

SCHIMBATOARE DE CALDURA

SCHIMBATOARE DE CALDURA

o Sunt aparate utilizate in industrie pentru realizarea unor OPERATII insotite de trecerea CALDURII (ENERGIEI TERMICE):

🔥 de la un loc la altul;

🔥 de la o materie la alta.

SCHIMBATOARE DE CALDURA

- o In schimbatoarele de caldura pot avea loc diverse procese termice:
- o Modificarea temperaturii (incalzire, racire);
- o Modificarea starii de agregare (fierbere, evaporare, condensare, topire, solidificare);
- o Modificarea speciilor moleculare (reactii chimice);
- o Procese termice combinate.

SCHIMBATOARE DE CALDURA

Pot functiona ca:

- o **APARATE PRINCIPALE** - reprezinta parti componente ale unor procese tehnologice sau ale unor procese exclusiv termice;
- o **APARATE AUXILIARE** - introduse in instalatie din motive de economie de caldura sau de substanta.

SCHIMBATOARE DE CALDURA

CRITERII DE CLASIFICARE

- o Dupa modul de transmite a caldurii;
- o Dupa regimul de lucru al aparatului;
- o Dupa transformările fizico-chimice ale agentilor termici;
- o Dupa schema de curgere a agentilor termici;
- o Dupa numărul de treceri ale agentului termic;
- o Dupa configurația suprafeței de transfer de caldura;
- o Dupa modul de preluare a dilatarilor termice;
- o Dupa poziția aparatului;
- o Dupa materialul de construcție folosit;
- o Dupa modul de asamblare;
- o Dupa destinația aparatului în procesul termic.

SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa modul de transmitere a caldurii

- o **SC cu schimb prin suprafata (recuperative):**
transferul caldurii intre agentii termici se realizeaza printr-un perete despartitor avand conductivitate termica (λ) ridicata.
- o **SC regenerative:**
agentii termici trec succesiv prin aparat, cedand, respectiv preluand caldura de la umplutura (ceramica, metalica etc.) a acestuia.
- o **SC de amestec:**
transferul de caldura se realizeaza la contactul direct al agentilor termici care se amesteca intre ei.

SCHIMBATOARE DE CALDURA

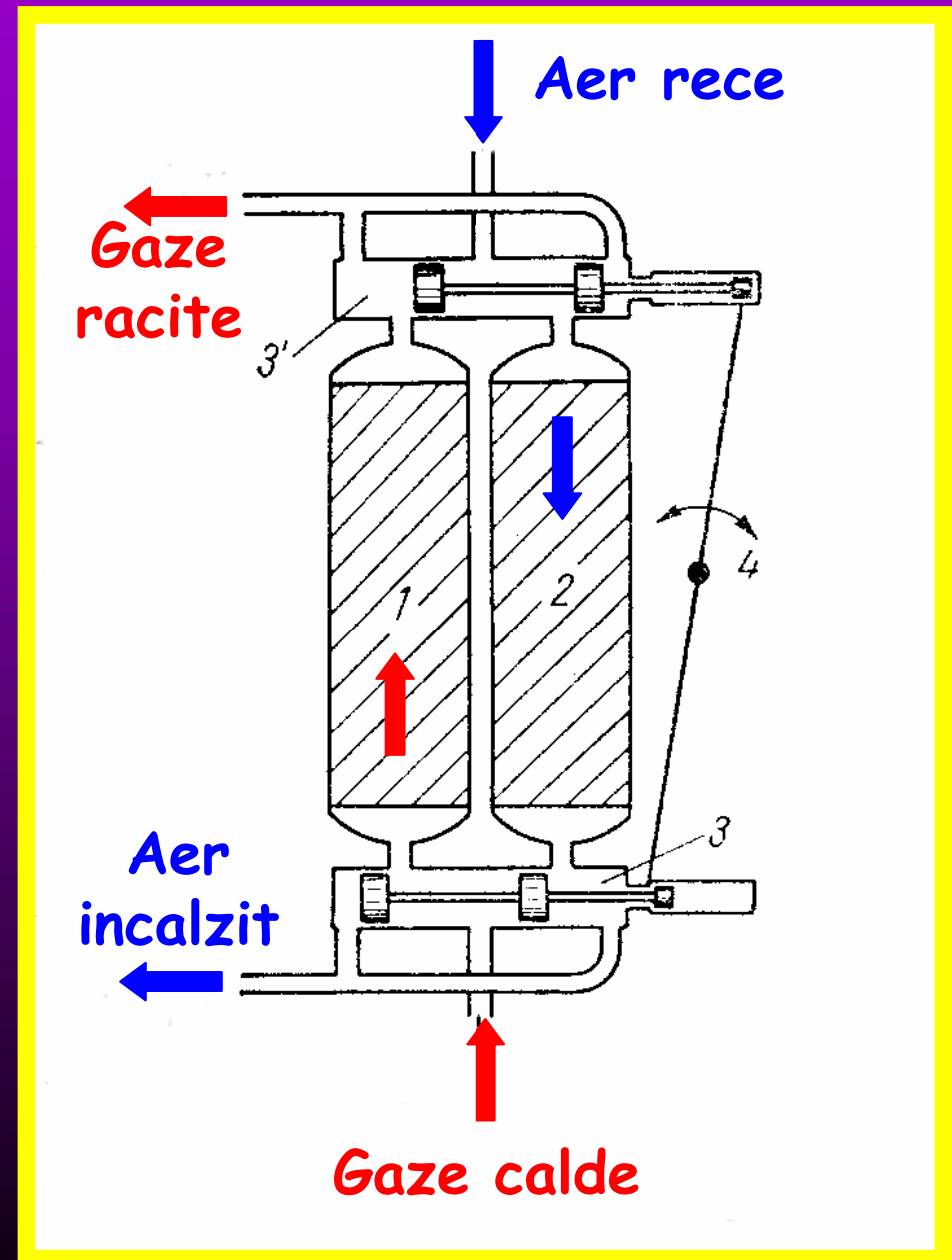
Clasificarea dupa modul de transmitere a caldurii

