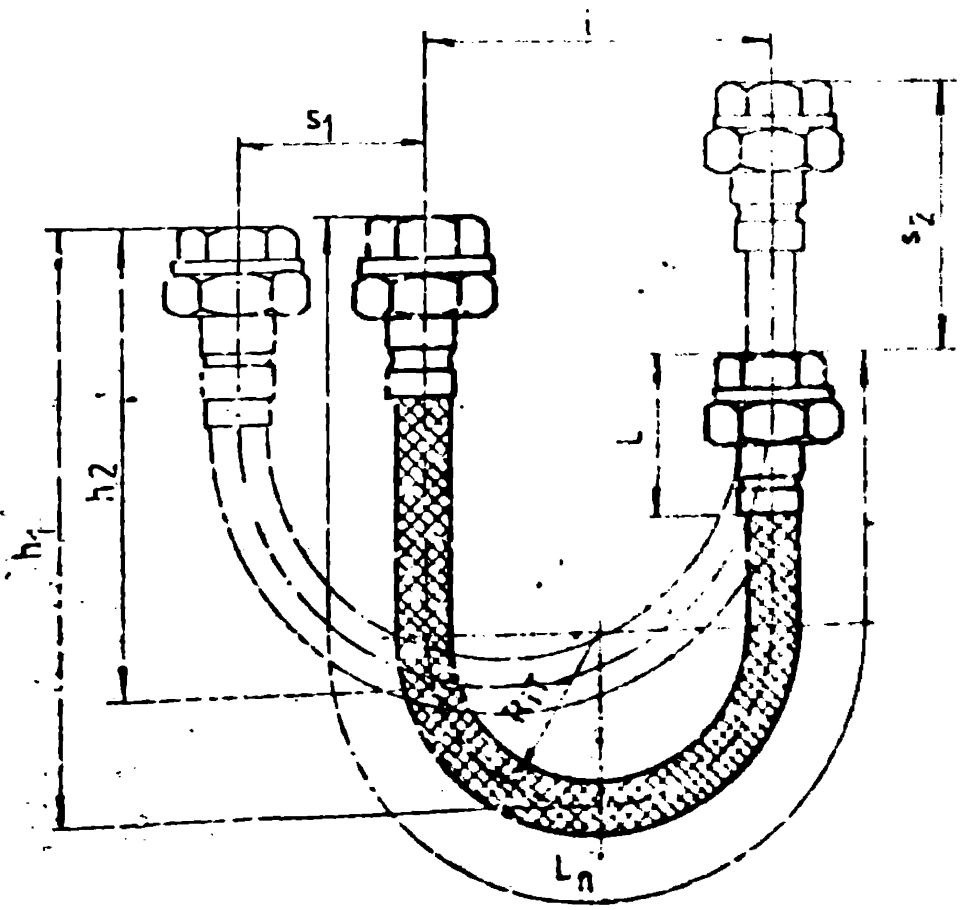


Fig.5.7. Montaj în arc de 180° vertical cu ambele capete mobile.

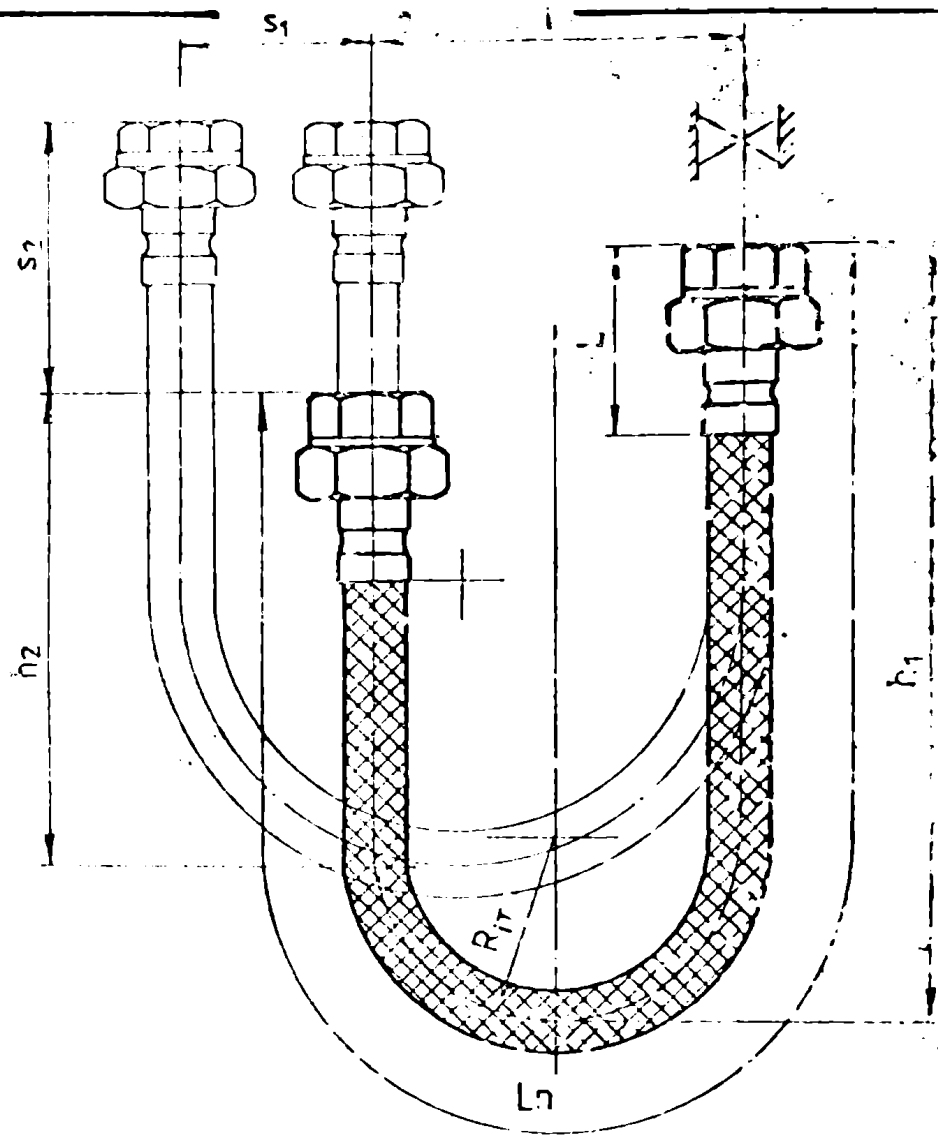
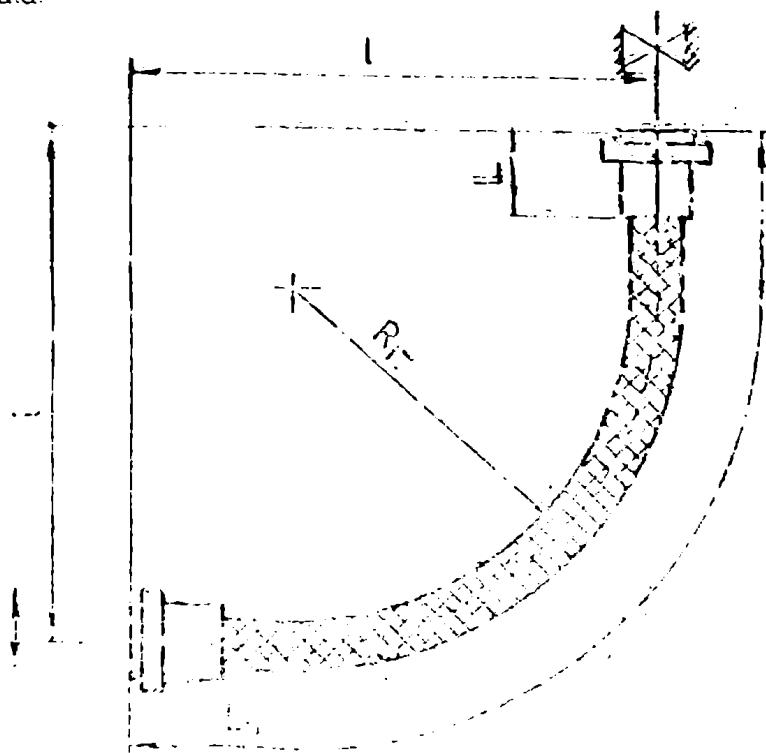


Fig 5.8 Montaj în arc de 180° vertical cu un racord mobil pe verticală și orizontală.

Fig 5.9 Montaj în arc



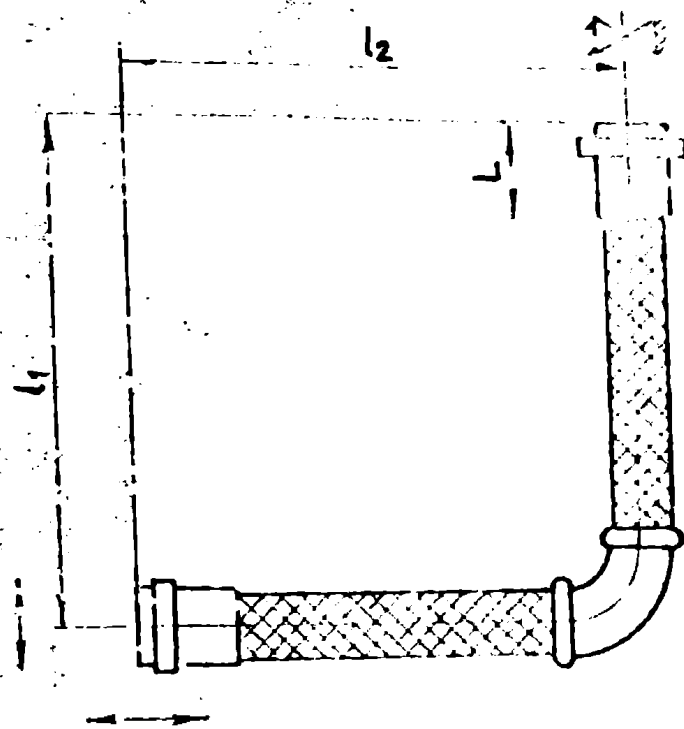


Fig.5.10. Montaj în unghi de 90°

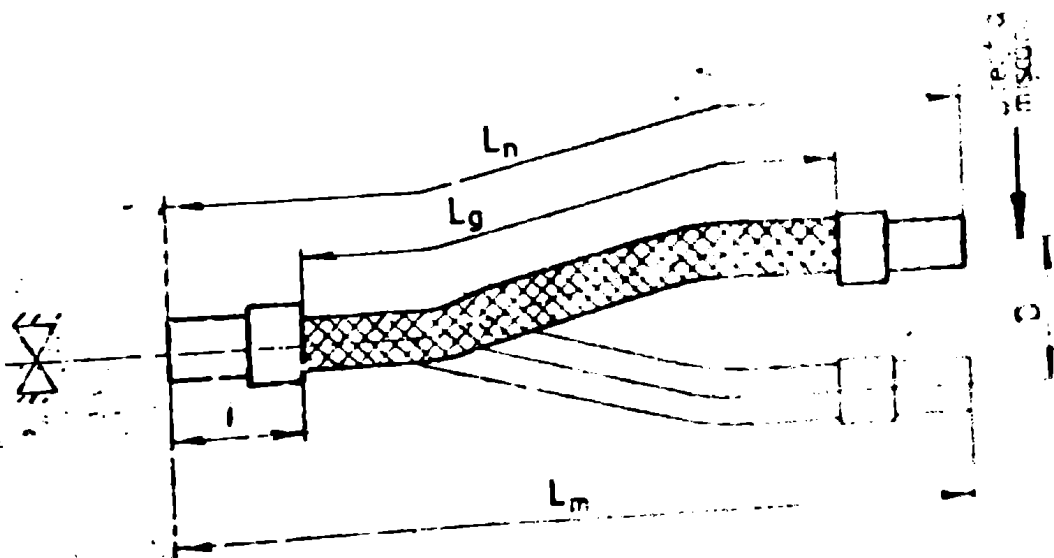


Fig.5.11. Montaj pentru preluarea dilatatălor în unghi drept față de direcția mișcării cu un capăt mobil

ce învelește strins tubul flexibil și care împiedică dilatarea longitudinală a acestuia. Aceasta înseamnă că pentru preluarea dilatărilor termice, în contrast cu compensatorii axiali sunt necesare doar puncte fixe de construcție ușoară. La montare, în principiu, trebuie să se acorde atenție faptului că tuburile flexibile montate în funcție de mișcarea și direcția mișcării sub formă de arc de 90° , arc de 180° sau pentru preluarea dilatării laterale sub formă de unghi drept.

Calculul tuburilor pentru preluarea dilatațiilor în unghi drept față de direcția de dilatare este identic cu cel al tuburilor pentru preluarea mișcărilor laterale montate sub formă de unghi drept.

Tuburile flexibile montate sub formă de arc de 90° pot prelua dilatări termice din una sau două direcții.

Montajul sub formă de arc de 180° se utilizează numai în puține cazuri pentru preluarea dilatărilor termice în cazul unor conducte din țevi lungi și drepte.

În continuare se prezintă modul de calcul al montajelor pentru preluarea dilatațiilor în cazurile tipice de montaj:

Cazul I. Tubul flexibil cu racorduri la ambele capete compensează dilatația unei conducte printr-un montaj în unghi drept față de direcția mișcării ca în fig. 5.11.

Se cunosc valoarea deplasării laterale care ia valori de până la ≤ 100 mm, raza minimă de îndoire R_{1T} și lungimea racordurilor L . Se calculează lungimea nominală, lungimea de montaj L_m , lungimea activă L_a și lungimea minimă a tubului flexibil cu formulele:

$$L_m = \sqrt{80 \cdot R_{1T} \cdot s + 2L} ; L_a = 0,998 L_m ;$$

$$L_a = 2 L_m - 2 L ; L_{\min} = 6 L .$$

Cazul II. Tubul flexibil cu racorduri la ambele capete preia dilatațiile ca în fig. 5.12 sau 5.13.

Se cunosc R_{1T} , s , L și se calculează lungimea nominală a tubului, distanțe de montaj pe verticală l_1 și pe orizontală l_2 , precum și unghiul de îndoire α cu formulele:

$$L_m = 0,035 R_{1T} \cdot \alpha + 1,57 R_{1T} + 2L ; l_1 = R_{1T} + 2 R_{1T} \sin \alpha + L ;$$

$$l_2 = R_{1T} + R_{1T}(0,035 \cdot \alpha - 2 \sin \alpha) + L ; \alpha = \frac{s}{R_{1T}} .$$

Valorile unghiului α se determină în funcție de raportul

$$\frac{s}{R_{1T}}$$

Tabelul 5.2 Valoarea unghiului de indoire α sau β

Unghiul de indoire	Valoarea dilatării $\frac{\sigma}{E_{IT}}$ Raza de indoire			Unghiul de indoire	Valoarea dilatării $\frac{\sigma}{E_{IT}}$ Raza de indoire		
	0'	30'	60'		0'	30'	60'
0	0,0000	0,0001	0,0003	30	0,3151	0,3265	0,3377
1	0,0003	0,0007	0,0012	31	0,3377	0,3493	0,3611
2	0,0012	0,0019	0,0028	32	0,3611	0,3731	0,3853
3	0,0028	0,0038	0,0050	33	0,3853	0,3977	0,4104
4	0,0050	0,0065	0,0078	34	0,4104	0,4232	0,4363
5	0,0078	0,0095	0,0113	35	0,4363	0,4495	0,4630
6	0,0113	0,0133	0,0155	36	0,4630	0,4767	0,4906
7	0,0155	0,0179	0,0204	37	0,4906	0,5048	0,5191
8	0,0204	0,0231	0,0259	38	0,5191	0,5337	0,5484
9	0,0259	0,0289	0,0322	39	0,5484	0,5634	0,5786
10	0,0322	0,0355	0,0391	40	0,5786	0,5940	0,6096
11	0,0391	0,0428	0,0468	41	0,6096	0,6255	0,6415
12	0,0468	0,0509	0,0551	42	0,6415	0,6578	0,6743
13	0,0551	0,0596	0,0643	43	0,6743	0,6910	0,7079
14	0,0643	0,0690	0,741	44	0,7079	0,7250	0,7424
15	0,0741	0,0793	0,0847	45	0,7424	0,7599	0,7777
16	0,0847	0,0903	0,0961	46	0,7777	0,7957	0,8139
17	0,0961	0,1020	0,1082	47	0,8139	0,8323	0,8510
18	0,1082	0,1145	0,1211	48	0,8510	0,8698	0,8889
19	0,1211	0,1278	0,1347	49	0,8889	0,9082	0,9277
20	0,1347	0,1418	0,1491	50	0,9277	0,9474	0,9673
21	0,1491	0,1567	0,1644	51	0,9673	0,9874	1,0078
22	0,1644	0,1723	0,1804	52	1,0078	1,0284	1,0491
23	0,1804	0,1887	0,1972	53	1,0491	1,0701	1,0914
24	0,1972	0,2059	0,2148	54	1,0914	1,1128	1,1344
25	0,2148	0,2239	0,2332	55	1,1344	1,1563	1,1783
26	0,2332	0,2428	0,2528	56	1,1783	1,2006	1,2230
27	0,2528	0,2624	0,2725	57	1,2230	1,2457	1,2686
28	0,2725	0,2829	0,2934	58	1,2686	1,2918	1,3150
29	0,2934	0,3042	0,3151	59	1,3150	1,3386	1,3623

Cazul III. Tubul flexibil este montat ca în fig.5.14 sau ca în fig.5.15 și compensează dilatația după direcțiile a_1 și a_2 .

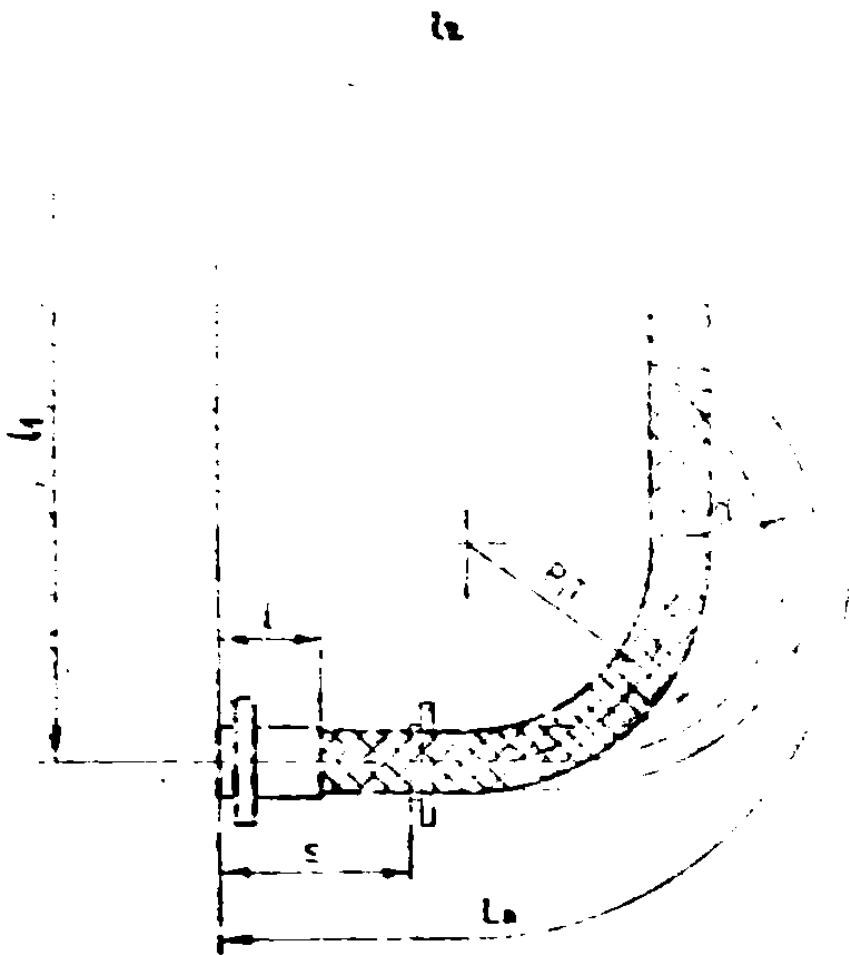


Fig. 512. Montaj pentru preluarea direcției în arc de 90°

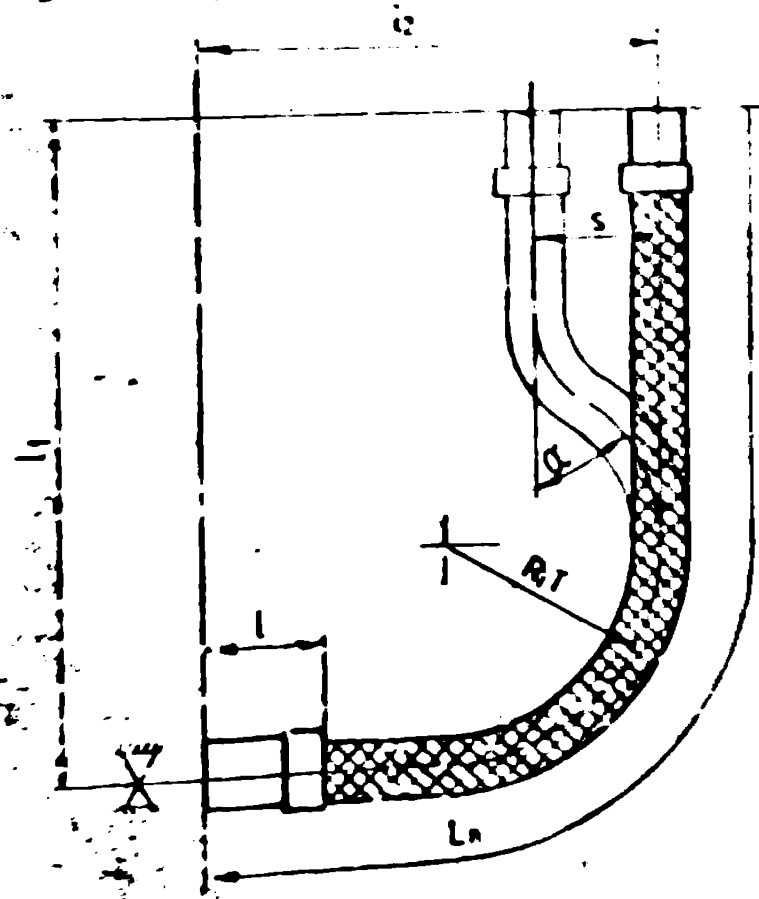


Fig. 513. Montaj în arc de 90° pentru preluarea direcției în arc de 90° în direcția de direcție răcoare

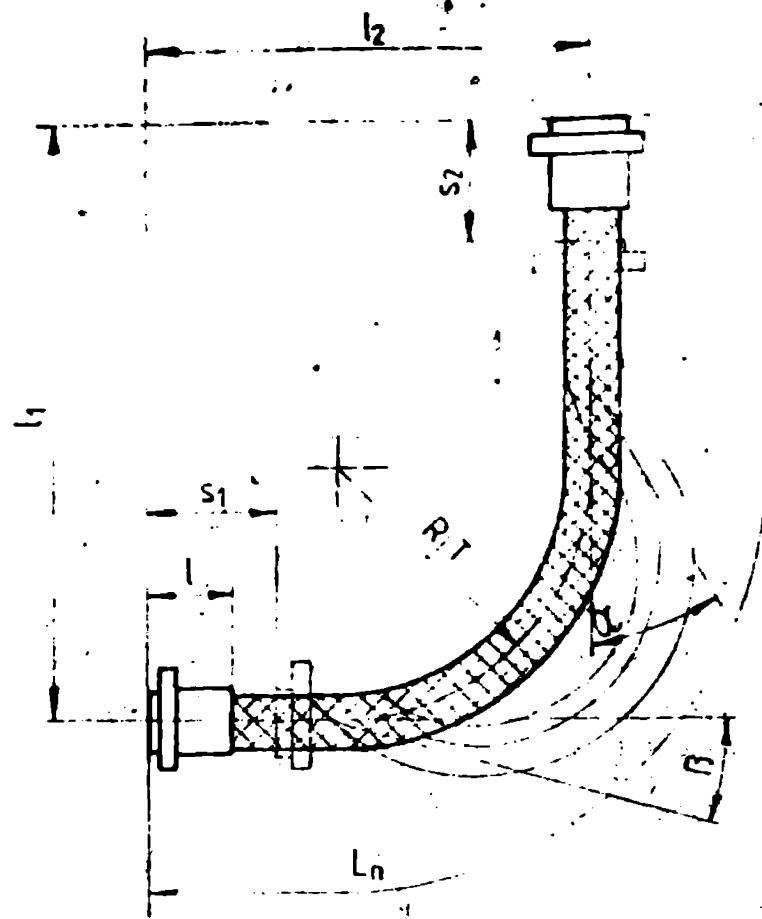


Fig 5.14. Montaj în arc de 90° pentru preluarea dilatațiilor după două direcții.

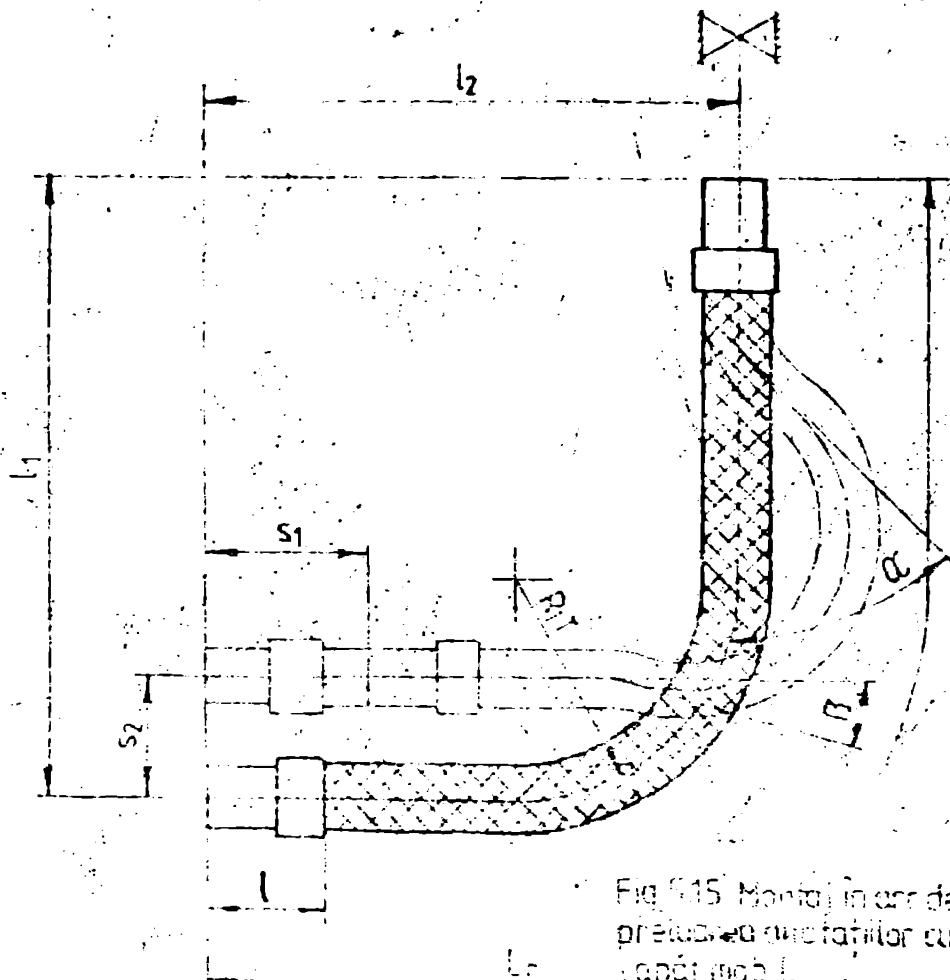


Fig 5.15. Montaj în arc de 90° pentru preluarea dilatațiilor cu un singur capăt mobil.

Se cunoscute R_{1T} , s_1 , s_2 , L și se calculează lungimea nominală a tubului, distanțele de montaj l_1 și l_2 și unghiurile de îndoire α și β după cele două direcții cu formulele:

$$L_n = 0,035 R_{1T} \cdot (\alpha + \beta) + 1,57 R_{1T} + 2 L$$

$$l_1 = R_{1T} (1 + 2 \sin \alpha) + R_{1T} (0,035 R_{1T} - 2 \sin \alpha) + L$$

$$l_2 = R_{1T} (1 + 2 \sin \beta) + R_{1T} (0,035 R_{1T} - 2 \sin \beta) + L$$

$$\alpha = \frac{s_1}{R_{1T}} ; \quad \beta = \frac{s_2}{R_{1T}}$$

Cazul IV. Tubul flexibil este montat sub formă de arc de 180° și compensează dilatația s după o singură direcție ca în fig. 5.16.

Se cunoscute R_{1T} , s , L și se calculează lungimea nominală a tubului, înălțimea maximă h_1 și minimă h_2 a arcului de 180° și distanța de montaj cu formulele:

$$L_n = \pi R_{1T} + 1,57s + 2 L ; \quad h_1 = R_{1T} + 0,73s + L$$

$$h_2 = R_{1T} + \frac{s}{2} + L ; \quad l = 2 R_{1T}$$

Cazul V. Tubul flexibil este montat sub formă de arc de 180° și compensează dilatațiile s_1 și s_2 după două direcții cu ambele capete mobile, ca în fig. 5.17.

Se calculează lungimea nominală a tubului, înălțimea maximă și minimă a arcului de 180° și distanța de montaj cu formulele:

$$L_n = \pi R_{1T} + 1,57s_1 + \frac{s_2^2}{2} + 2L ; \quad h_1 = R_{1T} + 0,73s_1 + \frac{s_2^2}{2} + L$$

$$h_2 = R_{1T} + \frac{s_1}{2} + L ; \quad l = 2 R_{1T}$$

Se observă că în calcule lungimea nominală a tubului se determină din mărimea dilatației, raza minimă de îndoire la temperatură de lucru și unghiul de îndoire.

Trebuie să se acorde atenție faptului că pentru o funcționare sigură tubul flexibil folosit pentru compensarea dilatațiilor să nu se îndoaie prea mult. Unghiul de îndoire pentru tuburile cu înveliș de împletitură nu trebuie să depășească 45° iar pentru cele fără împletitură 60° . Dacă unghiul de îndoire calculat depășește valorile de 45° respectiv

60° se reface calculul pentru o lungime nominală mai mare.

Cazul VI. Tubul flexibil montat ca în fig.5.18 sub formă de S cu un capăt fix, are porțiunile neutre z și distanța de montaj l .

Se cunoaște R_{1T} , z , l , L și se calculează lungimea nominală și lungimea de montaj cu formulele:

$$L_n = \frac{R_{1T} \cdot \pi \cdot \alpha}{90^\circ} + 2(L + z) \quad ; \quad L_m = 2 R_{1T} \sin \alpha + 2(L + z) \quad ;$$

$$\cos \alpha = \frac{2R_{1T} - l}{2R_{1T}}$$

Dacă unghiul α calculat este mai mare de 45° lungimea nominală și cea de montaj se recalculază cu formulele:

$$L_n = 2,68 l + 2(L + z) \quad ; \quad L_m = 2,414 l + 2(L + z)$$

Porțiunile neutre z au obișnuit valorile din tabelul 5.3.

Tabelul 5.3

Diametrul nominal al tubului D_n - mm	pină la 12	16-25	32-40	50-65	80-100	125-150	200-300
z - mm	25	50	75	100	150	200	300

Cazul VII. Tubul flexibil este montat ca în fig.5.19 și preia mișcări unghiulare până la $\alpha = 40^\circ$.

Se cunoaște R_{1T} , α , L , z și se calculează lungimea nominală, lungimea de montaj și cursa pe scardă l cu formulele:

$$L_n = \frac{R_{1T} \cdot \pi \cdot \alpha}{180^\circ} + 2(L + z) \quad ; \quad L_m = R_{1T} \sin \alpha + (L + z)(1 + \cos \alpha) ;$$

$$l = R_{1T} (1 - \cos \alpha) + (L + z) \sin \alpha$$

Dacă se respectă indicațiile de alegere ale tuburilor flexibile prezentate, există certitudinea unei fiabilități sporite în exploatarea acestor organe de mașină cu toate consecințele economice ce decurg din aceasta.

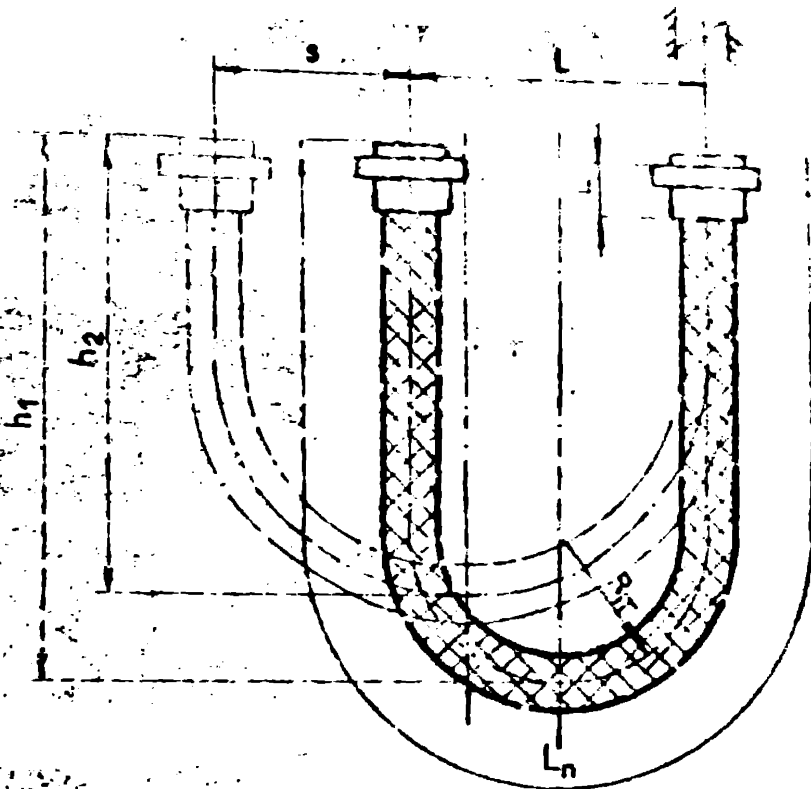


Fig 5.16. Montaj în arc de 120° pentru preluarea distanțelor după o singură direcție.

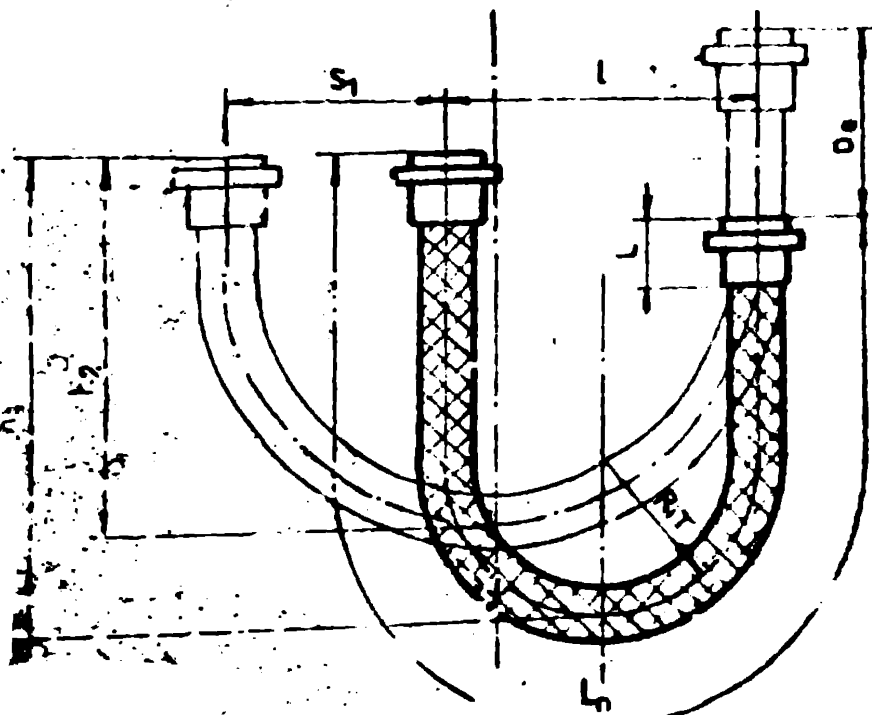


Fig 5.17. Montaj în arc de 180° pentru preluarea distanțelor

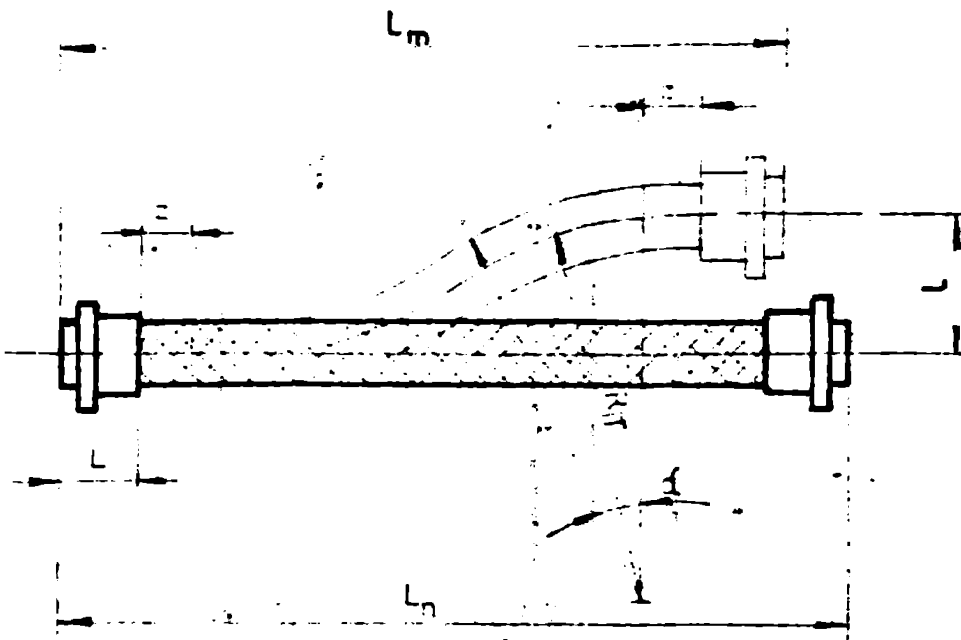


Fig 5'8 Montaj sub formă de S.

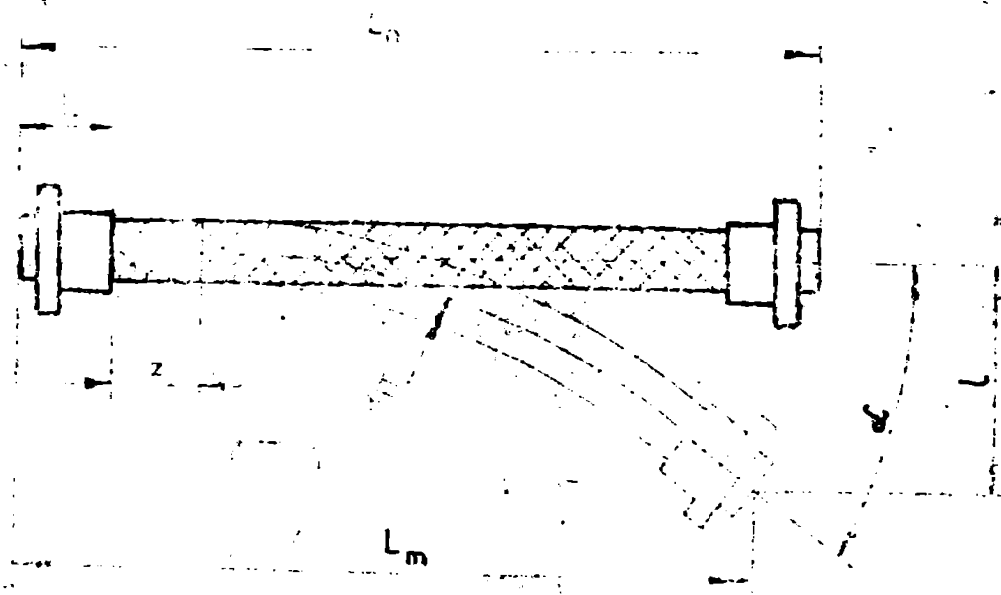


Fig 5'9 Montaj pentru prelucrare diferențială prin mișcări unghiulare

5.5 Calculul pierderilor de presiune prin tuburile flexibile

Pentru proiectarea sistemelor de transmitere a energiei care utilizează tuburile flexibile, pe lângă calculul de rezistență la presiune și flexibilitate prezintă interes de asemenea și pierderea de presiune a fluidului prin tuburi.

În condiții identice de lucru tuburile flexibile au pierderi hidraulice mai mari decât țevile netede și rigide. Acest fapt se explică prin "rugozitatea", condiționată geometric, mai mare la tuburile flexibile determinată de canelurile profilate ale tuburilor.

Această rugozitate macrogeometrică a pereților tubului flexibil are drept consecință creșterea pierderii de presiune atât prin frecare cit și prin formarea de vârtejuri în spațiul din interiorul canelurilor, curgerea fluidului nefiind lamelară.

În fig.5.20 se prezintă schematic forma curgerii fluidului prin tuburile flexibile și variația coeficientului de frecare λ pentru tuburile flexibile și pentru țevi netede.

Ca și în cazul țevilor, la curgerea fluidelor prin tuburile flexibile apar mai multe zone sau domenii de viteze cu comportare caracteristică în privința rezistenței hidraulice: domeniul de curgere lamelară, domeniul de tranziție, domeniul de turbulență, domeniul de foarte mare viteză.

Calcularea pierderilor de presiune în tuburile flexibile, în funcție de mărimile date, se poate face utilizând formulele:

$$\Delta p = 10^{-2} \left(\lambda \frac{L_n}{D_n} + \sigma \right) \frac{\rho}{2} v^2$$

$$\Delta p = 625 \left(\lambda \frac{L_n}{D_n} + \sigma \right) \frac{\rho \cdot v^2}{D_n^4}$$

$$\Delta p = 625 \left(\lambda \frac{L_n}{D_n} + \sigma \right) \frac{Q^2}{\rho \cdot D_n^4}$$

Semnificația notațiilor este următoarea: Δp - pierderea de presiune (mbar); λ - coeficientul de frecare, L_n - lungimea activă a tubului flexibil (mm); D_n - diametrul nominal al tubului flexibil (mm); σ - coeficientul de rezistență; ρ - densitatea fluidului (kg/m^3); Q - debitul volumic (m^3/h); Q_n - debitul masic (kg/h); v - viteză de curgere (m/s).

Coefficientul de frecare λ este determinat experimental pentru tuburile știri de către firma constructoare. El este indicat în grafice ca o funcție a coeficientului λ_0 (Reynolds).

Coefficientul λ_0 poate fi calculat cu următoarea relație:

$$\lambda_0 = \frac{v \cdot D}{10^3 \cdot \nu} \quad ; \quad \lambda_0 = 0,317 \frac{1}{\sqrt{Re}} \quad ; \quad \lambda_0 = 0,317 \frac{1}{\sqrt{Re}}$$

$$\lambda = \frac{f}{c} \quad ; \quad c = \frac{1}{v} \quad \text{în care } \nu - \text{viscozitatea cinematică}$$

(m^2/s), v - volumul specific (m^3/kg), η - viscozitatea dinamică ($kg/m.s$).

Coefficientul de rezistență ξ pentru pierderi suplimentare la schimbarea direcției în tuburile flexibile se calculează cu relația:

$$\xi = \xi_0 \cdot \frac{1}{100} \left(\frac{1}{\cos \alpha} \right)^2 \quad \text{în care } \xi_0 \text{ este coeficientul specific de rezistență, } \alpha - \text{unghiul de schimbare a direcției, } \xi_0 - \text{coeficientul de frecare pentru curgere turbulentă.}$$

Coefficientul ξ_0 a fost determinat experimental pentru cele mai importante tuburi Hydrin la funcție de raportul dintre raza minimă de îndoire și diametrul nominal și este valabil pentru curgerea sub formă de arc de 180° și pentru curgere turbulentă.

Printr-o apreciere greșită se poate presupune că pierderea de presiune în tuburile flexibile cu entalații paralele este mai mare cu două ori în cele cu entalații în spirală cu 20% față de pierderea în țevi. Aceasta înseamnă că la tuburile flexibile cu entalații paralele este suficientă o mărire a diametrului cu 15% iar în cele cu entalații în spirală cu 4% pentru a reduce pierderea de presiune la nivelul pierderii de presiune în țevile de oțel.

În continuare se prezintă tabel de calcul al pierderii de presiune pentru câteva cazuri specifice. [9]

Cazul I. Tubul flexibil O: are lungimea activă L_0 mm și diametrul nominal D_0 mm. El este parcurs cu viteza v m/s de apă caldă cu temperatură $T^\circ C$, viscozitatea cinematică $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ și densitatea $\rho = \frac{M}{V}$ și este montat sub formă de arc de 90° la o rază de îndoire R_{17} mm.

Se determină pierderile de presiune prin tubul flexibil astfel:

- se calculează coeficientul λ_0

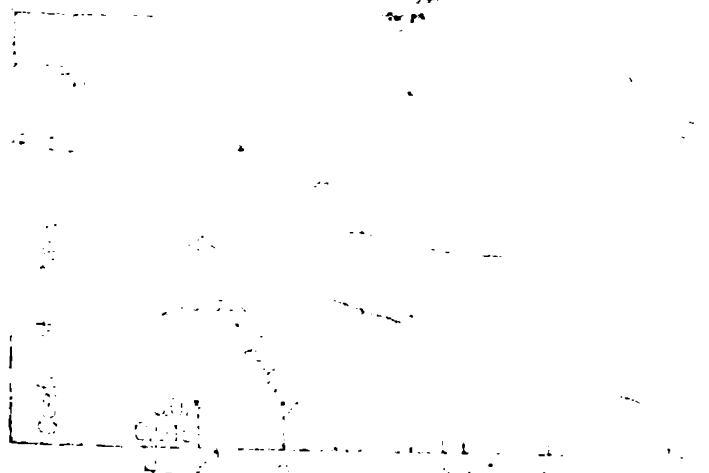


Fig. 5.20 Forma diagramă frecvență λ și Re în funcție de numărul de Reynolds

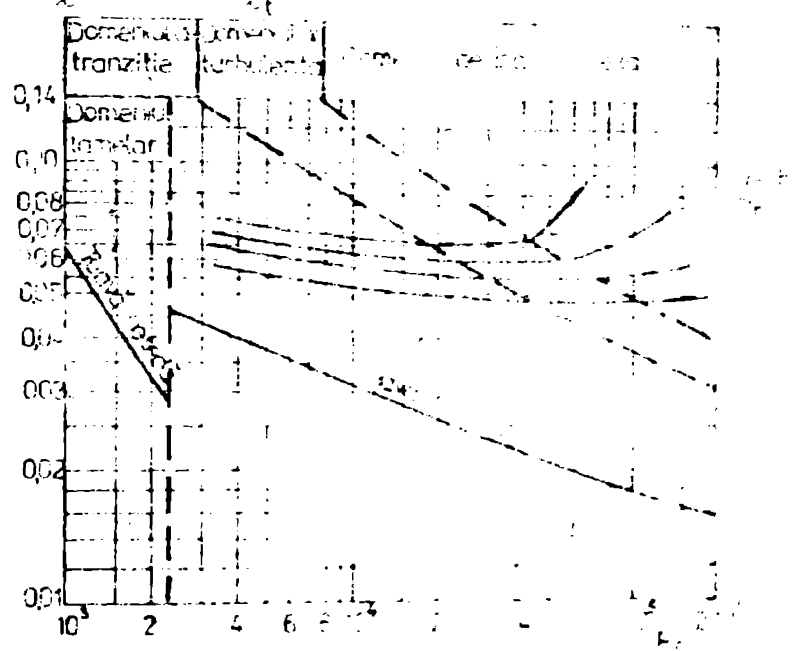


Fig. 5.21 Diagrama coeficienților de frecvență λ și λ_1 pentru structurile OC, construcție ușoară din țel încațat

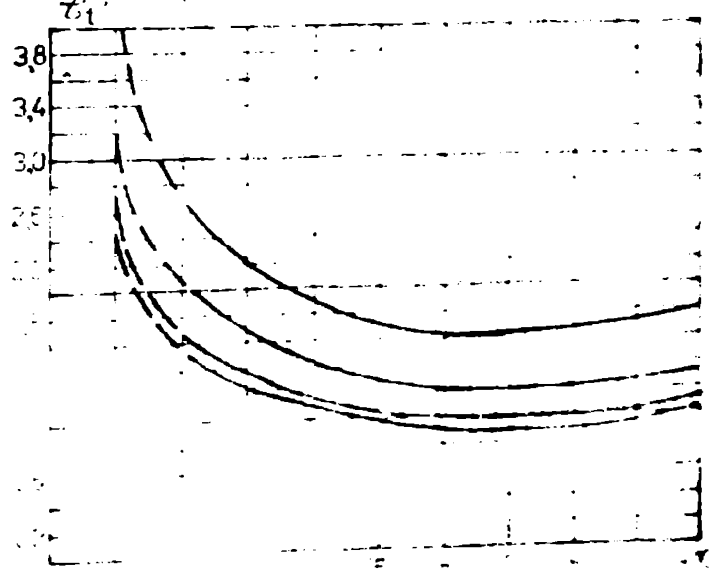


Fig. 5.22 Diagrama coeficienților de frecvență λ și λ_1 pentru structurile OC, construcție ușoară din țel încațat

$$R_0 = \frac{v \cdot D_n}{10^2 \cdot \nu} ;$$

- cu ajutorul diagramei coeficienților de frecare din fig. 5.22 - 5.47, la D_n și R_0 calculat se determină coeficienții λ și σ iar cu diagrama din fig. 5.22 - 5.48 la $\frac{R_{1T}}{D_n}$ se determină τ .

- cu aceste cunoscute se calculează coeficientul specific de rezistență ;

- pierderea de presiune Δp se calculează cu formula:

$$\Delta p = 10^{-2} \left(\lambda \frac{L_n}{D_n} + \sigma \right) \frac{\rho}{2} v^2.$$

Cazul II. Tubul flexibil OS are lungimea L_n și diametrul D_n . El este parcurs cu viteza v de către un agent frigorific ce are temperatura $T^\circ C$, viscozitatea dinamică $\eta = 90 \text{ kg/m.s}$ și densitatea ρ și este montat sub formă de arc de 90° la o rază de îndoire R_{1T} .

Se determină pierderea de presiune Δp urmînd calculul de la cazul I ținînd seama că $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ și utilizînd diagramele din fig. 5.23 și fig. 5.24.

Cazul III. Tubul flexibil OS are lungimea L_n și diametrul D_n . El este parcurs de apă cu viteza v , la temperatura $T^\circ C$, viscozitatea cinematică ν și densitatea ρ este montat în arc de 180° la o rază R_{1T} .

Se determină pierderea de presiune Δp urmînd calculul de la cazul I și folosînd diagramele din fig. 5.25 și fig. 5.26.

Cazul IV. Tubul flexibil SB/A are lungimea activă L_n și diametrul D_n . El este parcurs cu viteza v de aer la temperatura T , viscozitatea dinamică η și densitatea ρ și este montat sub formă de arc de 180° cu raza de îndoire R_{1T} . Se determină pierderea de presiune urmînd calculul de la cazul I și folosînd diagramele din fig. 5.27 și fig. 5.28.

Cazul V. Tubul flexibil PP - SPD - A are lungimea L_n și diametrul D_n . El este parcurs de aer cald la temperatura T cu un debit $Q_v \text{ m}^3/\text{h}$, viscozitatea cinematică ν , densitatea ρ și este montat sub formă de arc de 90° la raza R_{1T} . Pentru calculul pierderii de presiune Δp se determină mai întîi coeficienții λ , σ , τ urmînd calculul de la cazul I și folosînd diagramele din fig. 5.29 și fig. 5.30.

Pierderea de presiune se determină cu formule:

$$\Delta p = 625 \left(\lambda \frac{L_n}{D_n} + \sigma \right) \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Determinarea pierderii de presiune la trecerea fluidului printr-un tub flexibil se face în practică și printr-o metodă de aproximație.

Pierderea de presiune totală într-un tub flexibil este egală cu suma pierderilor de presiune din segmentele drepte și din cele îndoit.

$$\Delta P = \Delta P_d + \Delta P_i$$

în care: ΔP_d este pierderea de presiune în segmentele drepte, ΔP_i este pierderea de presiune în segmentele îndoit.

Cu ajutorul diagramelor din fig.5.31 și fig.5.32 pentru un tub cu rezuri paralele sau în spirală cu lungimea de un metru se poate determina întotdeauna raportul $\frac{\Delta P_d}{L}$.

Cu această pierdere de presiune raportată se poate calcula cu aproximație pierderea de presiune pentru tubul parcurs de alt fluid decât apa sau aerul cu relația:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\Delta P_d}{L} \cdot \frac{\lambda_t}{\lambda_{t_0}} \cdot \frac{\rho}{\rho_0}$$

în care: $\frac{\Delta P_d}{L}$ este pierderea de presiune pe metru mbar/m, ρ - densitatea fluidului, λ_t - coeficientul de frecare pentru curgerea turbulentă, λ_{t_0} - coeficientul de frecare pentru aer sau apă, ρ_0 - densitatea aerului sau a apei, $L = 1.000$ mm.

Pierderea de presiune pentru segmentele drepte se calculează cu relația:

$$\Delta P_d = \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{L_d}{1.000} \quad [\text{mbar}]$$

în care L_d este lungimea dreaptă a tubului flexibil.

În segmentul îndoit pierderea este de f ori mai mare decât în tubul drept de aceeași lungime.

$$\Delta P_i = f \cdot \Delta P_d \quad [\text{mbar}]$$

în care f este factor de mărire.

În diagrama din fig.5.33 este redat factorul de mărire f pentru toate tipurile de tuburi flexibile în comparație cu tubul al cărui

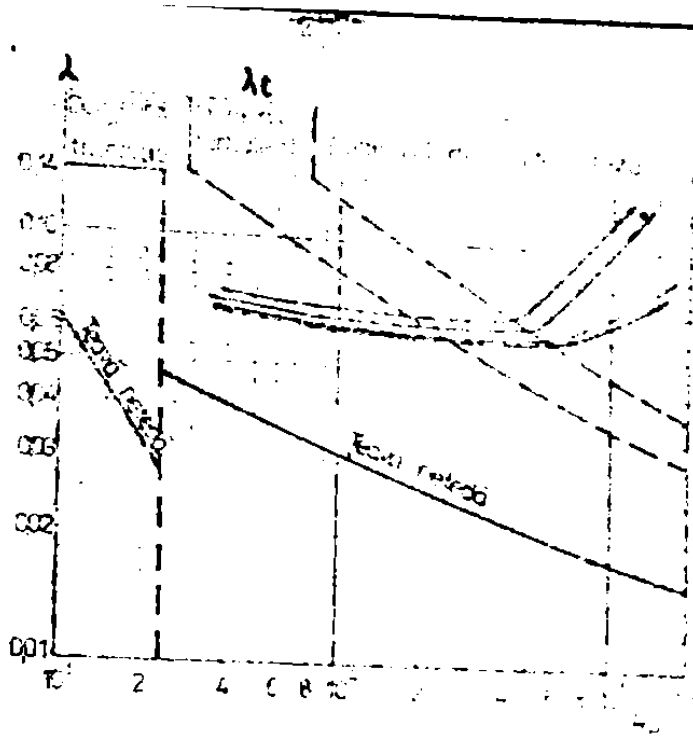


Fig.5.23 Diagrama coeficienților de frecare λ și λ_e , pentru tuburile OC, construcție ușoară, din bronz

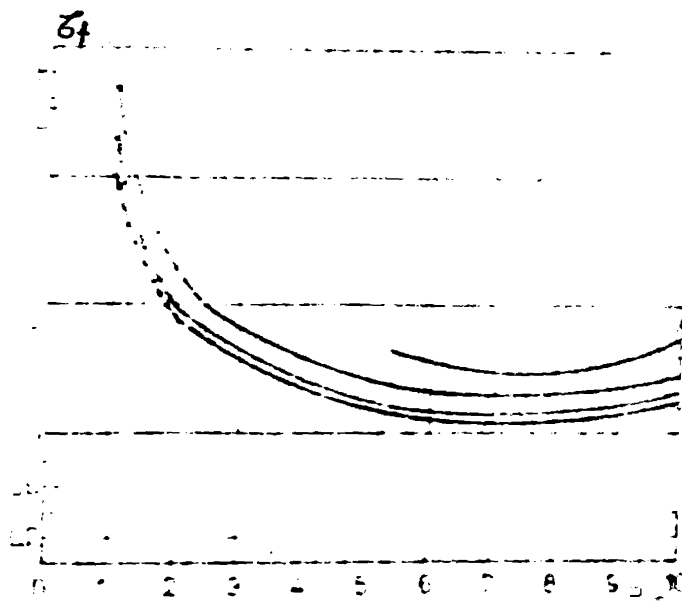


Fig.5.24 Diagrama coeficientului specific de rezistență ζ , pentru tuburile flexibile OC, construcție ușoară, din bronz

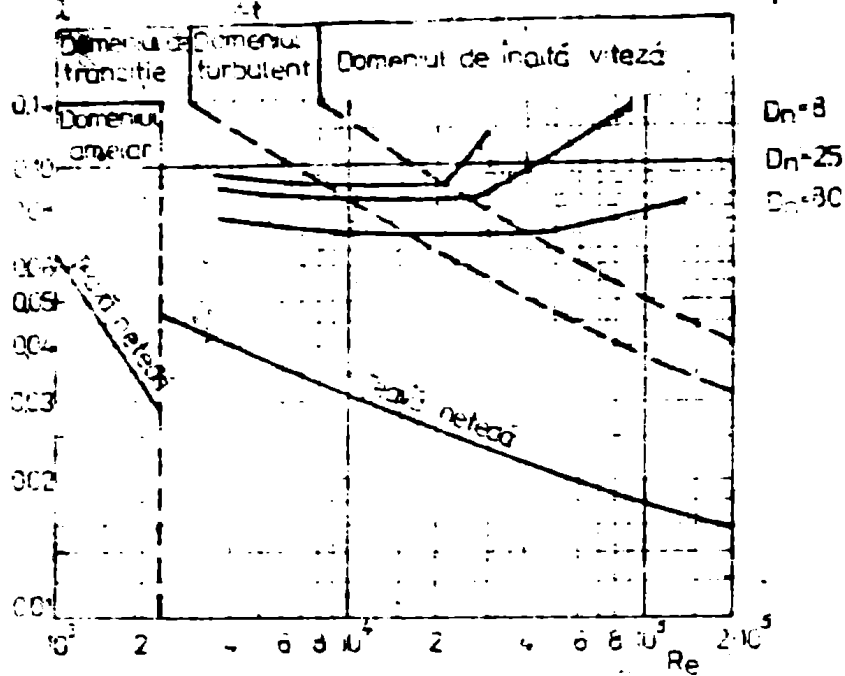


Fig 5.25 Diagrama coeficientilor de frecare λ și λ_f pentru tuburile flexibile OS, din bronz, cu ondulații mari.

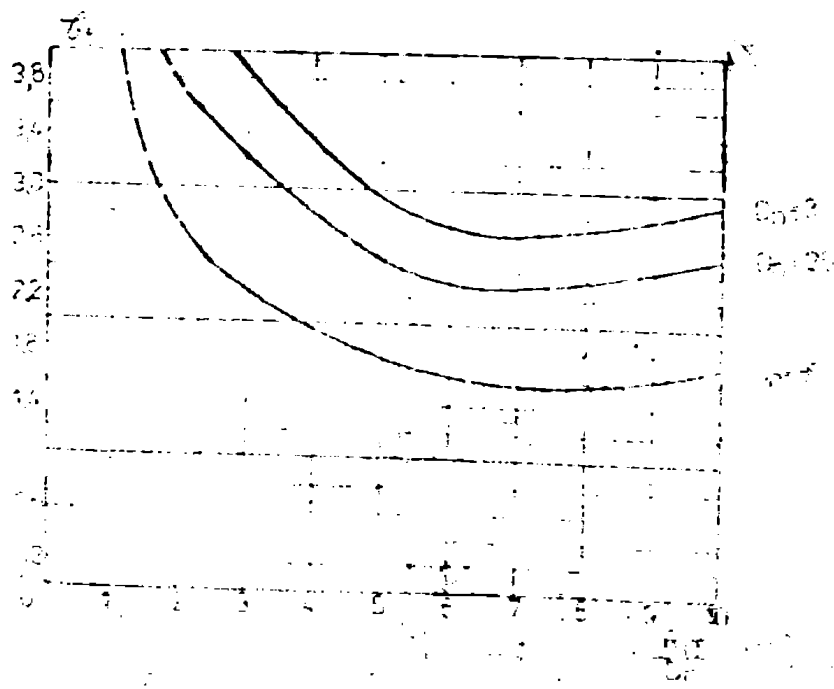


Fig 5.26 Diagrama coeficientului de greutate specifică λ de rezistență pentru

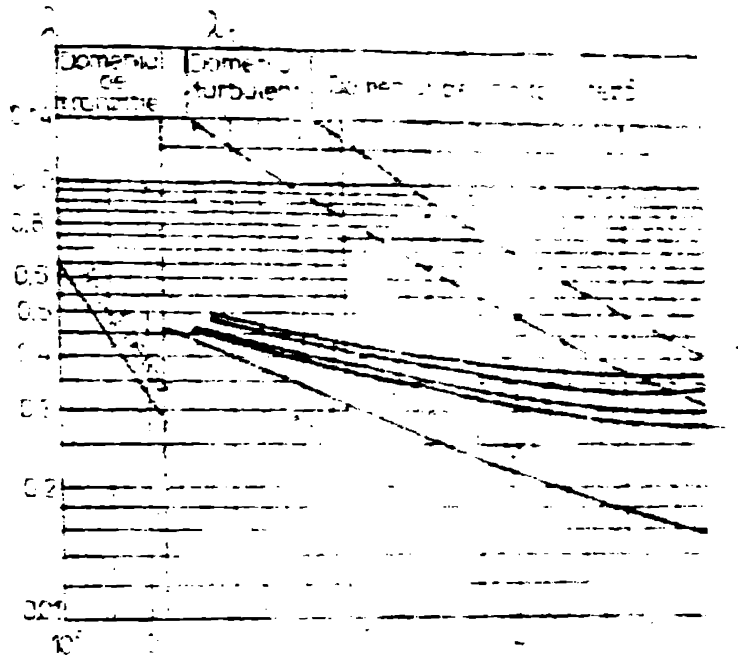


Fig. 5.27 Diagrama coeficientilor de frecare λ în funcție de Re pentru tuburile flexibile SSA din oțel inoxidabil

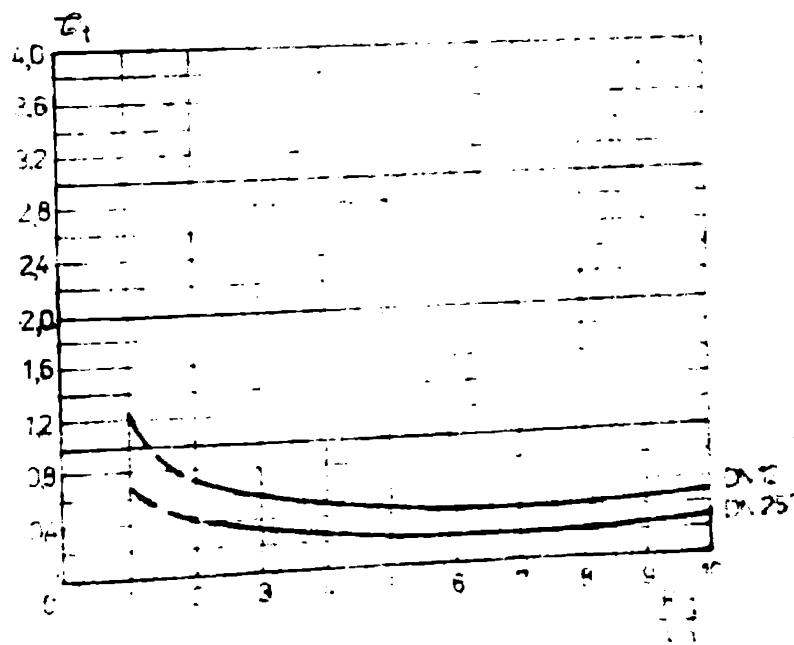


Fig. 5.26 Diagrama coeficientului specific de rezistență c_f pentru tuburile SSA din oțel inoxidabil

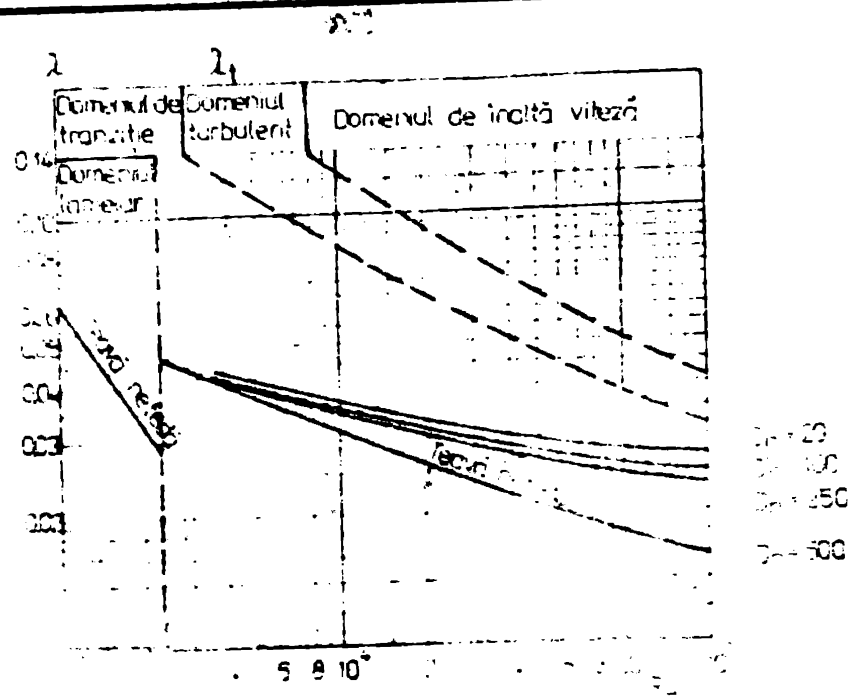


Fig. 5.29 Diagrama coeficienților de frecare λ și λ_{sp} pentru tuburile $\epsilon/D = 0.0025$.

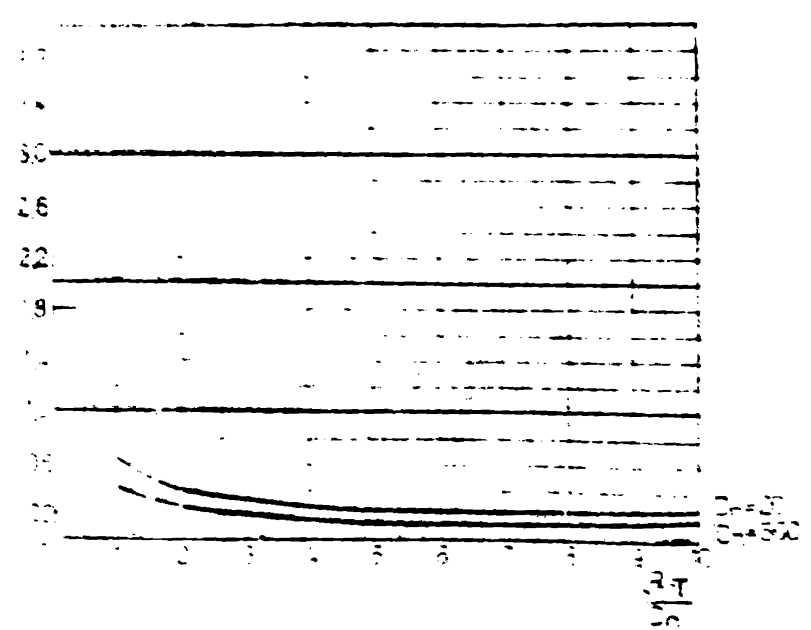


Fig. 5.30 Diagrama coeficientului specific λ_{sp} de rezistență pentru tuburile $\epsilon/D = 0.0025$.

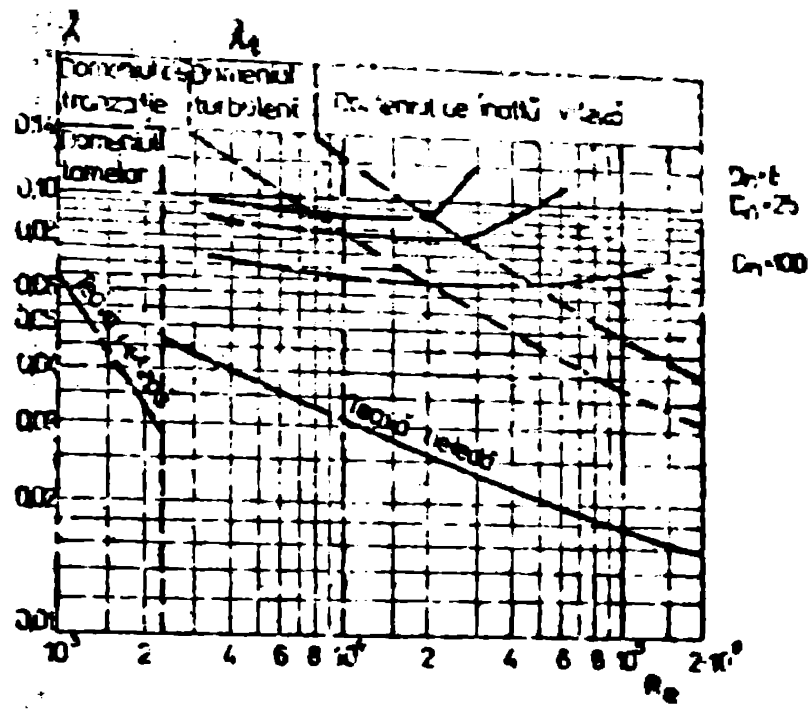


Fig. 5.31 Diagrama coeficientilor de frecare λ și λ_f pentru tuburile OS din oțel carbon cu ondăci mari.

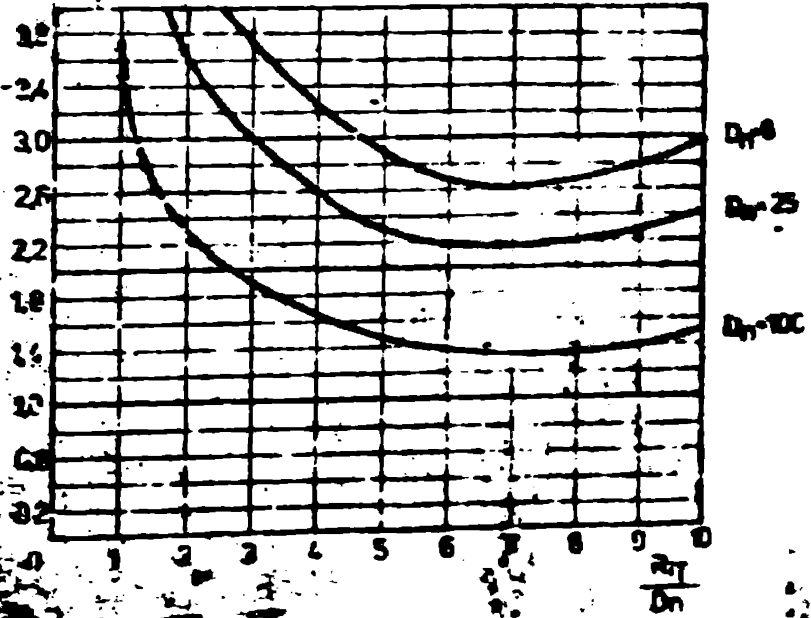


Fig. 5.32 Diagrama coeficientului specific ζ pentru tuburile OS din oțel carbon cu ondăci mari.

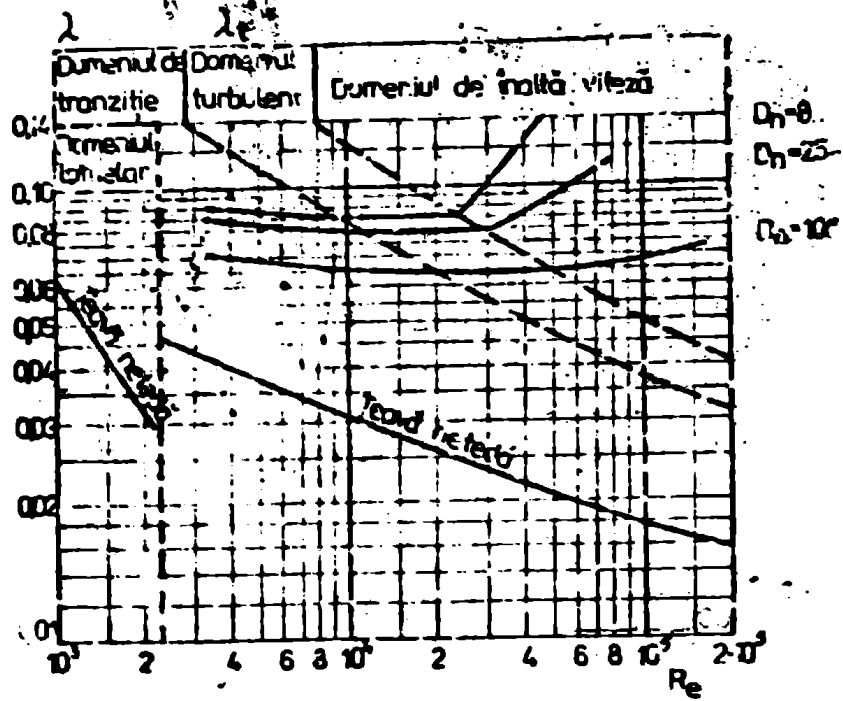


Fig. 5.33 Diagrama coeficienților de frecare λ și λ_f pentru tuburile OS din oțel carbon cu ondulații rajlori.

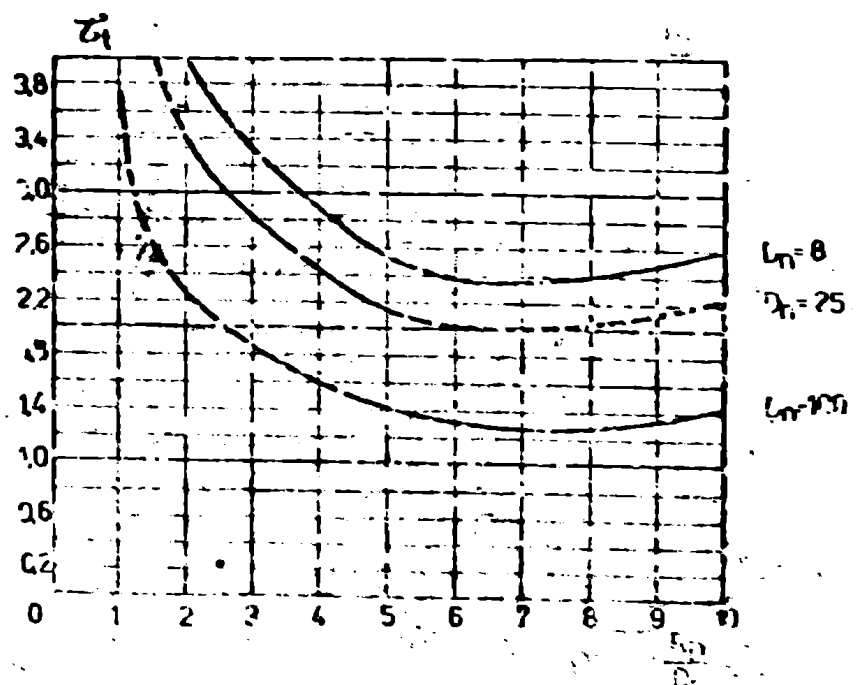


Fig. 5.34 Diagrama coeficienților specifici ζ_f pentru tuburile OS din oțel carbon cu ondulații rajlori.

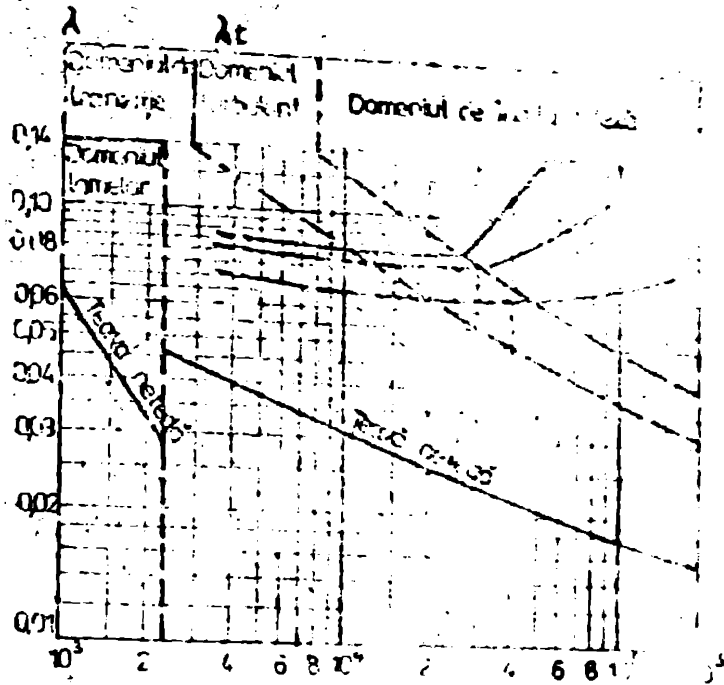


Fig. 5.35 Diagrama coeficienților de frecare λ și λ_c pentru tuburile OS din bronz cu ondulată longitudinală

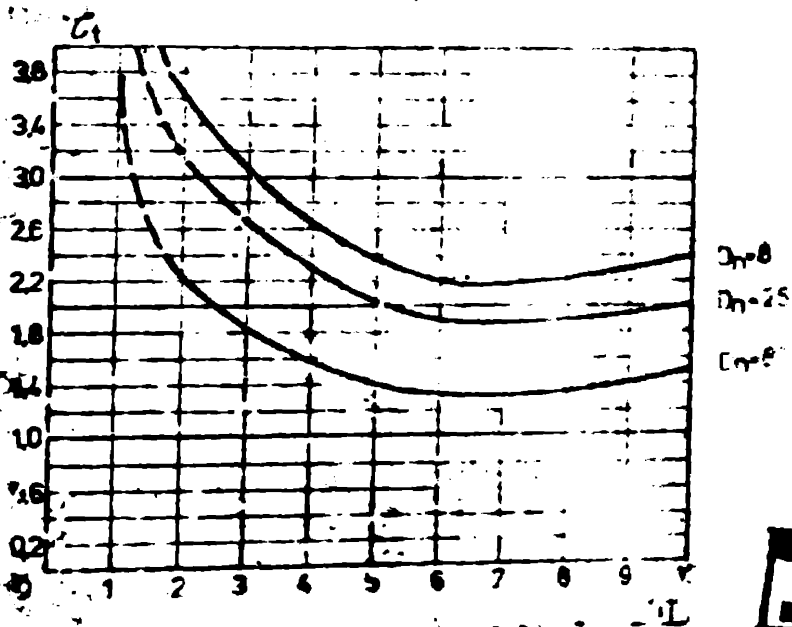


Fig. 5.36 Diagrama coeficientului specific de rezistență Z_1 pentru tuburile OS din bronz cu ondulată longitudinală

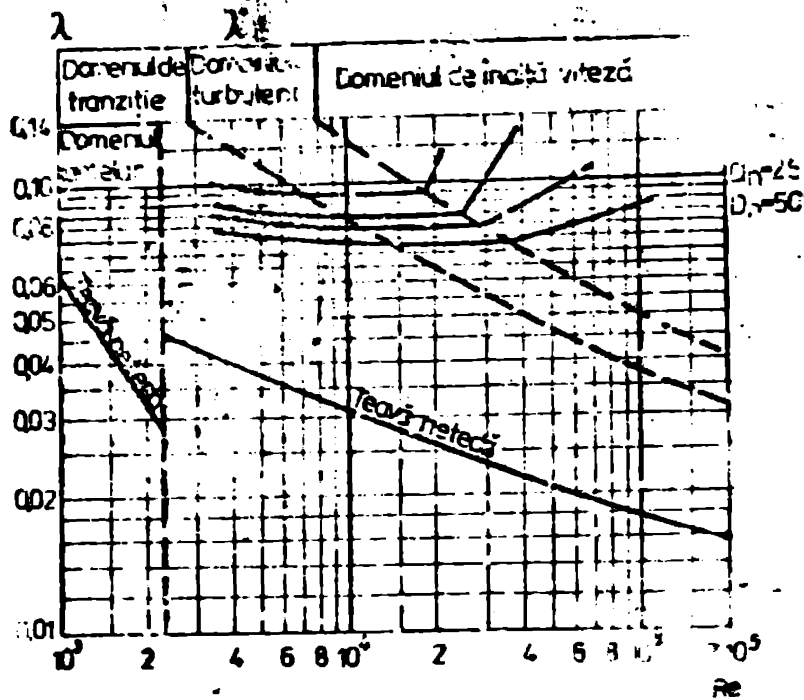


Fig.5.37 Diagrama coeficienților de frecare λ și λ_r pentru $D_n = 25$ și 50 din țevă cu ondulații mari.

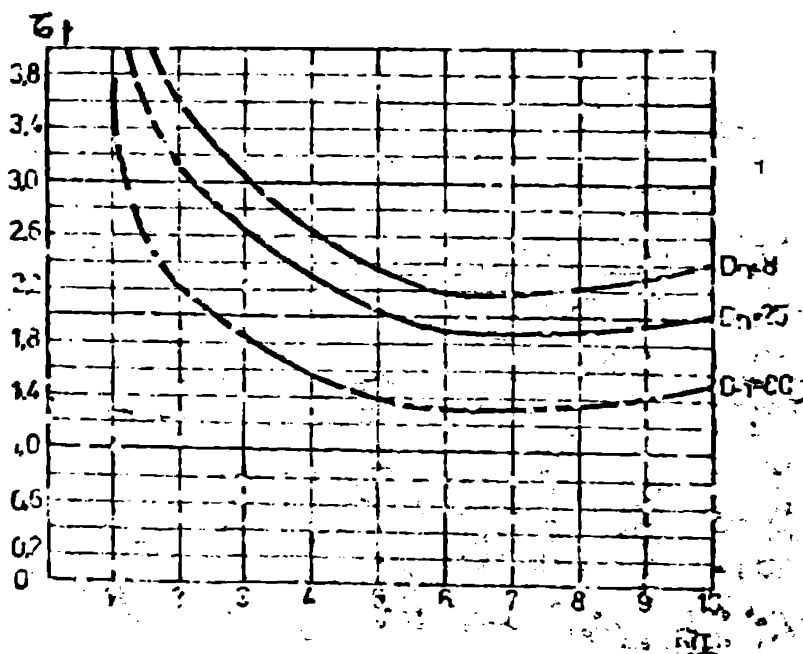


Fig.5.38 Diagrama coeficientului specific de rezistență ζ_r pentru țevă cu ondulații mari.

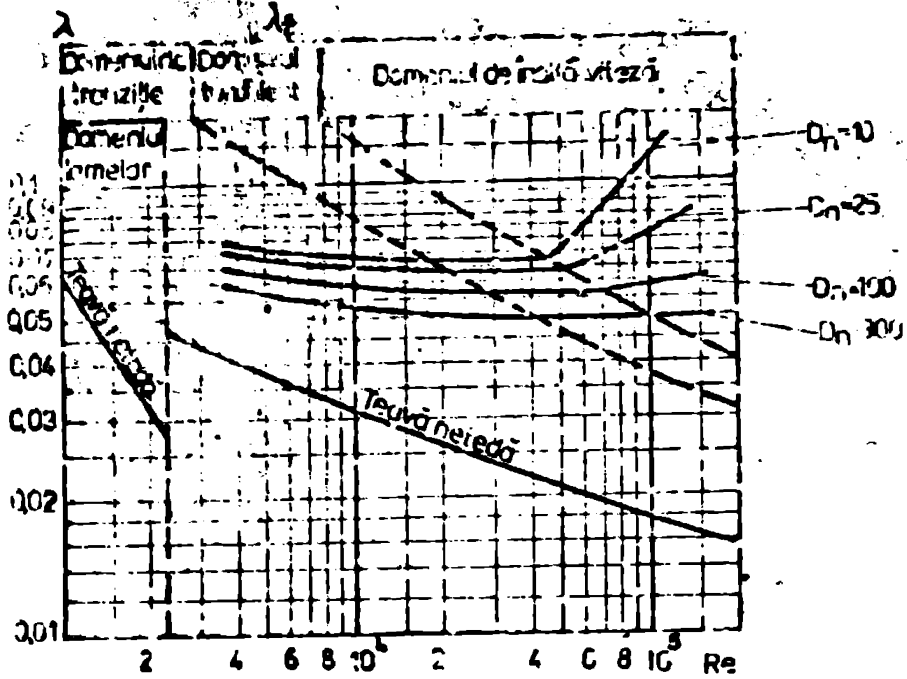


Fig. 5.41. Diagrama coeficienților de frecare λ și λ_e pentru tuburile OC construcție mijlocie din oțel inoxidabil.

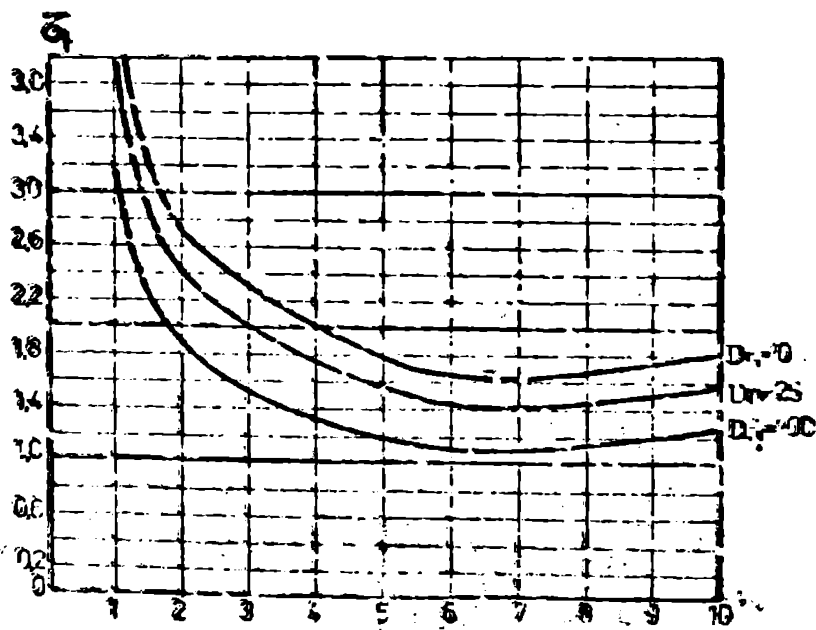


Fig. 5.42. Diagrama coeficienților de rezistență ζ pentru tuburile OC construcție mijlocie din oțel inoxidabil.

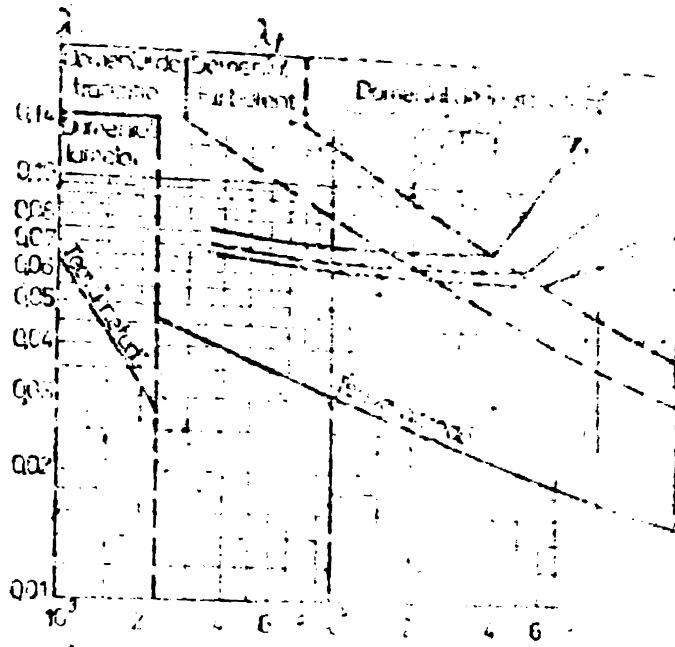


Fig. 5.43. Diagrama coeficienților de formă λ și λ_f pentru oțelurile foarte flexibile din oțel iroxidabil.

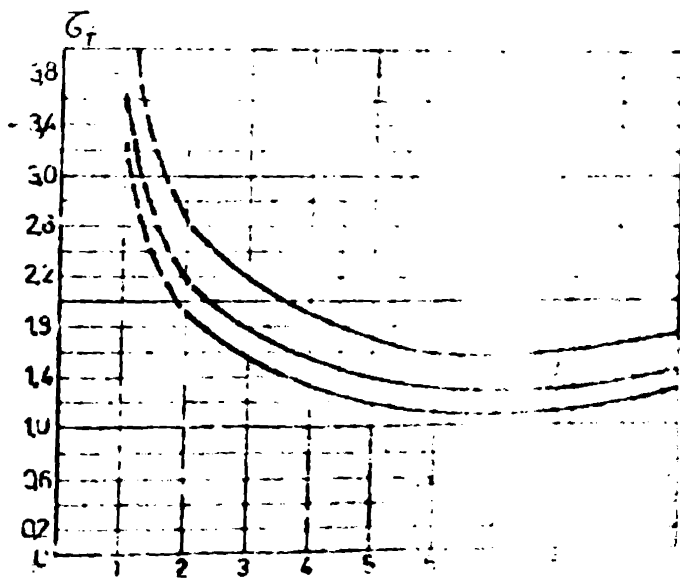


Fig. 5.44. Diagrama coeficientului de rezistență σ_r pentru oțelurile foarte flexibile din oțel iroxidabil.

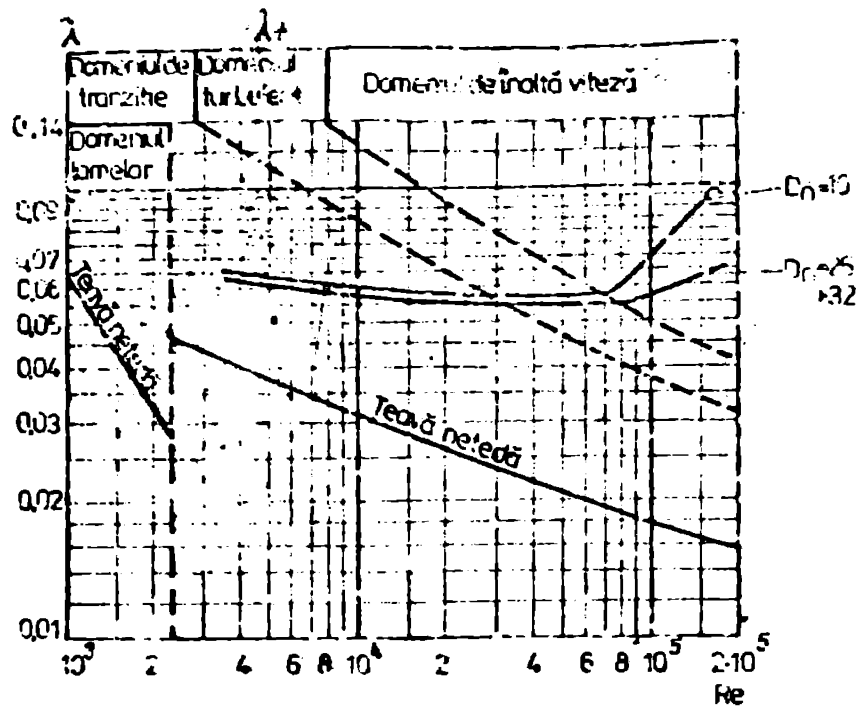


Fig.5.45. Diagrama coeficienților de frecare λ și λ_+ pentru tuburile OC foarte flexibile din bronz.

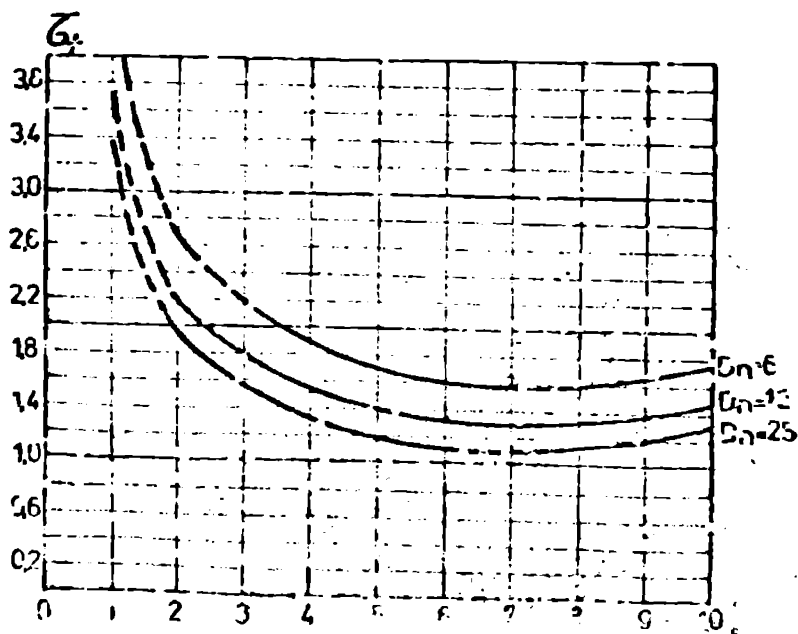


Fig.5.46. Diagrama coeficientului de rezistență ζ pentru tuburile OC foarte flexibile din bronz.

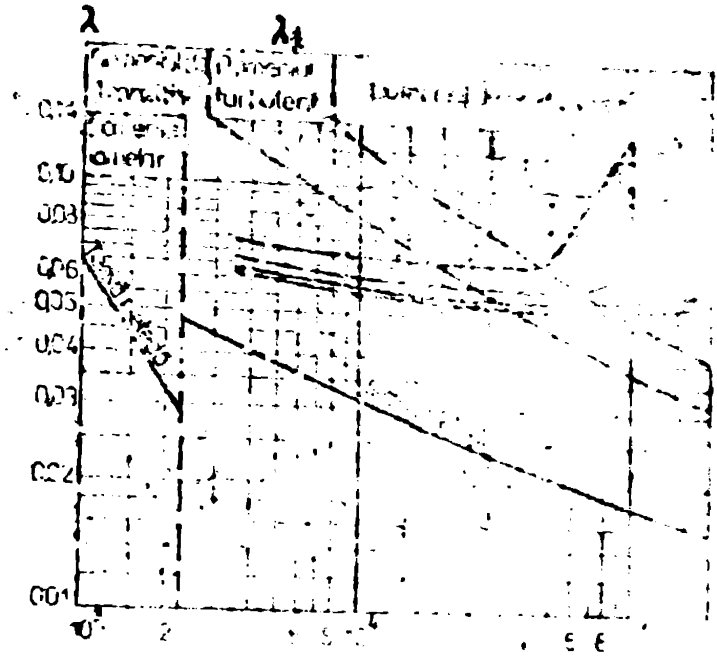


Fig. 5.47 Diagrama coeficientilor de frecare λ și λ_1 pentru țevile USS din oțel inoxidabil.

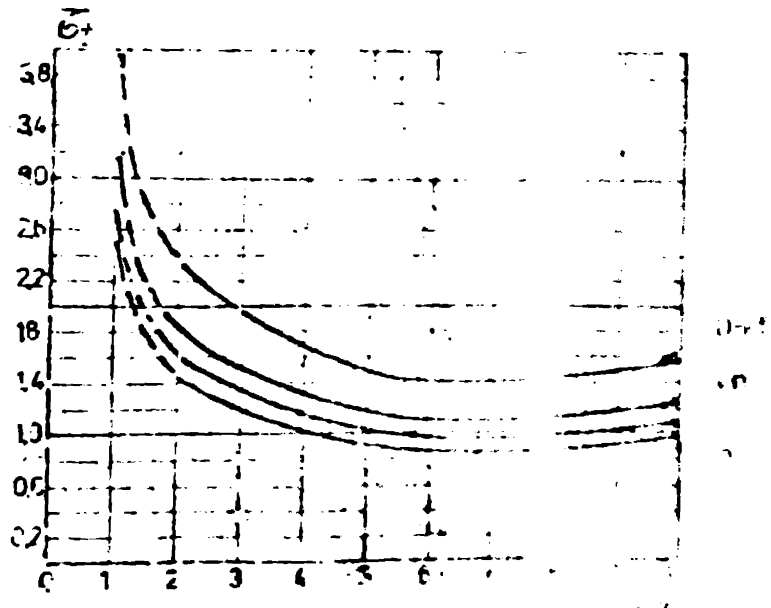


Fig. 5.48 Diagrama coeficientului specific de rezistență β pentru țevile USS din oțel inoxidabil.

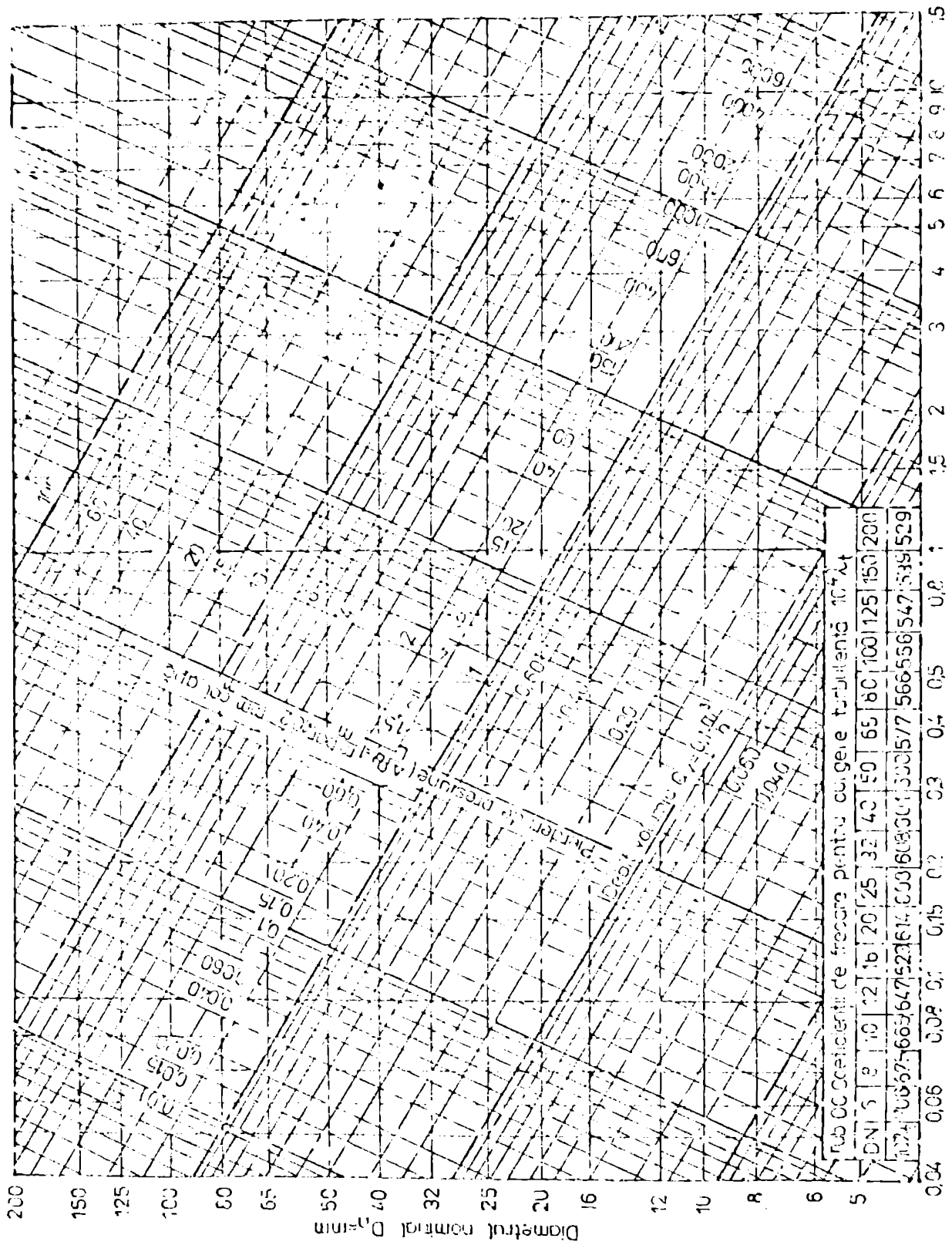
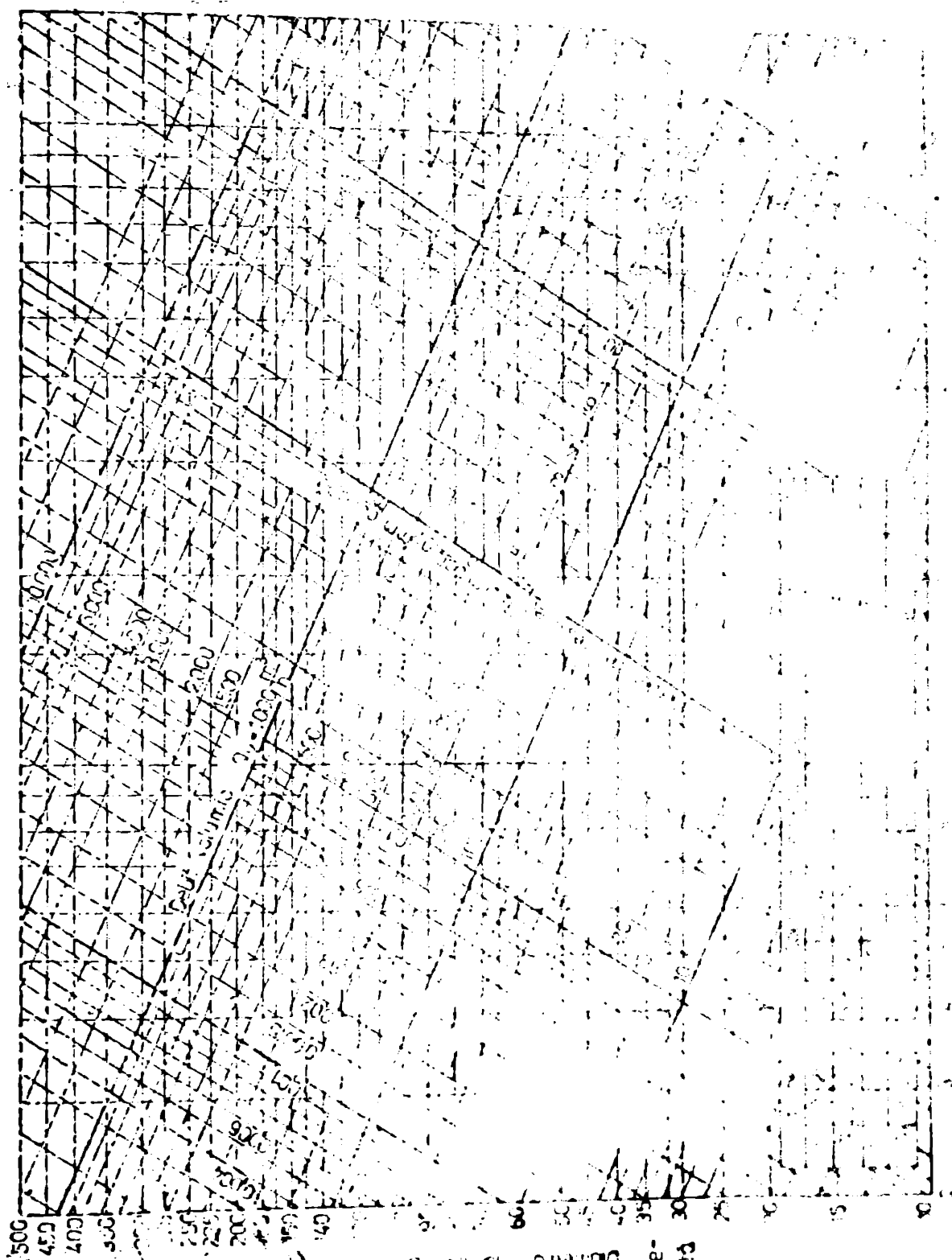


Fig 5.10. Diagrama
 p/c - viteza de curgere
 pentru curgere turbulentă
 în conducte.



1. 1000
 2. 1000
 3. 1000
 4. 1000
 5. 1000
 6. 1000
 7. 1000
 8. 1000
 9. 1000
 10. 1000
 11. 1000
 12. 1000
 13. 1000
 14. 1000
 15. 1000
 16. 1000
 17. 1000
 18. 1000
 19. 1000
 20. 1000
 21. 1000
 22. 1000
 23. 1000
 24. 1000
 25. 1000
 26. 1000
 27. 1000
 28. 1000
 29. 1000
 30. 1000
 31. 1000
 32. 1000
 33. 1000
 34. 1000
 35. 1000
 36. 1000
 37. 1000
 38. 1000
 39. 1000
 40. 1000
 41. 1000
 42. 1000
 43. 1000
 44. 1000
 45. 1000
 46. 1000
 47. 1000
 48. 1000
 49. 1000
 50. 1000
 51. 1000
 52. 1000
 53. 1000
 54. 1000
 55. 1000
 56. 1000
 57. 1000
 58. 1000
 59. 1000
 60. 1000
 61. 1000
 62. 1000
 63. 1000
 64. 1000
 65. 1000
 66. 1000
 67. 1000
 68. 1000
 69. 1000
 70. 1000
 71. 1000
 72. 1000
 73. 1000
 74. 1000
 75. 1000
 76. 1000
 77. 1000
 78. 1000
 79. 1000
 80. 1000
 81. 1000
 82. 1000
 83. 1000
 84. 1000
 85. 1000
 86. 1000
 87. 1000
 88. 1000
 89. 1000
 90. 1000
 91. 1000
 92. 1000
 93. 1000
 94. 1000
 95. 1000
 96. 1000
 97. 1000
 98. 1000
 99. 1000
 100. 1000

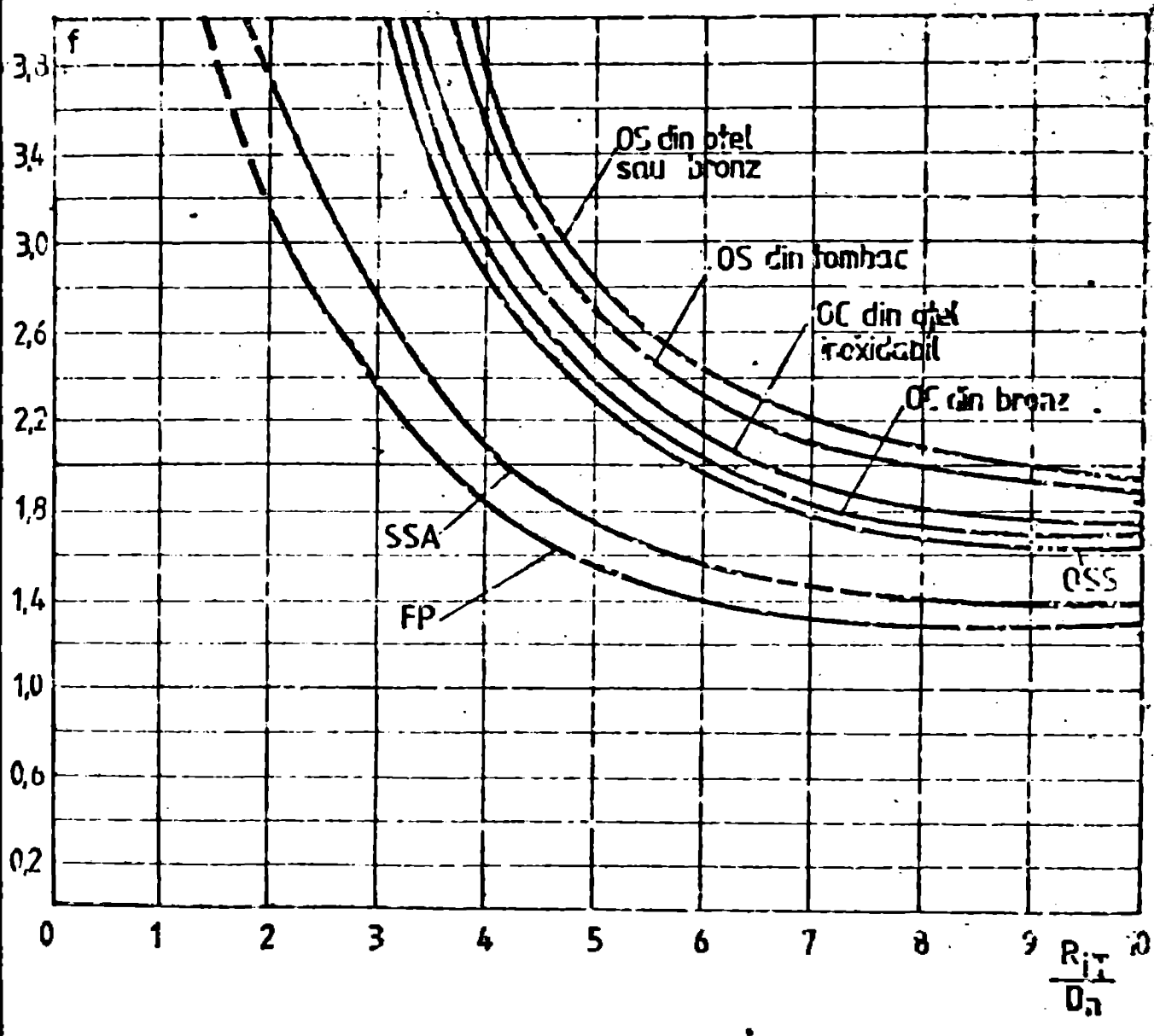


Fig 5.51 Diagrama factorului de mărime f.

diametru nominal este $D_n = 25$ mm.

În continuare se prezintă modul de determinare a pierderii de presiune în tuburile flexibile prin metoda aproximației în câteva cazuri specifice.

Cazul I. Tubul flexibil OC are lungimea activă L_n și diametrul nominal D_n . El este parcurs de ulci care are densitatea ρ , cu viteza v și este montat în arc de 180° cu o rază de încoșare R_{IT} .

Pierderea de presiune se calculează astfel:

- se calculează lungimea arcului și a segmentelor drepte cu formulele:

$$L_1 = \frac{\pi R_{IT} \alpha}{180} ; \quad L_2 = L_n - L_1$$

- din diagrama pierderii de presiune raportată în fig. 5.51 se determină Δp_a și λ_{ta} în funcție de tipul tubului, diametrul nominal și viteza de curgere.

- din diagrama coeficienților de frecare se determină λ .

- se calculează Δp_f ;

- se calculează Δp_d ;

- se determină din diagramă factorul de mărire f ;

- se calculează Δp_1 ;

- se calculează pierderea totală de presiune.

Cazul II. Tubul flexibil OC de la cazul I este parcurs de apă.

Se calculează pierderea de presiune după modul prezentat la cazul I cu precizarea că Δp_a și λ_{ta} se determină din fig. 5.52.

De iz în calcule lungimea activă a tubului flexibil deoarece aceasta se poate determina mai ușor iar precizia calculului este suficientă.

5.6 Indicații de montaj și exploatare

Durata de serviciu a unui tub flexibil mai este dependentă și de modul în care este manipulat înainte de utilizare, de tipul montajului ales și de întreținerea care i se aplică.

Manipularea tuburilor flexibile trebuie făcută cu deosebită atenție atât la transportul lor la locul de utilizare cât și la timpul efectuării montajului pentru evitarea solicitării la torsione, evitarea îndoirii sub raza minimă admisă și deteriorarea prin strivire.

Tubul flexibil transportat sub formă de colac se derulează la locul de utilizare ca în fig. 5.52.

În cazul tuburilor flexibile cu racorduri de tip flanșe montajul se face prin stringerea șuruburilor în ordinea indicată în fig. 5.53 iar în cazul racordurilor filetate montajul se face utilizând două șule e obice și e contracheie ca în fig. 5.54.

Îmbinările prin lipire ale tuburilor flexibile cu instalațiile ce le deservează se fac ca în fig. 5.55. În timpul efectuării lipiturii capătului tubului se protejează contra prăznelizării cu azbest sau cu pastă izolatoare iar arzătorul aparatului de încălzire nu se va ține îndreptat asupra tubului flexibil. Resturile de flux se vor îndepărta cu grijă.

La montare este foarte important ca cele două capete ale tubului flexibil în timpul mișcărilor laterale să se găsească în același plan.

Pentru a asigura o montare fără torsioane tubul flexibil trebuie fixat la un capăt mai întâi decât alalt. După aceea se efectuează câteva mișcări pentru ca tubul flexibil să se poată aranja fără torsionare după care se face stringerea. Pentru a observa lipsa torsionilor se trasează vizibil un marcaj longitudinal continuu pe tubul flexibil înainte de montare.

Figurile 5.56 - 5.57 arată cum trebuie și cum nu trebuie să se monteze tuburile pentru prelucrarea mișcărilor laterale montate sub formă de arc de 180° (montaj în U).

În fig. 5.56 - 5.57 se prezintă exemple tipice de montaje corecte și necorespunzătoare montaje realizate încorect. Montajele încorecte sînt marcate prin tăiere cu linii groase în x.

Arcele de 180° se vor realiza astfel ca tubul flexibil să aibă porțiuni neutre suficient de mari așa cum se prezintă în fig. 5.56.

Utilizarea ceturilor evită îndoirea necontrolată și inadmisibilă imediat după elementele de racordare așa cum se prezintă în fig. 5.57.

Mișcările tuburilor flexibile trebuie să se facă astfel ca bucla de 180° să execute mișcări paralele cu planul inițial de montaj ca în fig. 5.58.

În fig. 5.59 se prezintă montajul care utilizează un sprijin de formă rotundă care are $R = R_{1T}$ și împiedică îndoirea sub raza minimă de îndoire.

În fig. 5.60 se prezintă montajul în care tuburi paralele evită atingerea reciprocă și îndoirea forțată lângă racord prin utilizarea

ecturilor rigide.

În cazul mișcărilor ascensionale de mare amplitudine montajul realizează cu ecturi rigide pentru a împiedica îndoirea intensă lângă racorduri ca în fig.5.61.

Montajul prezentat în fig.5.62 respectă mișcarea paralelă a tubului și evită torsionale.

Montajul prezentat în fig.5.63 este astfel realizat încât evită contactul tubului flexibil cu pardoseala sau cu pereții laterali atunci când se realizează cursa completă.

Montarea tuburilor care prezintă oscilații și vibrații se face obișnuit în arc sau unghi de 90° așa cum se prezintă în fig.5.64 - 5.67.

În fig.5.68 - 5.77 se prezintă modul cum trecute montate tuburile flexibile care prezintă dilatări termice.

Pentru preluarea corectă a dilatării, tubul flexibil se pretenzionaază cu jumătate din mișcare care intervine și se folosește montajul în unghi drept față de direcția mișcării ca în fig.5.68.

În fig.5.69 se prezintă un montaj corect care permite numai dilatări mici având în vedere că întinderea sau refluxarea tubului nu este admisă.

Dilatăriile mari sînt preluate de montajul în arc de 90° cum se prezintă în fig.5.70.

Evitarea contactului cu pardoseala sau pereții laterali se prezintă în fig.5.71 pentru montajul în arc de 90° .

Preluarea dilatărilor din două direcții se prezintă în fig. 5.72 și se realizează corect cu montaj în arc care execută mișcări în același plan.

Dilatăriile axiale mari se preiau cu ajutorul montajului sub formă de arc de 180° ca în fig.5.73 și fig.5.74.

Dacă capetele tubului sînt legate la două conducte ce se dilată simultan se utilizează montajul din fig.5.75 cu condiția ca direcția de dilatare și arcul tubului să fie în același plan. Cînd nu se admit îndoiri alternative și mici comprimări inițiale se utilizează montajul din fig.5.76. Montajul din fig.5.77 este realizat cu capete neutre suficient de lungi.

Pentru preluarea mișcărilor unghiulare se utilizează montajele din fig.5.78 - 5.80.

Deși din motive obiective nu se poate evita contactul dintre tubul flexibil și pardoseala sau pereții laterali atunci în

funcție de gradul solicitării tubul va fi protejat printr-o spirală de sîrmă retentivă sau printr-un protector ca în fig.5.81.

Asirarea tubului flexibil se face ca în fig.5.82 cu condiția ca raza R a rolei de sprijin să fie cel puțin egală cu R_{1T} .

Utilizarea tuburilor flexibile pentru scule manuale se va face cu montajul prezentat în fig.5.83 sau altele asemănătoare.

Pentru toate tipurile de montaje ale tuburilor flexibile se vor respecta cu strictețe valorile obținute prin calcul pentru lungimea nominală, distanța de montaj și lungimea zonelor neutre z indicate.

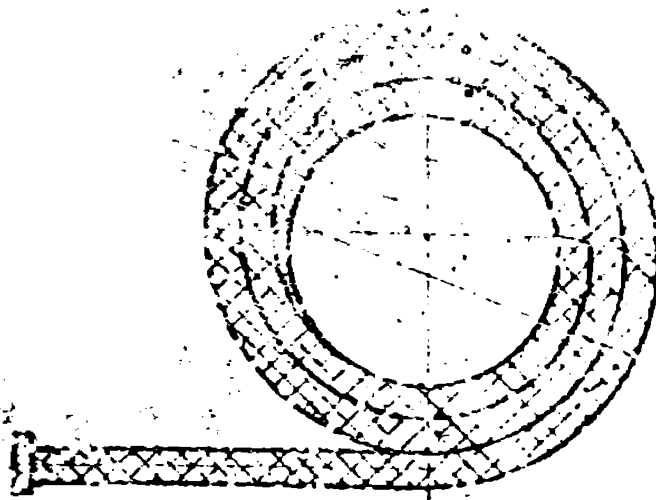
Exploatarea tuburilor flexibile este o activitate destul de ușoară și dacă se face corect duce la rezultate economice favorabile.

Se prezintă în continuare câteva indicații de exploatare.

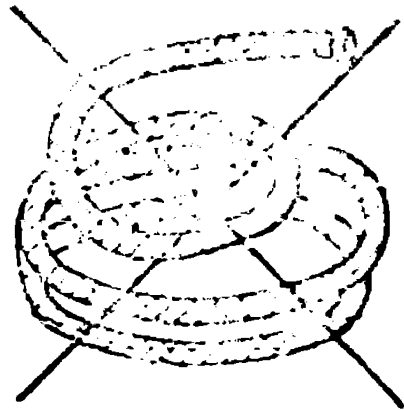
Ca regulă generală tuburile flexibile nu vor fi utilizate și explorate în condiții care să depășească caracteristicile lor constructive și tehnice. Astfel, în primul rînd, nu se admite depășirea razei minime de înfior în sensul descreșterii ei numerice, depășirea presiunii de lucru sau a temperaturii luate în calculul de dimensionare.

Se vor evita acțiunile mecanice de strivire, torsione sau întindere.

Respectînd aceste reguli tubul flexibil va rezista în condiții bune la numărul de cicluri de înfior din calculul de dimensionare și alegere.

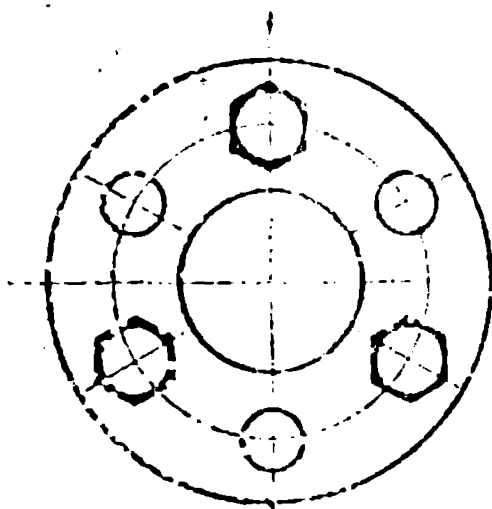


a.

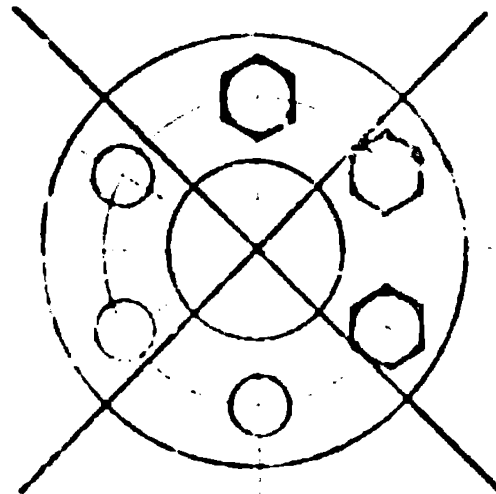


b.

Fig. 5.52 Împlicarea unui rulu de tub.
a-corect; b-greșit.



a.



b.

Fig. 5.53 Ordinea de strângere a șuruburilor la montare
a-corect; b-greșit

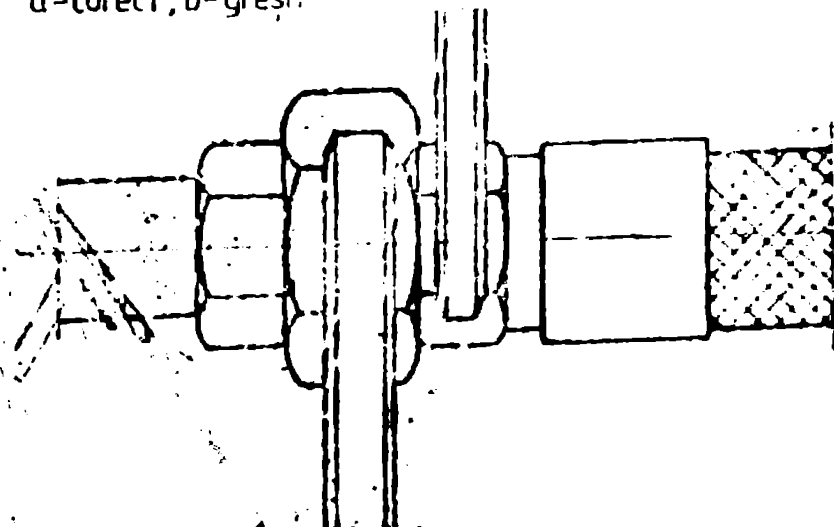


Fig. 5.54 Refacerea țevii la instalatie

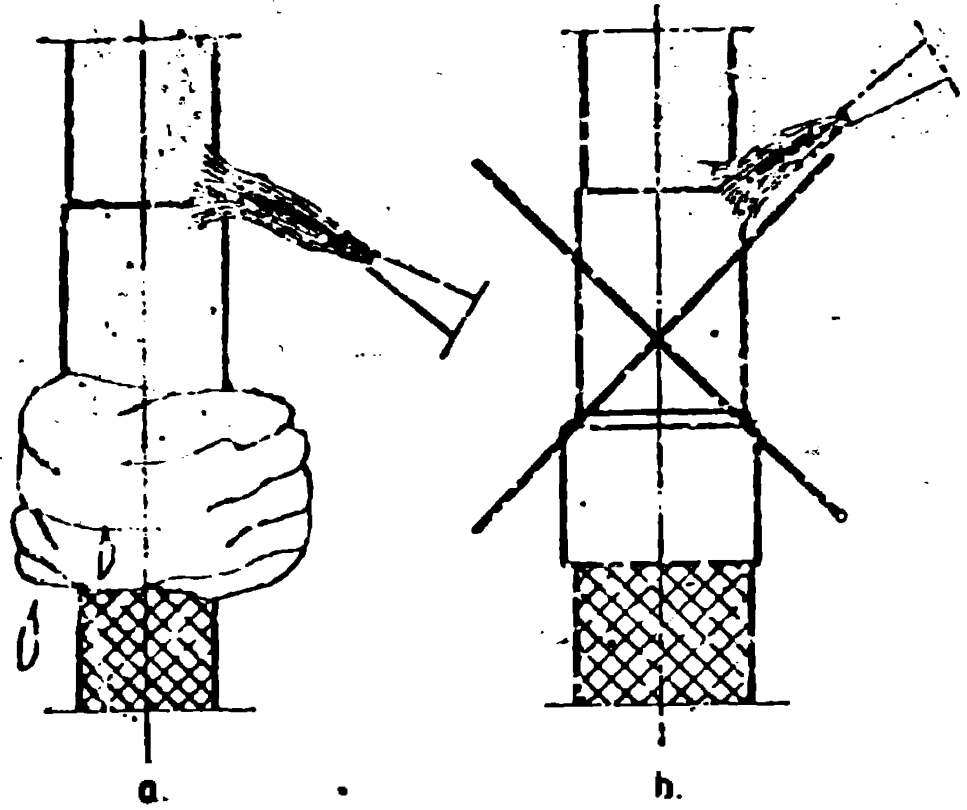


Fig.5.55 Racordarea prin lipire a tuburilor flexibile.
a-correct; b-greșit

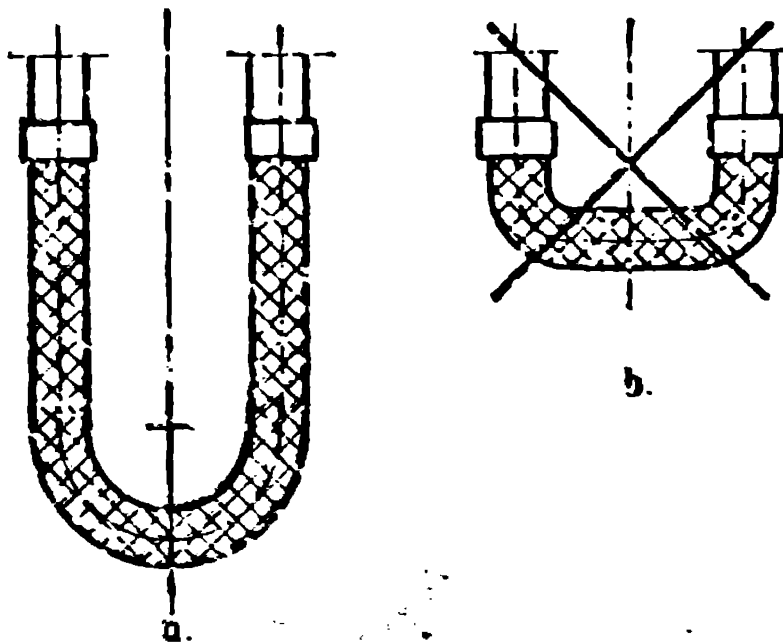
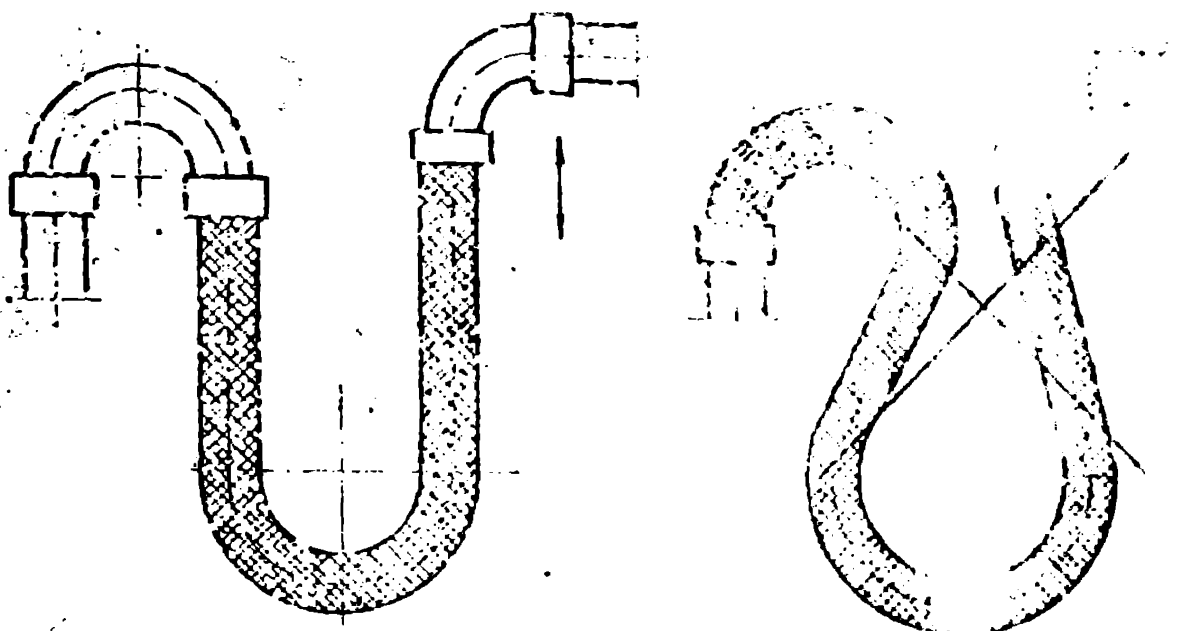
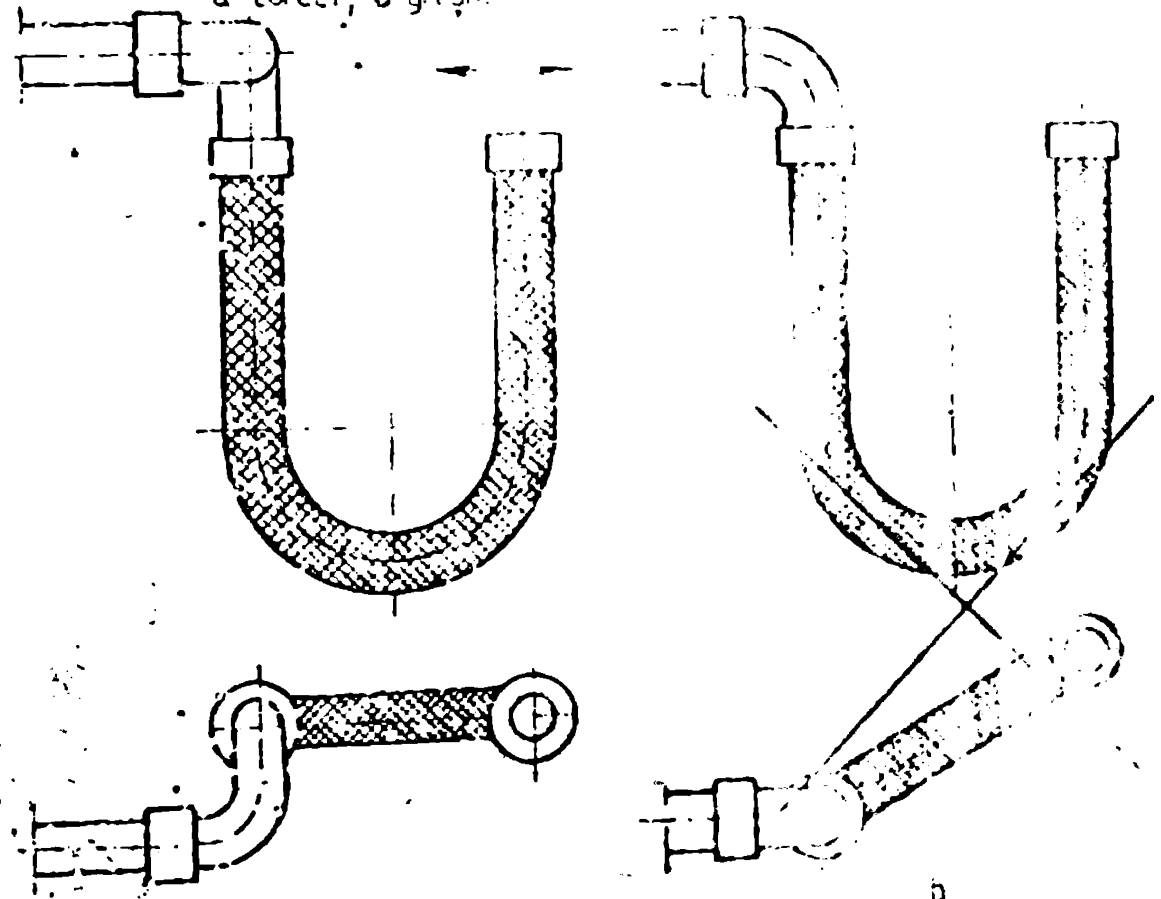


Fig.5.56 Montaj în arc de 180° cu răsuciri neutre mari.
a-correct; b-greșit.



a.

Fig. 5.57 Montaj în arc de 180° cu mișcări ascensionale
a-correct; b-greșit.



a.

b.

Fig. 5.58 Montaj în arc de 180° cu mișcări orizontale
a-correct; b-greșit.

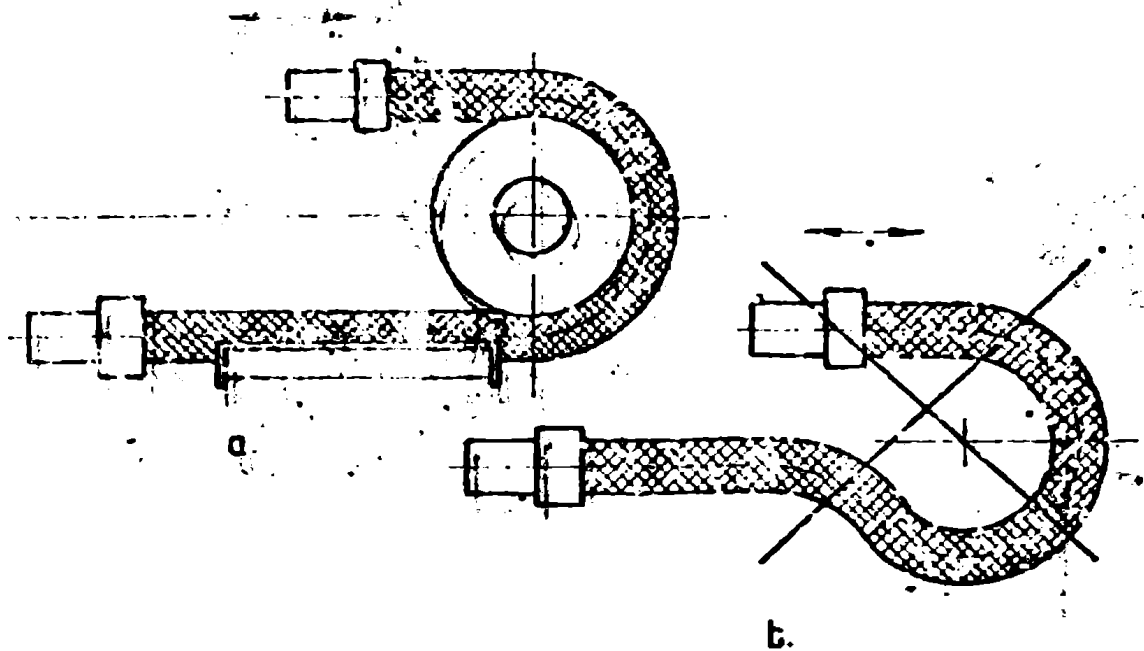


Fig. 5.57 Montaj în arc de 180° cu rolă de sprijin.
a-corect; b-greșit.

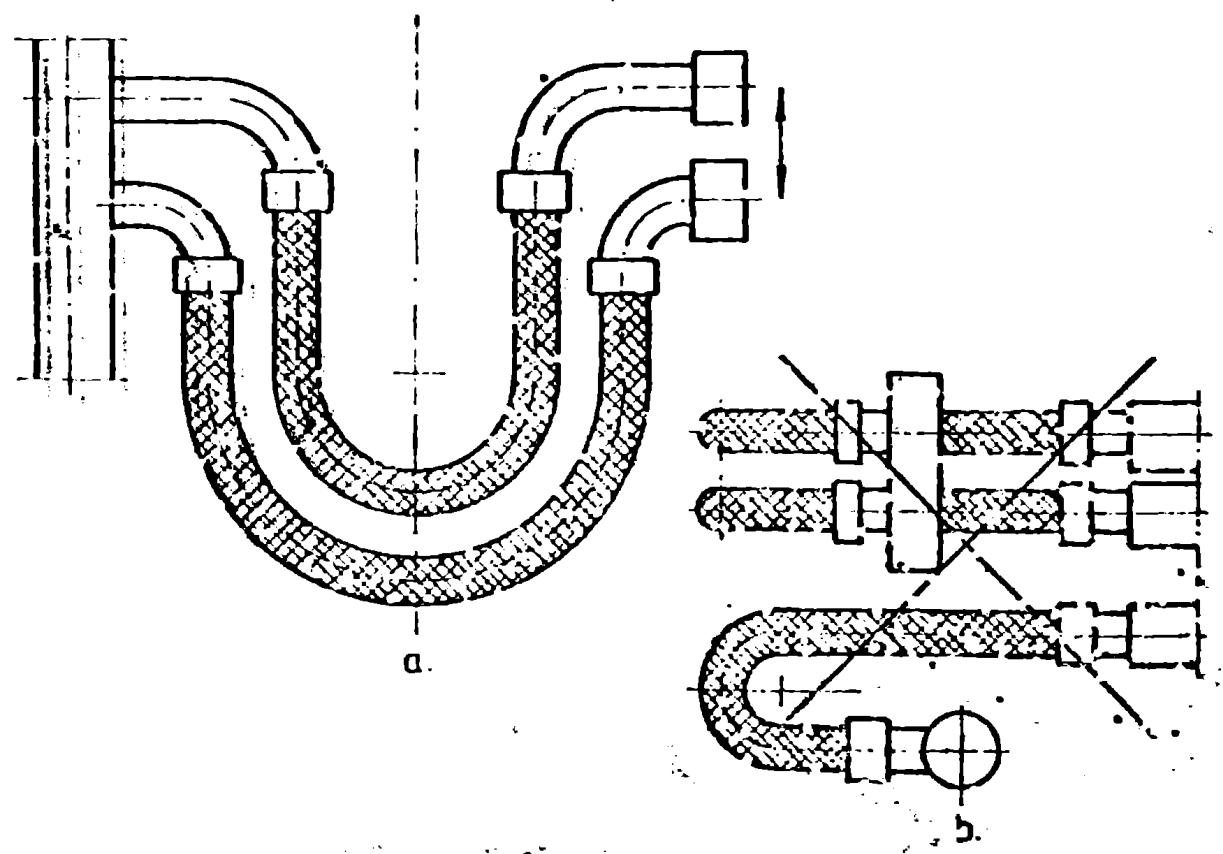


Fig. 5.60 Montaj în arc de 180° în evitarea atingerii tuburilor.
a-corect; b-greșit.

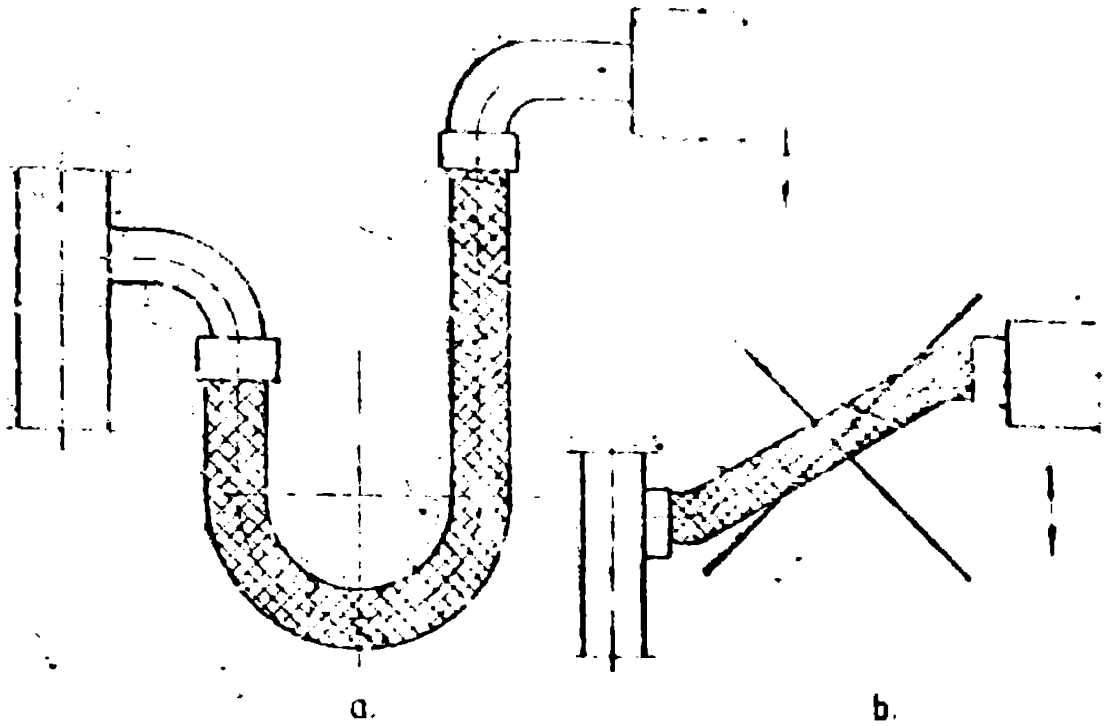


Fig. 5.61 Montaj în arc de 180° cu înșcăpi ascensionale mult
a - corect, b - greșit.

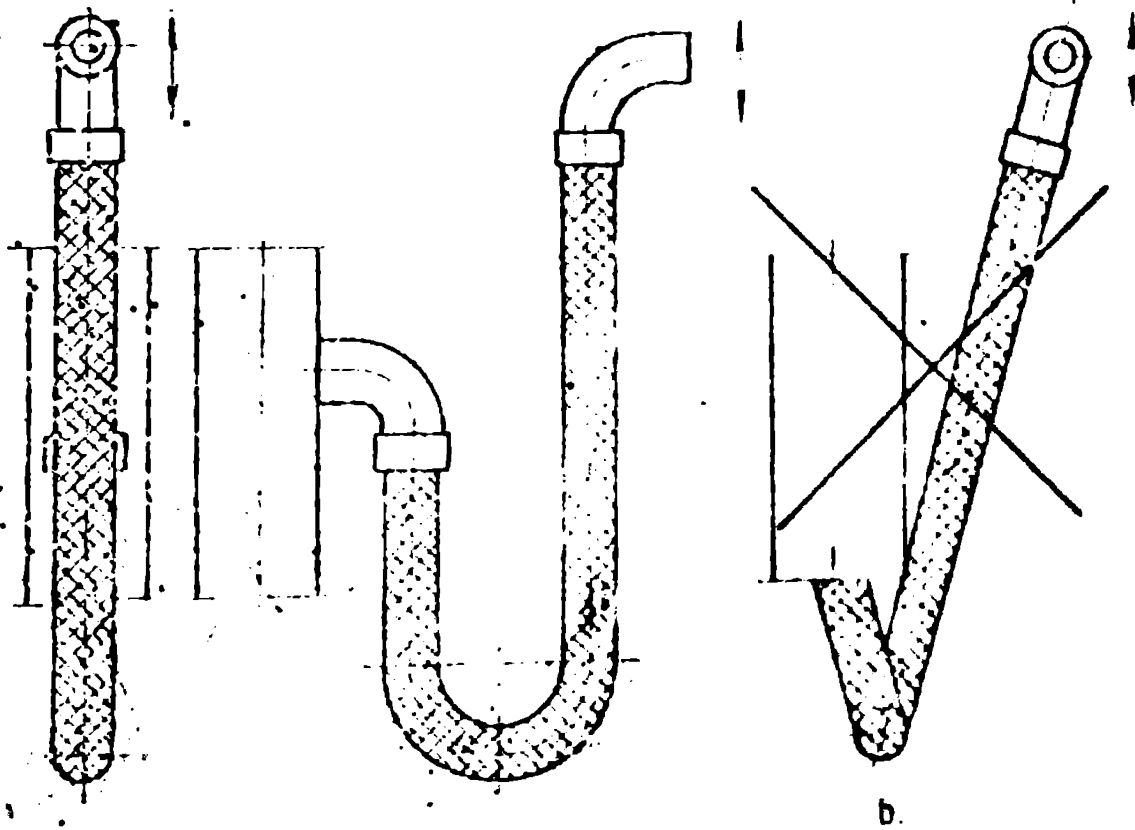


Fig. 5.62 Montaj în arc de 180° cu înșcăpi paralele
a - corect, b - greșit.

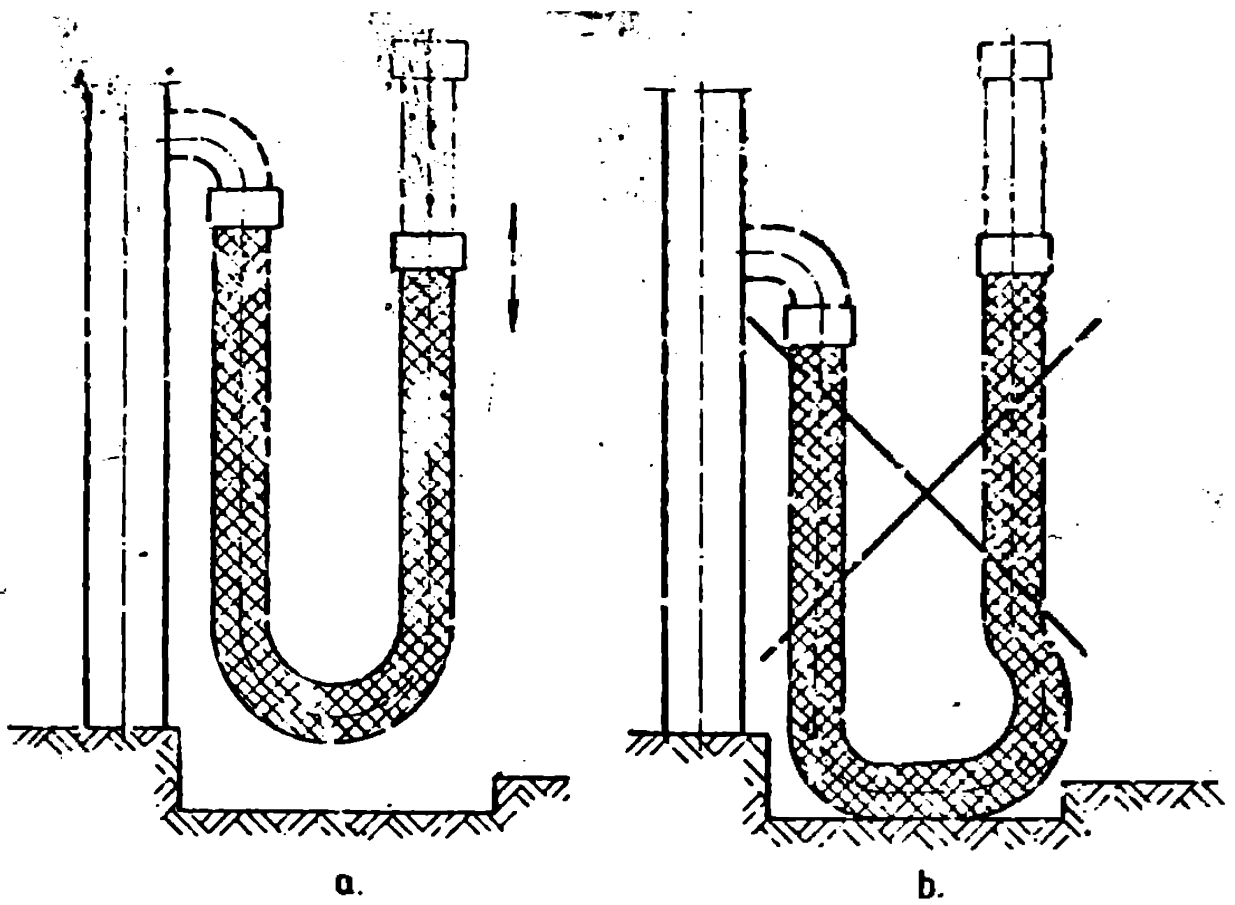


Fig.5.63 Montaj în arc de 180° care evită atingerea cu pereții.
a-corect ; b-gresit.

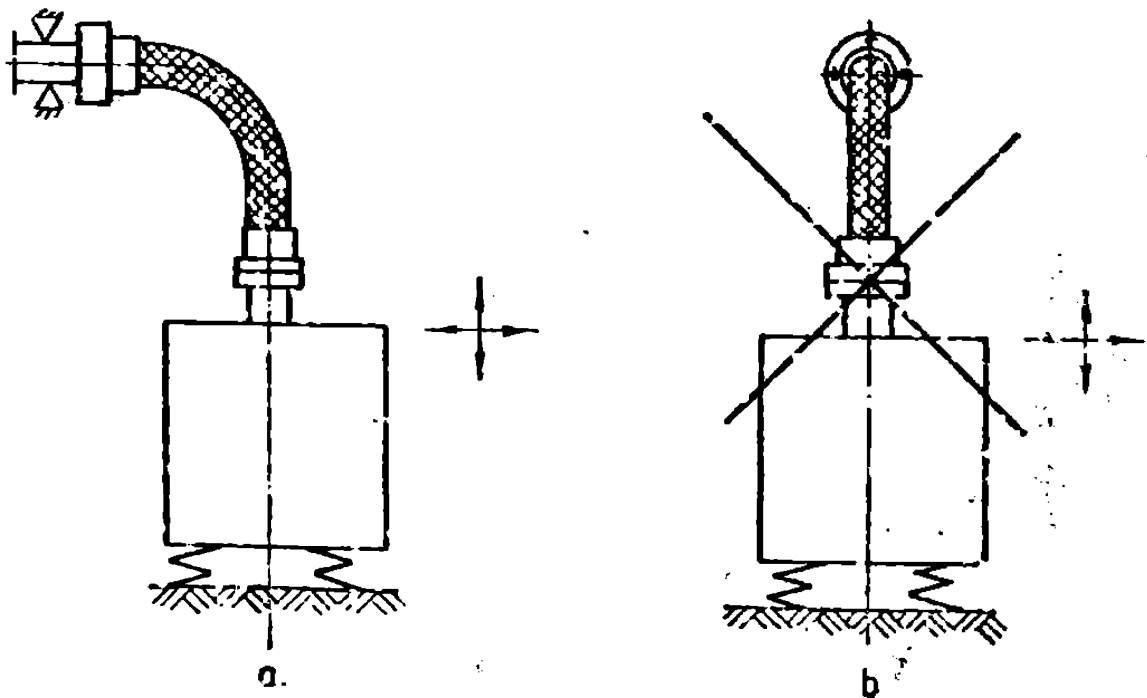


Fig.5.64 Montaj în arc de 90°
a-corect ; b-gresit.

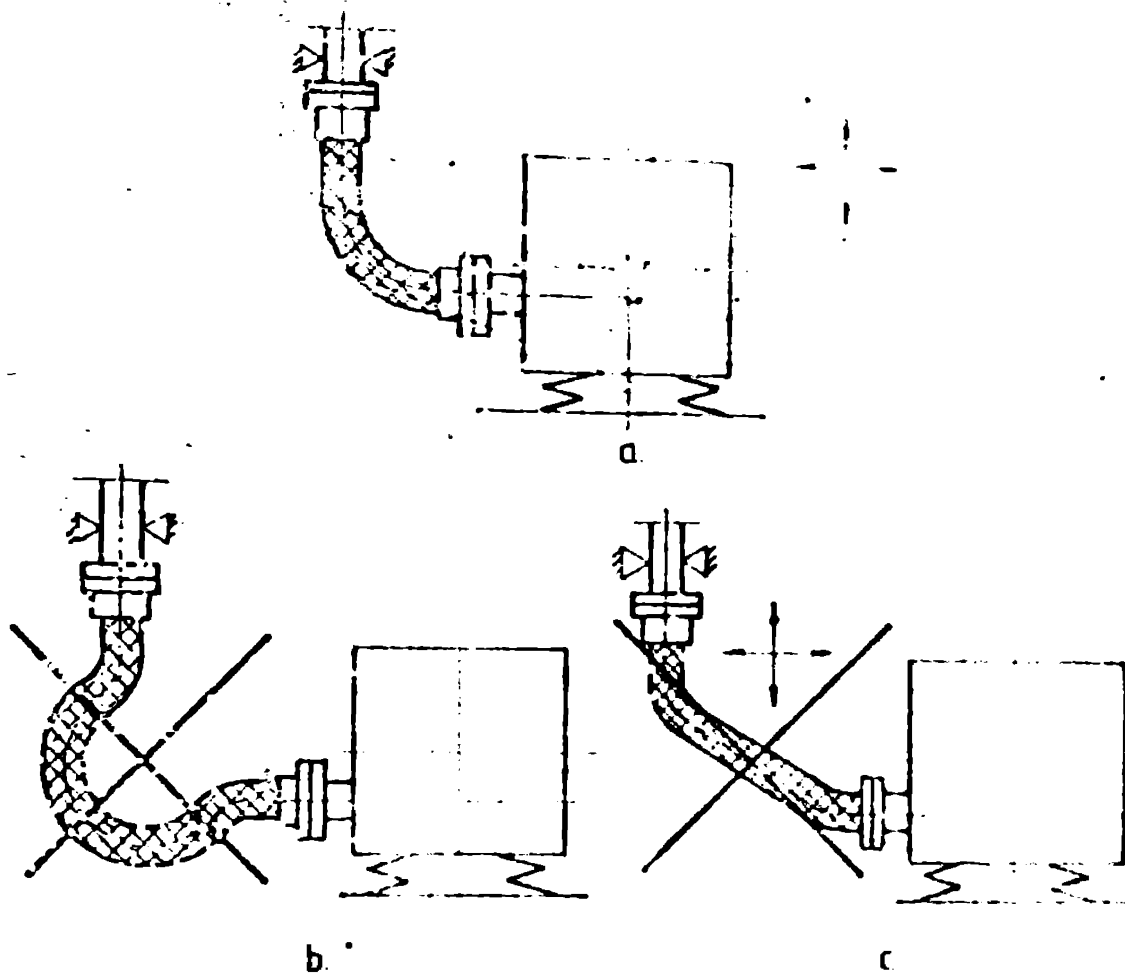


Fig. 5.65 Montaj în arc de 90° cu racord lateral articulat.
a-corect, b,c-greșit.

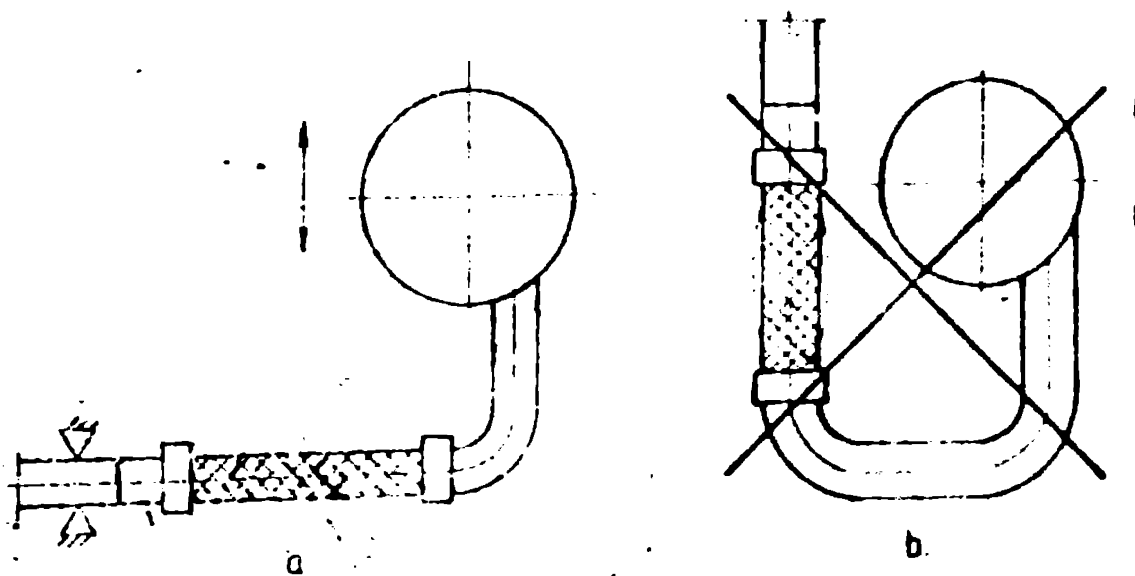


Fig. 5.66 Montaj în unghi de 90° cu un singur tub flexibil.
a-corect, b-greșit.

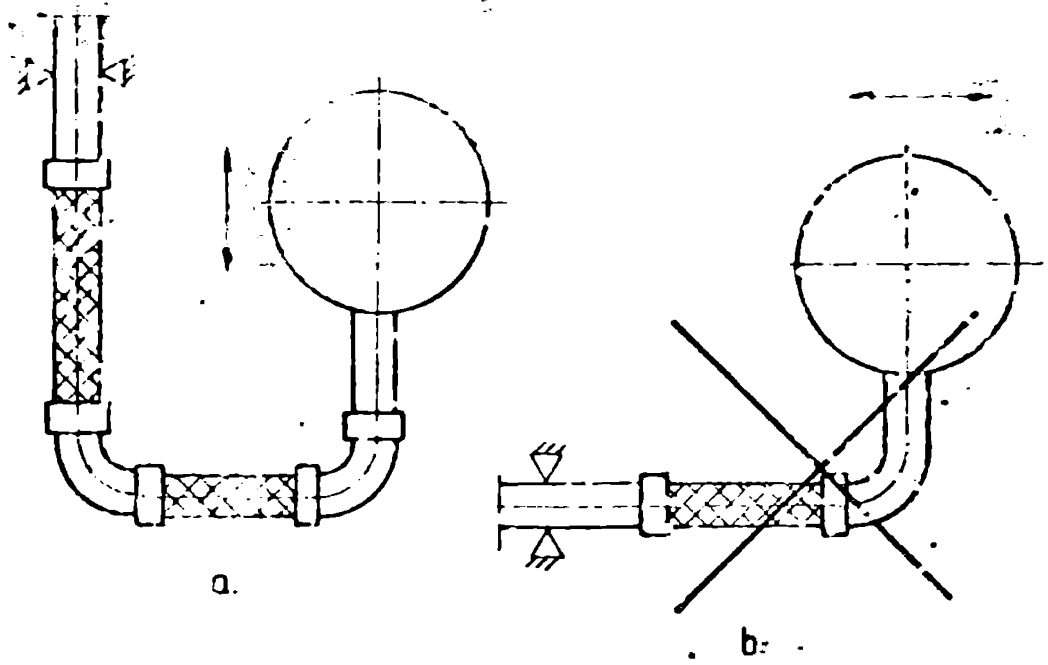


Fig. 5. 67 Montaj în unghi de 90° cu două tuburi flexibile.
a-corect; b-greșit.

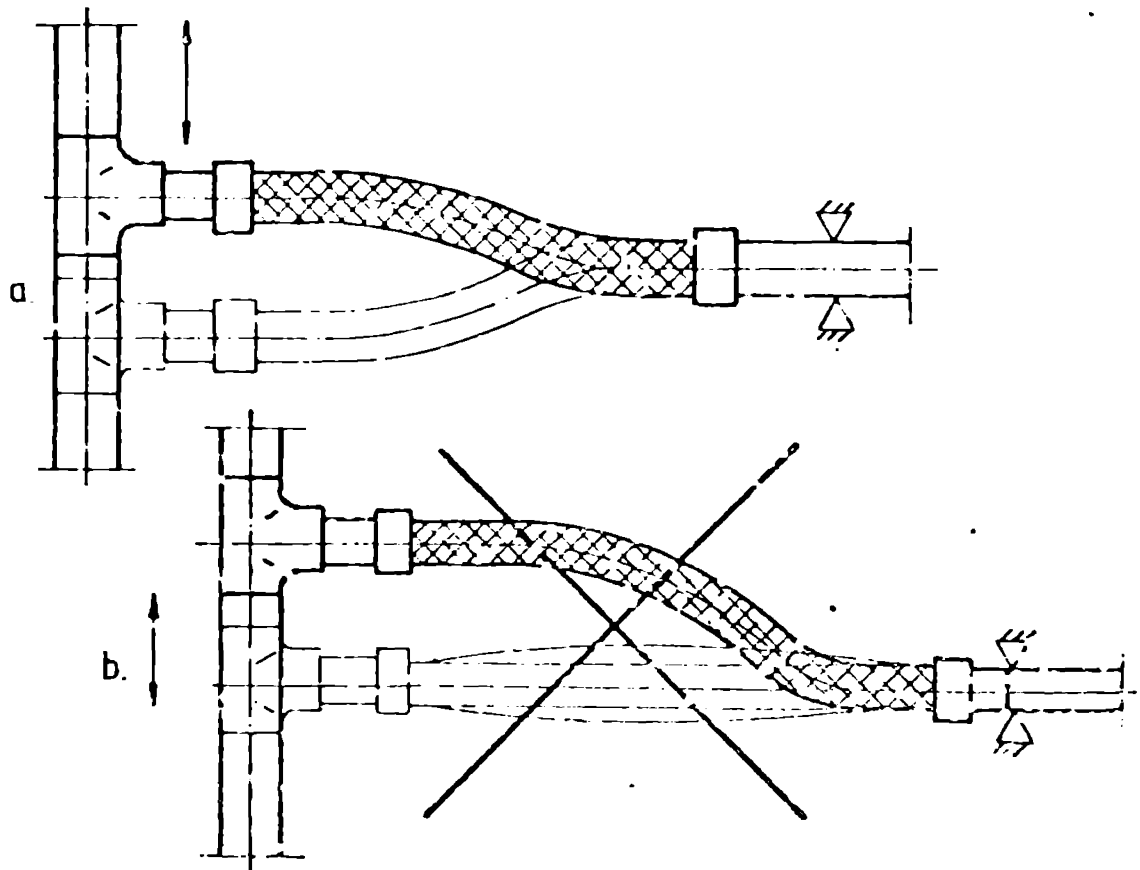


Fig. 5. 68 Montaj în unghi de 90°.
a-corect; b-greșit.

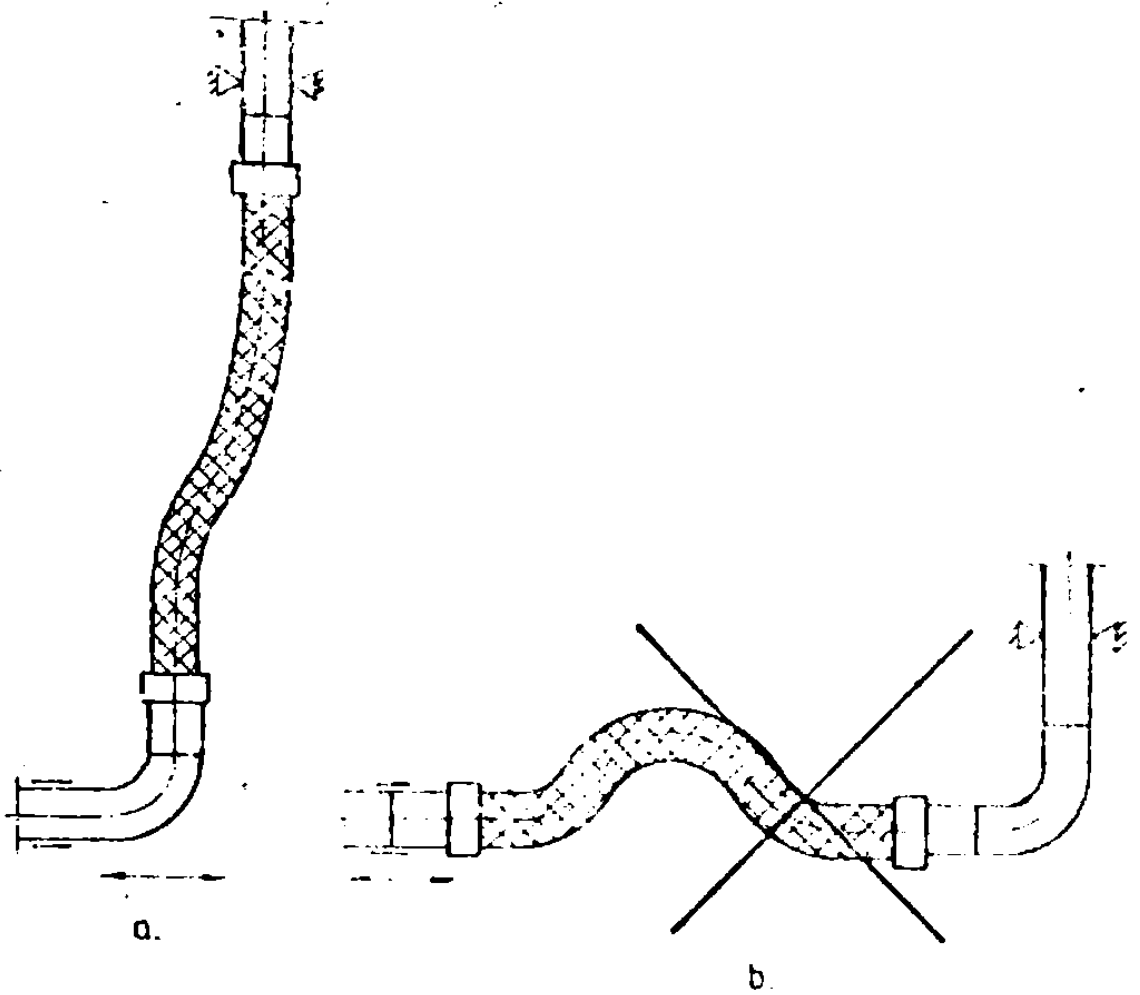


Fig. 5.69 Montaj care admite dilatări mari.
a - corect ; b - greșit.

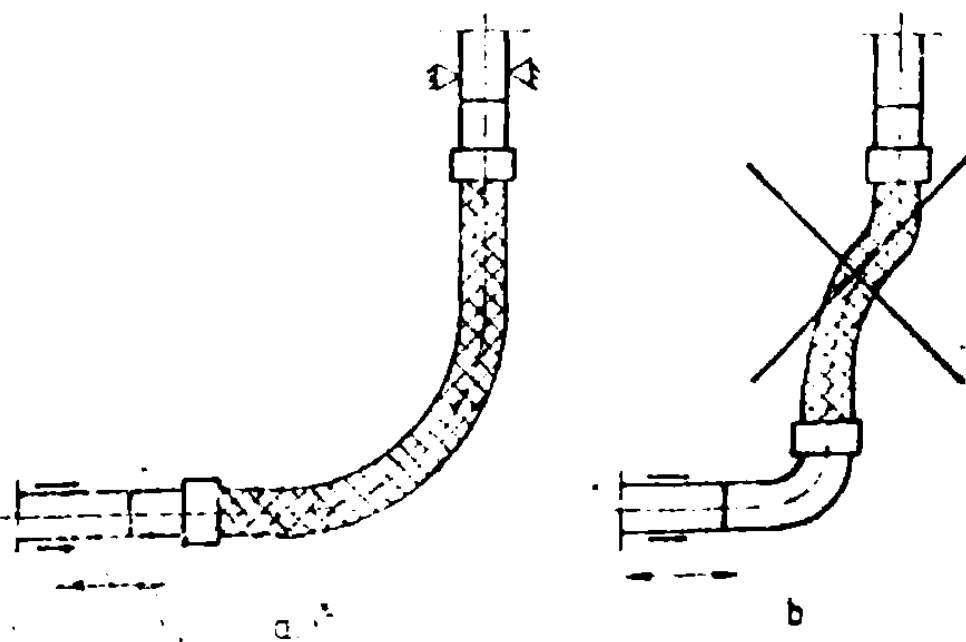


Fig. 5.70 Instalare corectă și greșită pentru dilatări mari.

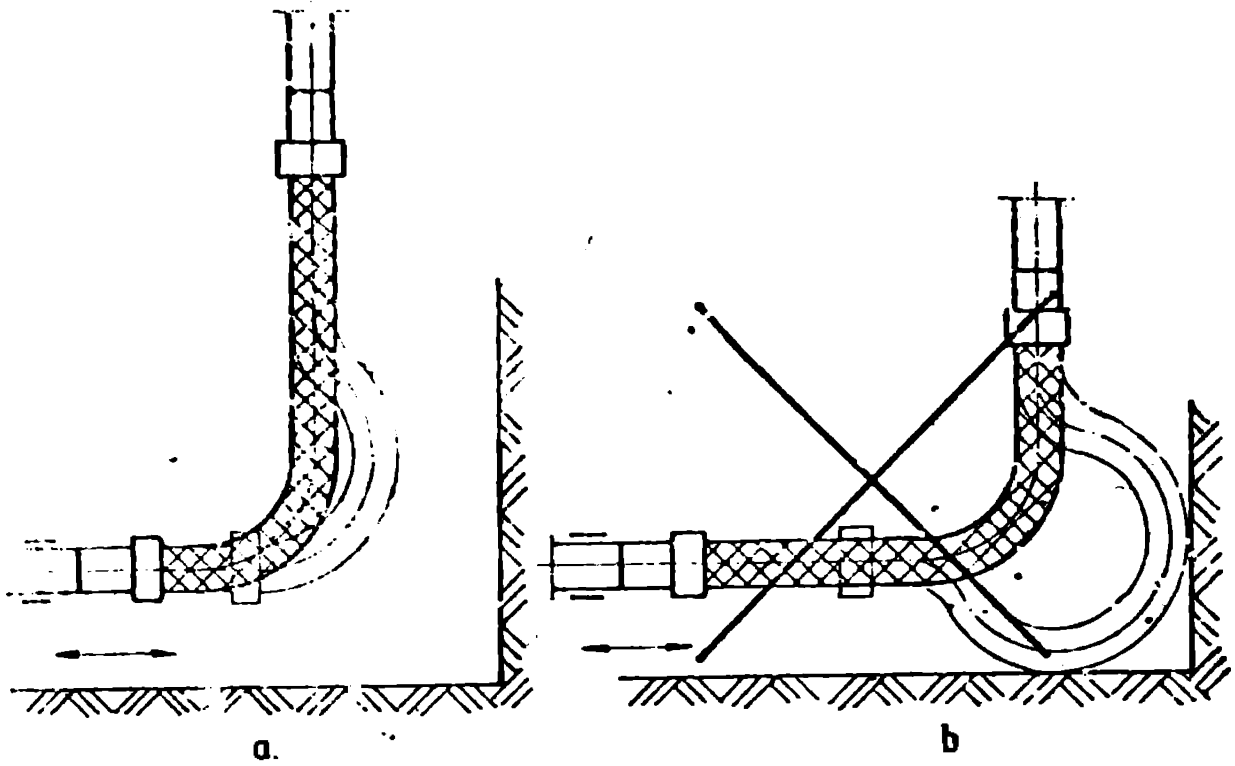


Fig. 571. Montaj în arc de 90° cu capătul orizontal mobil.
a - corect; b - gresit.

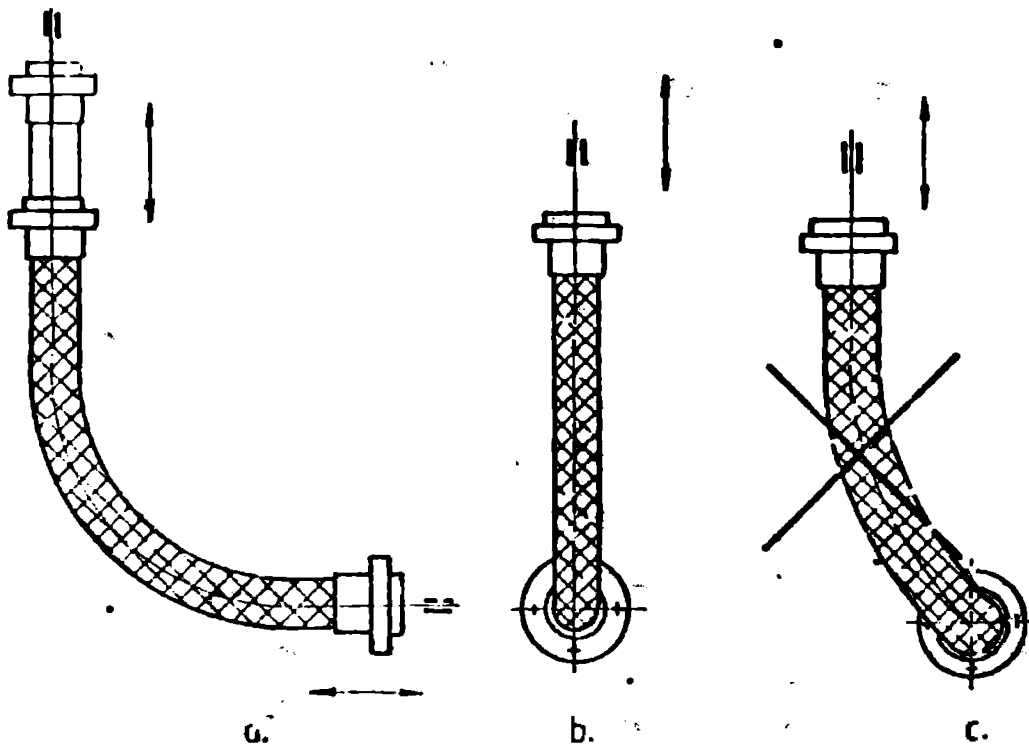


Fig. 572 Montaj în arc de 90° pentru preluarea mișcării în două direcții
a, b - corect; c - gresit.

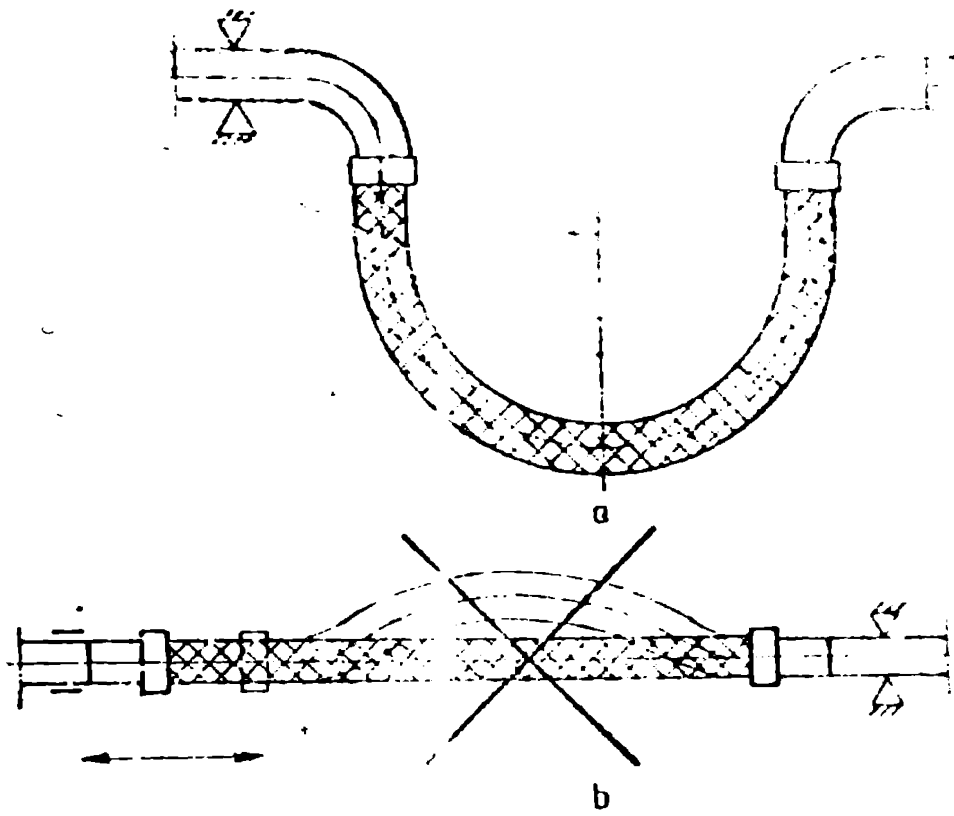


Fig.5.75 Montaj în curbă de 90° pentru preluarea dilatărilor axiale mari.
a-corect; b-greșit.

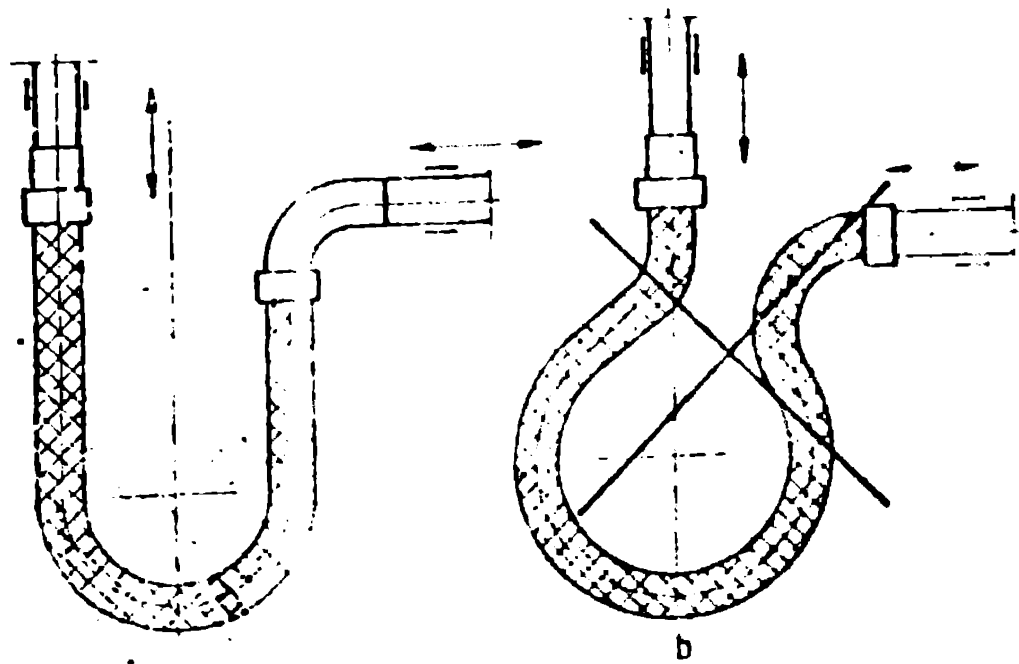


Fig.5.74 Montaj în curbă de 180° pentru preluarea dilatărilor axiale mari.
a-corect; b-greșit.

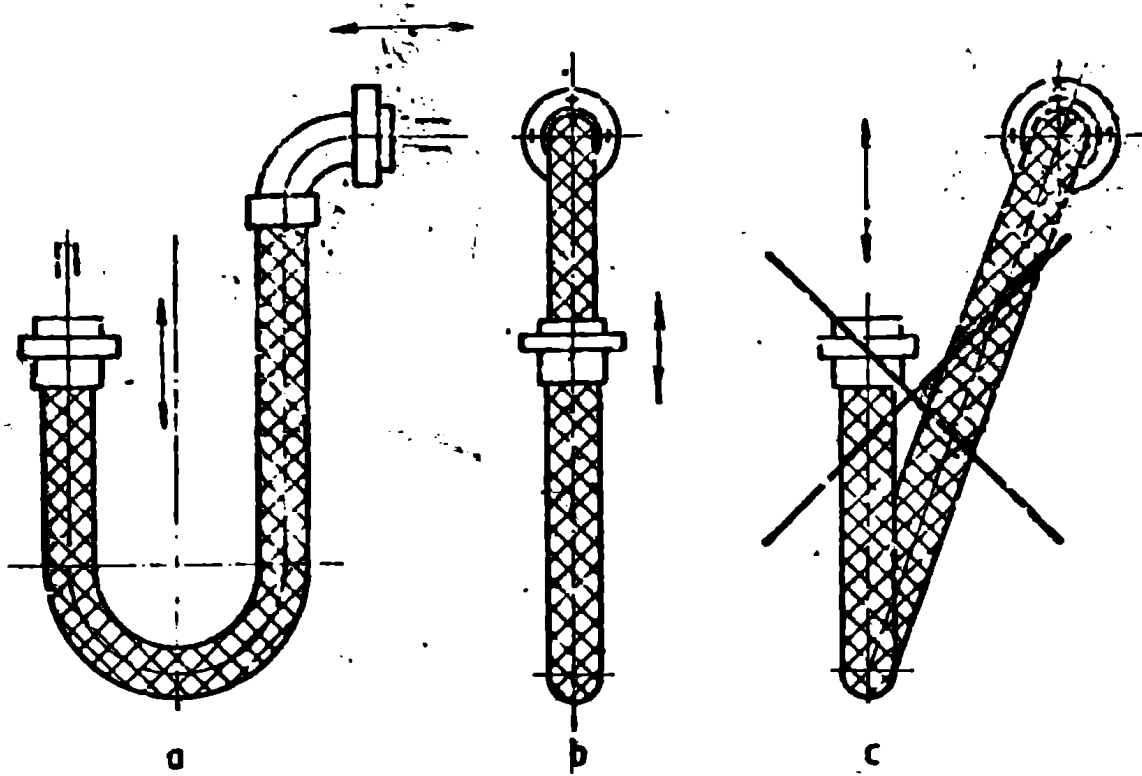


Fig. 5.75. Montaj în arc de 180° cu dilatări simultane la ambele capete.
a,b-corect; c-greșit.

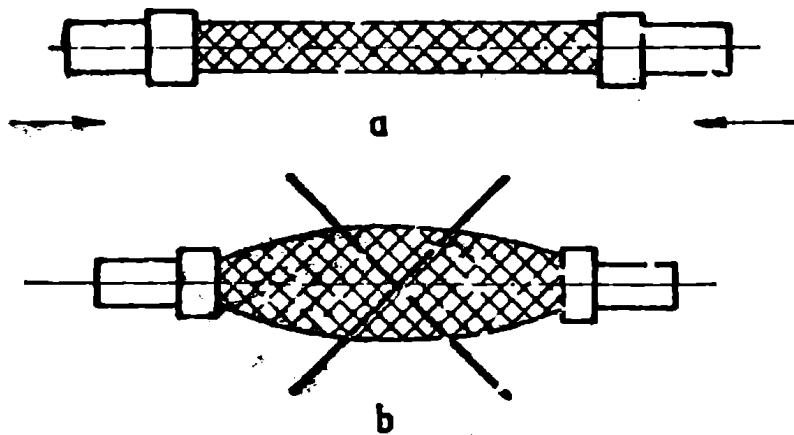
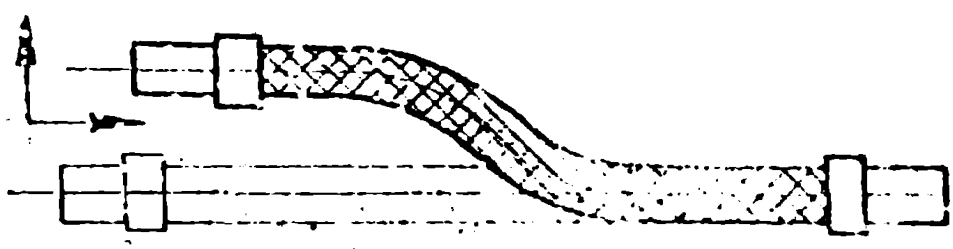
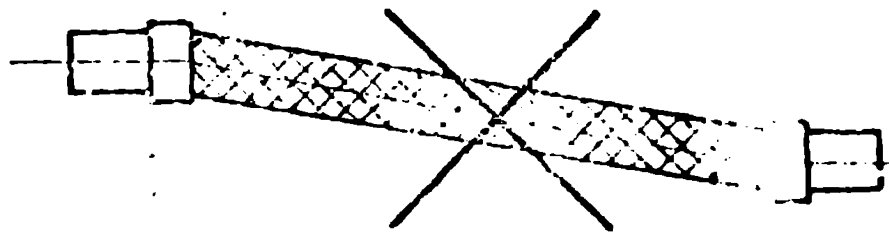


Fig. 5.76. Montaj ce nu admite înclin.
a-corect; b-greșit.

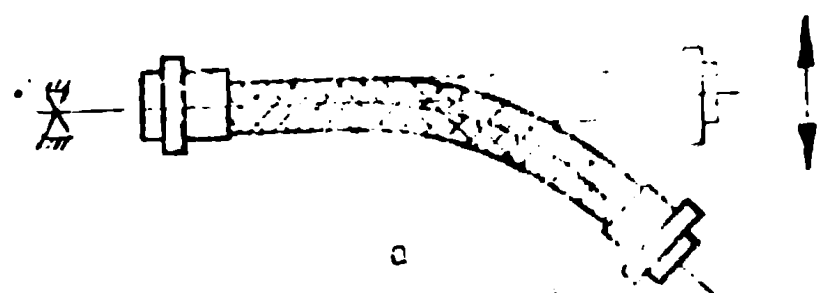


a.

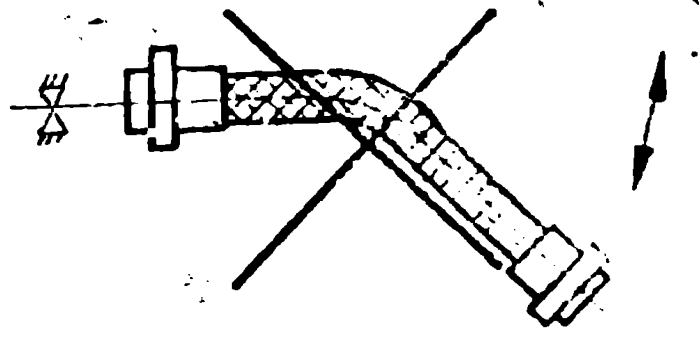


b.

Fig.5.77 Montaj cu capete neutre
a-corect ; b-gresit.



a.



b.

Fig.5.78 Montaj pentru preluarea mişcărilor
a-corect ; b-gresit.

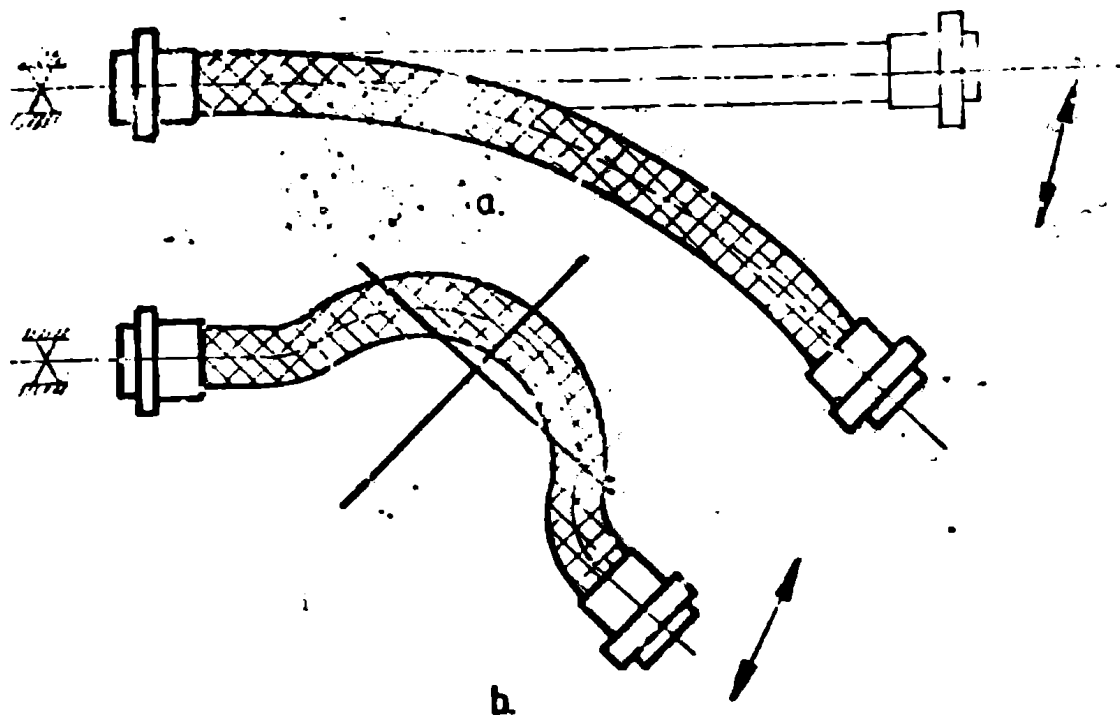


Fig.5.79 Montaj pentru preluarea mișcărilor unghiulare
a-corect; b-greșit.

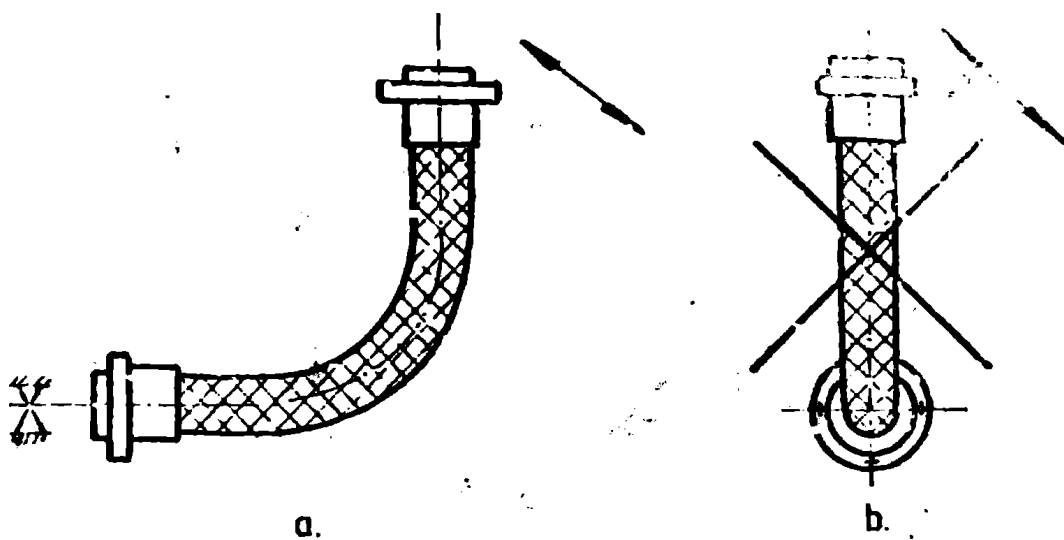
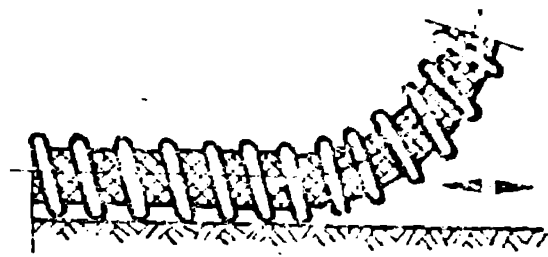
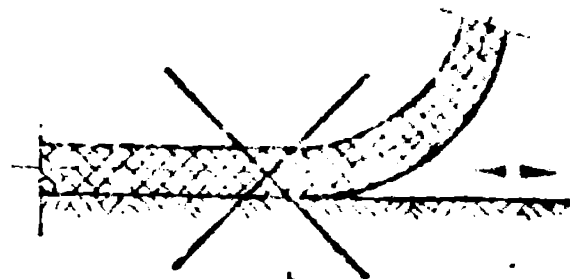


Fig.5.80 Montaj în arc de 90° pentru preluarea mișcărilor unghiulare.
a-corect; b-greșit.

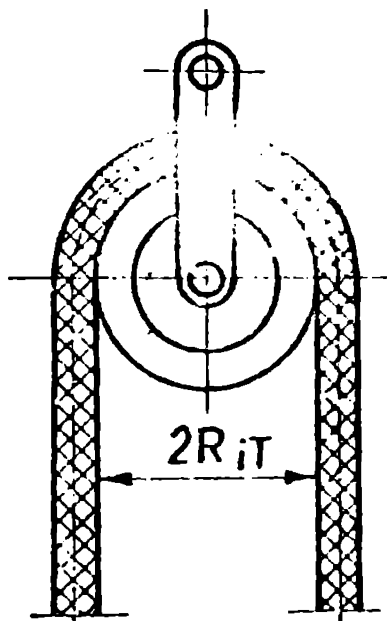


a.

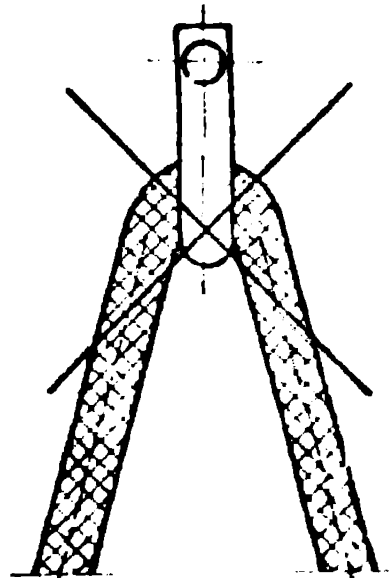


b.

Fig.5.81 Montaj în contact cu pardoseala.
a-corect ; b-greșit.

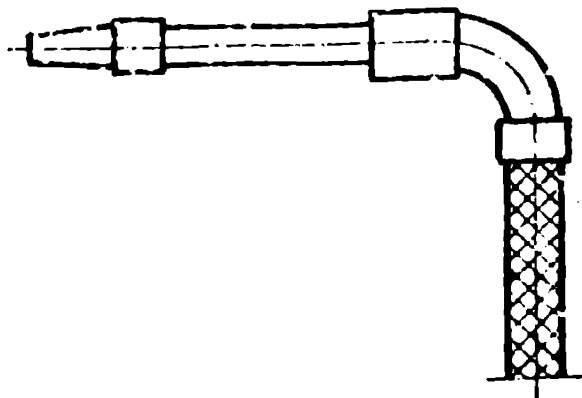


a.

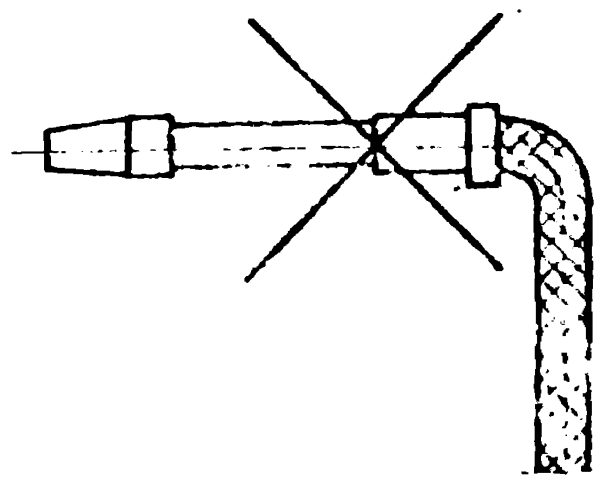


b.

Fig. 5.82 Montaj cu atinerea tubului flexibil.
a-corect ; b-greșit.



a.



b.

Fig.5.83 Montaj pentru aparatul de sudură sau tăiere cu
fiacărnă.
a-corect ; b-greșit.

6. Concluzii

În teza de doctorat s-au adus contribuții originale la clasificarea și simbolizarea tuburilor flexibile, la calculul și proiectarea variantelor de tuburi flexibile utilizate astăzi mai frecvent, la calculul și proiectarea mașinilor specializate pentru fabricarea tuburilor flexibile, la optimizarea tehnologiei de fabricație a tuburilor flexibile precum și la tehnologia de asamblare și montare a acestora.

În cele ce urmează se vor prezenta principalele contribuții originale, întâi din punct de vedere teoretic și apoi din punct de vedere aplicativ.

6.1. Contribuții teoretice

În problema clasificării, simbolizării și codificării tuburilor flexibile, clasificare, simbolizare și codificare necăzută în țara noastră sub forma prezentată în fig. 1.1 și subcapitolul 1.3, s-au folosit o serie de noțiuni și simboluri adecvate scopului urmărit.

Astfel, clasificarea din fig. 1.1 reflectă caracteristicile tehnice, constructive, funcționale și de rezistență pe traseul presiune admisă, semifabricatul din care se execută, materialul de etanșare, numărul pereților, tipul renurilor, protecția exterioară, forma de livrare și temperaturile la care pot funcționa tuburile flexibile.

Pentru ca tuburile flexibile să fie univoc determinate și în scopul introducerii unui limbaj comun între fabricant și cei care utilizează tuburile, s-au introdus simbolurile generale: SP pentru tuburile din benzi cu spire sub formă de patrulater, SR pentru tuburile din benzi cu spire din mai multe renuri, SBA pentru tuburile din benzi cu spirale sub formă de semiagrafă, FD pentru tuburile din benzi cu pereți dubli, FP pentru tuburile din benzi cu secțiune poligonală, O pentru tuburile din țevi, SSP pentru tuburile din sime, RA pentru tuburile cu rezonanță ce conduc apa de răcire la sculele de aşchiere ale mașinilor unelte și FH pentru tuburile cu rezonanță ce susțin lămpi sau microfoane.

Acste simbolizări generale s-au completat după cum urmează:

- SP cu tipul patrulaterului (D, P, P_1, T), materialul de etanșare (A, M, C, C_1, P), numărul straturilor de împletitură ($1, 2$), diametrul nominal și lungimea nominală;
- SR cu numărul renurilor unei spire ($2, 4, 5$) forma interiorului (H, FV).

- materialul de etanșare (A,B,C,C₁,P), numărul straturilor de protecție la exterior (1,2,3), diametrul nominal și lungimea nominală;
- USA cu forma semiografei (D,R), materialul de etanșare (A,B,C,C₁,P), numărul straturilor de protecție la exterior (1,2,3), diametrul nominal și lungimea nominală;
 - FD cu tipul tabului exterior (SP,SR,SSA), materialul de etanșare, tipul tabului interior (BL,EP,SR,SSA), numărul straturilor de protecție la exterior, diametrul nominal, lungimea nominală;
 - FP cu tipul tabului din care se obține (EP,SR,SSA), materialul de etanșare, numărul straturilor de protecție la exterior, diametrul nominal, lungimea nominală;
 - O cu tipul ondulațiilor și al țevii membrană termostatică MT, numărul de tuburi concentrice (1,2,3), numărul straturilor din sîrmă la exterior diametrul nominal, lungimea nominală;
 - SSP cu forma secțiunii spirei (R,P), pereți dubli P, forma secțiunii peretelui interior (SC,R) și exterior P₂;
 - RA cu mărimea (1 - 6), diametrul de trecere - nominal, lungimea nominală;
 - FR cu mărimea, diametrul exterior și lungimea nominală.

Cu simbolurile utilizate s-a făcut pentru prima dată în țară codificarea tuburilor flexibile și determinarea lor univocă care permite recunoașterea lor inclusiv de către calculater și utilizarea lui în scopul calculului de dimensionare optimă și a calculului de alegere al tuburilor flexibile.

Simbolizarea introdusă prin textă este comparată și echivalată în tabelul 1.39 cu câteva simbolizări străine reprezentative.

La calculul de proiectare al tuburilor metalice flexibile s-au introdus prin textă noțiuni și indicații de specialitate între care unele inexistente sub forma prezentată în subcapitolul 2.1. Calculul de proiectare al tuburilor flexibile prezintă particularități pentru fiecare tip de tub.

Avînd la bază calculul existent în literatura de specialitate prezentat în subcapitolul 2.2 textă face o analiză sintetică, sistematizează etapele calculului și emite pentru prima dată un model matematic generalizat, care se prezintă în subcapitolul 2.3 și care a fost implementat în limbaj FORTRAN pe un calculator CORAL 4030. Pentru utilizarea calculatorului în scopul calculului de proiectare al tuburilor flexibile s-au elaborat: schema logică a programului principal de calcul prezentată în fig. 2.30, subrutinele pentru calculul mărimilor geometrice, fizice și subrutina de tipărire, care se

prezintă în fig. 2.31 - 2.33. S-au dat trei exemple de calcul de proiectare utilizând modelul generalizat și calculatorul care, se prezintă în tabelele 2.3 - 2.5.

Pentru compararea calculului de proiectare executat și optimizat de calculator cu rezultatele practice obținute până în prezent la proiectarea tuburilor flexibile în țară și în străinătate se pot consulta tabelele 1.1, 1.25 și 1.26.

La proiectarea mașinilor specializate utilizate la fabricarea tuburilor flexibile s-au stabilit pentru prima dată particularitățile constructive și cinematice ale acestor mașini sub forma prezentată în subcapitolele 3.1 și 3.2. În urma cercetărilor și experimentărilor realizate pe parcursul a peste cincizeci ani s-au stabilit pentru prima dată dimensiunile profilului spirei și s-a ridicat curba ce exprimă dependența dintre raza de curbură și diametrul nominal prezentate în subcapitolele 3.3 și 3.4 pentru întreaga gamă de tuburi flexibile asimilate în țară.

S-a emis, pentru prima dată, o metodă originală de calcul a mașinilor specializate de fabricat tuburi flexibile, sub forma prezentată în subcapitolul 3.5. Pentru aceasta s-au introdus și determinat tipuri de calibre, productivități limită, diametre limită pentru roțile de deformare, raporturi limită între viteza benzii și viteza periferică a cornului de înfășurare, mărimile b , comportarea la deformare a profilului la trecerea prin ghidajul curb și considerații asupra acestor deformări. Se propun o serie de scheme, originale, de acționare în curent continuu a mașinilor de fabricat tuburi flexibile ca în subcapitolul 3.6.

În problema tehnologiei de fabricație a tuburilor flexibile conform capitolului 4, s-au stabilit tehnologiile pentru toate tipurile de tuburi flexibile asimilate între care se disting ca originale cele utilizate la fabricarea tuburilor RA, FH și OC. Tehnologia și instalația utilizată la fabricarea tuburilor OC prezentată în subcapitolul 4.4 constituie o noutate absolută pentru care s-a cerut protecție.

Asimilarea acestei tehnologii s-a făcut la I.O.P. pe plan tehnic în anii 1983 - 1984 și a fost omologată cu rezultate foarte bune.

În problema calculului de asamblare și montare al tuburilor flexibile pe baza documentației existente în catalogele firmelor producătoare s-a introdus o metodă sistematizată, pentru prima dată, care se prezintă în capitolul 5. Aceasta permite realizarea unui model generalizat de calcul în alegerea tipului de tub, calculul la temperatură pentru diverse montaje și calculul pierderilor de presiune. S-au

prezentat cele mai uzuale tipuri de montaje pentru care s-au stabilit indicații de exploatare.

Intreaga cercetare realizată de-a lungul a peste cinci-șasezeci ani de activitate în domeniul fabricației tuburilor flexibile este prezentată în lucrarea intitulată "Tuburi metalice flexibile. Fabricare, utilizare și exploatare" care se află sub corectură la Editura Tehnică așa cum rezultă din contractul nr. 10.153/12.06.1985.

6.2. Contribuții aplicative

În urma cercetărilor efectuate în domeniul tuburilor flexibile, în cea mai mare parte, proprii, s-au asimilat și introdus în fabricație șase tipuri de tuburi flexibile - SPD, SPD-A(B,C), PD, PP, RA și OC. Pentru acestea s-a întocmit întreaga documentație tehnică necesară începând cu proiectarea tuburilor, proiectarea mașinilor specializate de fabricat tuburi, a SDV-urilor, elaborarea normelor de fabricație, a documentațiilor de preț și terminând cu liniile tehnologice de fabricație. În atelierul de tuburi flexibile din Oțelu Roșu, organizat pe linii tehnologice după proiect propriu, se fabrică anual 108 tipodimensiuni de tuburi flexibile în cantitate de peste 1.000.000 ml și cu o valoare de peste 18.000 mii lei. S-au proiectat peste 250 buc. SDV-uri între care 12 sînt calibre.

În vederea asimilării în fabricație a tuburilor OC s-au proiectat și executat toate SDV-urile pentru tubul cu $D_g = 18$ mm și s-au efectuat încercările necesare omologării tehnologice.

În urma cercetărilor și asimilărilor făcute în ultimii ani este posibilă dezvoltarea activității de fabricare a tuburilor flexibile în țară pentru toate tipurile cunoscute.

În acest sens împreună cu I.G.C.M. București și M.I.C.M. D.Tehnică în cursul anului 1985 s-a efectuat o anchetă de necesar prin care să se stabilească oportunitatea realizării în țară a unei unități industriale pentru fabricarea tuburilor metalice flexibile și arborilor flexibili.

La solicitarea Consiliului de Coordonare a Profilării, Specializării și Cooperării în Industria Construcțiilor de Mașini și Industria Metalurgică, s-a întocmit împreună cu I.P.R.O.L.A.M. București lucrarea T 7/1985. Din studiu rezultă că este necesară și oportună realizarea dezvoltării în R.S.R. a fabricației de tuburi și arbori flexibili cu o producție anuală de cea 700.000 mii lei care să asigure nevoile economiei naționale și chiar să ofere la export.

6.3. Eficiența economică a lucrării

Prin asimilarea în țară a celor șase tipuri de tuburi flexibile s-a eliminat complet importul pentru aceste produse, s-a eliminat importul de tehnologie și mașini și s-a asigurat exportul indirect a unei cantități însemnate de tuburi flexibile.

Valoarea economiilor valutare realizate pe seama fabricării în țară a tuburilor asimilate reprezintă echivalentul în valută a peste 18.000 mii lei.

Realizarea în țară a unei unități economice pentru fabricarea tuburilor și arborilor flexibili conform studiului T 9/1985 asigură o economie valutară de peste 20.000 mii dolari pe an.

Dacă se au în vedere și posibilitățile de export ale tuburilor și arborilor flexibili în proporție de cea 30% eficiența economică va crește în această proporție.

BIBLIOGRAFIE

1. Boboș, I. și Maxim, J. Tuburi și arbori flexibili. Citura tehnică, București, 1966.
2. Rodina, ... Tuburi flexibile. Contribuții la asimilarea lor în țară. Metalurgia, 10/1971.
3. Poulsen, S.C. The production of convoluted thin-wall tubes. London 97, nr. 24/1960.
4. Sahr, H. T. Metal hose Prod. Ingang U. S. A. 1957.
5. xxxMetallschlauche zum Durchleiten verschiedener Mittel. Power Ingang nr. 6/1958.
6. Dieter, W. și Rechart, Rohr - und Schlauchleitungen Verbindungs - und Zube - horteiler für olhydraulische Leitung - systeme. Oleo - hydraulik und Pneumatik nr. 2, 3, 4/1956.
7. xxxArmourtube reduce the cost of installing instrumentation. Power Ingang 62, nr. 6/1958.
8. xxxProspecte și cataloage Hydra 1960.
9. xxxMetallschlauche - Hydra - Taschen buch. Forzheim, 1960/1961.
10. xxxHydra - Korrosionsarten und Beständigkeitstabellen. Forzheim, 1960.
11. xxxHydra - Flexible metal piping for shipbuilding and on - board service. Forzheim 1960.
12. xxxHydra Ausdehnungskompensatoren und Metallschlauche. Forzheim 1960.
13. Băilă, C. V. Mașini electrice vol. I, II București, Institutul Politehnic 1972 (litografiat).
14. Băilă, C. V. Proiectarea mașinilor electrice. București, Citura tehnică, 1970.
15. Boțan, N. V. Comanda sistemelor de acționare electrică. București, Citura tehnică, 1977.
16. Cimpeanu, A. Mașini electrice. Craiova, Zoritul Românesc, 1978.
17. Boțan, N. V. Alegerea motoarelor electrice pentru acționarea mecanismelor și mașinilor industriale. București, Citura tehnică 1972.
18. Dordea, T. Mașini electrice. București, Citura didactică și pedagogică, 1970.
19. Frașovan, M., Brăciu, T. și Bogoevici, M. Acționări electrice. Aplicații industriale. București, Citura tehnică, 1977.
20. Francuș, Al., Măgureanu, R., Cimpeanu, A., Condruș, I. și Tocșei, I.

- Maşini şi sisteme de acţionări electrice. Probleme fundamentale. Bucureşti, Editura tehnică, 1976.
21. Fransua, Al., Saal, C. şi Topa, I. Acţionări electrice. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1975.
22. Gheorghiu, I. S. şi Fransua, Al. Tratat de maşini electrice vol. I, II, III, IV. Bucureşti, Editura Academiei R. S. R., 1968 - 1972.
23. Gheghes, I. T., Dorin, A. şi Pană, C. Instalaţii electrice şi electronice ale maşinilor unelte. Bucureşti, Institutul Politehnic, 1977.
24. Braşovean, M. Acţionări electromagnetice. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1967.
25. Saal, C. şi Topa, I. Acţionări electromecanice. Comanda automată. Acţionări reglabile. Braşov, Universitate, 1971.
26. Niţu, C., Matloş, I. şi Ferţilă, C. Echipamente electrice şi electronice de automatizare. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1980.
27. Sprinceană, N. Automatizări industriale discrete. Bucureşti, Institutul Politehnic, 1979.
28. Saal, C., Topa, I., Fransua, Al. şi Micu, M. Acţionări electrice şi automatizări. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1980.
29. Boţan, N. V. Bazele calculului acţionărilor electrice. Bucureşti, Editura tehnică, 1970.
30. Boţan, N. V. Reglarea vitezei sistemelor de acţionare electrică. Bucureşti, Editura tehnică, 1974.
31. Kelemen, A. Acţionări electrice. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1976.
32. xxx Prospekte şi cataloage I. P. A. Bucureşti.
33. Comănescu, A. şi alţii. Mecanică. Rezistenţa materialelor şi organe de maşini. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1982.
34. Receton, D. N. Organe de maşini. Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
35. Mladinescu, T., Rizeanu, E. şi Weimberg, J. Organe de maşini şi mecanisme. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1972.
36. Pavătescu, D. Conceptii noi, calcule şi aplicaţii în frecarea şi uzura solidelor deformabile. Bucureşti, Editura Academiei R. S. R., 1971.
37. Poşa, N. Rezistenţa materialelor. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1979.
38. Rădoi, M. şi Deciu, B. Mecanică. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1977.
39. Tudose, I. Rezistenţa materialelor. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1976.
40. Buzdugan, Gh. Rezistenţa materialelor. Bucureşti, Editura tehnică, (ediţie revizuită), 1980.

41. Buzdugan, Gh. Calculul de rezistență la solicitări variabile. București, Editura tehnică, 1963.
42. Cioclov, D. Rezistență și fiabilitate la solicitări variabile. Timișoara, Editura Facla, 1973.
43. Cioclov, D. Mecanica ruperii materialelor. București, Editura Academiei R.S.R., 1977.
44. Mocanu, D.R. Rezistența materialelor. București, Editura tehnică, 1980.
45. Deutsch, I. Rezistența materialelor, București, Editura didactică și pedagogică, 1976.
46. Neodossiev, V. Rezistence des matériaux. Moscova, Edition Mir, 1976.
47. Nănu, A. Tehnologia materialelor. București, Editura didactică și pedagogică, 1977.
48. Nănu, A. Incercarea materialelor electrotehnice. București, Editura tehnică, 1960.
49. Tache, V. și Drăgan, I. Dispozitive pentru mașini-unelte. Proiectarea schemelor de orientare și fixare a semifabricatelor. București, Editura tehnică, 1980.
50. Tache, V. și alții. Elemente de proiectare a dispozitivelor pentru mașini unelte. București, Editura tehnică, 1985.
51. Tache, V. și alții. Construcția și exploatarea dispozitivelor. București, Editura didactică și pedagogică, 1982.
52. Tache, V. și alții. Indrumar de proiectare a dispozitivelor. București, Litografiat. Institutul Politehnic București, 1976.
53. Savii, Gh. Tehnologia construcțiilor de mașini. București, Editura didactică și pedagogică.
54. Savii, Gh. și Cojocaru, G. Flexibilitatea în fabricația de mașini. Timișoara, Editura Facla, 1977.
55. Drăgan, I. Teoria deformațiilor plastice. București, Editura didactică și pedagogică, 1982.
56. Dieter, C.D. Metalurgia mecanică. București, Editura tehnică, 1970.
57. Picoș, C. Tehnologia construcțiilor de mașini. București, Editura didactică și pedagogică, 1969.
58. Drăgan, I. și Ganta, T. Metalurgia fizică. București, Editura tehnică, 1970.
59. Carafoli, E. Mecanica fluidelor vol. I și II. București, Editura Academiei R.S.R., 1956.
60. Guicov, U.M. Procesele de deformare plastică a oțelurilor aliate și a aliajelor neferoase. București, Editura tehnică, 1983.
61. Ripșa, I. Mică Enciclopedie de metalurgie. București, Editura Academiei R.S.R.

62. Georgescu, C. S. Indrumător pentru atelierele mecanice. București, Editura tehnică, 1978.
63. Flores, J. și Panaitescu, V. Mecanica fluidelor. București, Editura didactică și pedagogică, 1979.
64. Trădeanu, P. Mecanica fluidelor. București, Editura tehnică, 1978.
65. Brun, S. și Lagarde, R. Mécanique de fluides. Paris, Dunod, 1970.
66. Dumitru, C. Hidraulice. București, Editura didactică și pedagogică, 1978.
67. Davies, J. T. Turbulence Phenomena. New-York, Academic Press, 1972.
68. Penescu, T. și Petrescu, V. Măsurarea presiunii în tehnică. București, Editura tehnică, 1988.
69. Todicescu, A. Mecanica fluidelor și mașini hidropneumatice. București, Editura didactică și pedagogică, 1974.
70. Idelcik, I. B. Indrumător pentru calculul rezistențelor hidraulice. București, Editura tehnică, 1964.
71. Bălăgoiu, V. Noțiuni și curenți hidraulice, Timișoara, Institutul Politehnic, 1982.
72. Mareș, H. Aparate pneumatice pentru mecanizare și automatizare. București, Editura tehnică, 1975.
73. Anton, V., Popoviciu, M. și Sitero, I. Hidraulică și mașini hidraulice. București, Editura didactică și pedagogică, 1988.
74. Abramovici, G. H. Teoria turbulențelor. Moskva, Fizmatgiz, 1960.
75. Ing, M. Mécanique des fluides appliqué. Tyrolis, 1975.
76. Samson, S. Realizări în automatizarea proceselor industriale.
77. Rabinovici, A. H. Mecanizarea și automatizarea complexă în construcția de mașini și aparate. București, Editura tehnică, 1962.
78. Shinsky, F. G. Practica sistemelor de reglare automată a proceselor industriale. București, Editura tehnică, 1969.
79. Dinău, A. Automatizări în metalurgie. București, Editura tehnică, 1978.
80. Dumitrescu, S. Electronică industrială și automatizări. București, Editura didactică și pedagogică, 1983.
81. Călin, S. Sisteme automate complexe. București, Editura tehnică, 1972.
82. Zelea, C. Automatică neliniară. București, Editura tehnică, 1985.
83. XXX Catalog BEA. București, 1981.
84. Cărlăușu, St. Electronică și automatizări industriale. București, Editura didactică și pedagogică, 1982.
85. Mițu, C. Echipamente electrice și electronice de automatizare. București, Editura didactică și pedagogică, 1980.
86. Papadache, I. Automatizări industriale. București, Editura tehnică, 1978.

87. Cassou, C. și Juncan, T. Programarea în limbaj FORTRAN. Calculatorul FELIX. Iași, Editura Junimea, 1977.
88. Popovici, C. D. Calculatoare cu program și teoria programării. București, Editura științifică, 1972.
89. Viduva, I. și Popoviciu, N. Introducere în programarea automată. București, Editura didactică și pedagogică, 1973.
90. Dumitrescu, L. Măruț, St. și Stan, St. Invățăm FORTRAN... conversând cu calculatorul. București, Editura tehnică, 1981.
91. Murphy, S. J. Inițiere în calculatoare numerice, Traducere din limba engleză S.U.A.
92. Constantinescu, P. și Nicolae Z. Inițiere în FORTRAN.
93. Bernhard, H. L. și Krupperts. Instruire în programare. Traducere din limba franceză.
94. Ferrater, J. FORTRAN. Inițiere în programare structurată.
95. Truitt, L. D. și Rogers, A. L. Inițiere în programarea calculatoarelor numerice. Traducere din limba engleză - S.U.A.
96. Hitaru, M. Macarie, G. și Niculescu, St. Indrumător de limbaje de programare. București, Editura tehnică, 1982.
97. Niculescu, St. Inițiere în FORTRAN. București, Editura tehnică, 1971.
98. XXX Listeni de operare IBM VS FORTRAN II. FORTRAN IV - Plus. Manual de programare. Cluj Napoca, 1983.