o SC regenerative

Exemplu:

Doua SC regenerative
cuplate:

1. Regenerator in faza de incalzire;
2. Regenerator in faza de racire;
3. Ventile;
4. Dispozitiv pentru schimbarea fazelor.



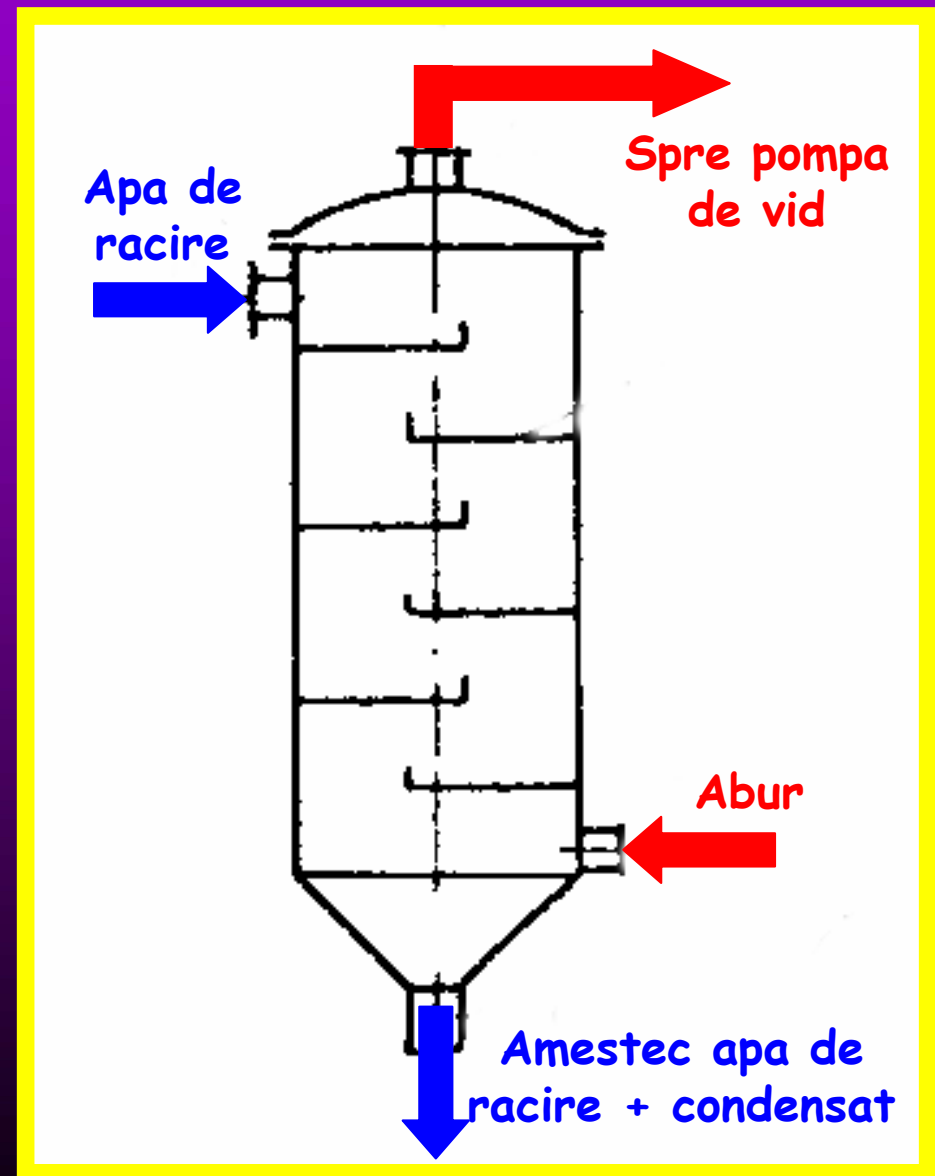
SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa modul de transmitere a caldurii

o SC de amestec

Exemplu:

Condensatoarele de amestec



SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa regimul de lucru al aparatului

- o SC (recuperatoare, cu sau fara amestecarea agentilor termici) in regim stationar, cu functionare continua;
- o SC (regeneratoare, SC cu acumulare) in regim nestationar, cu functionare discontinua.

SCHIMBATOARE DE CALDURA

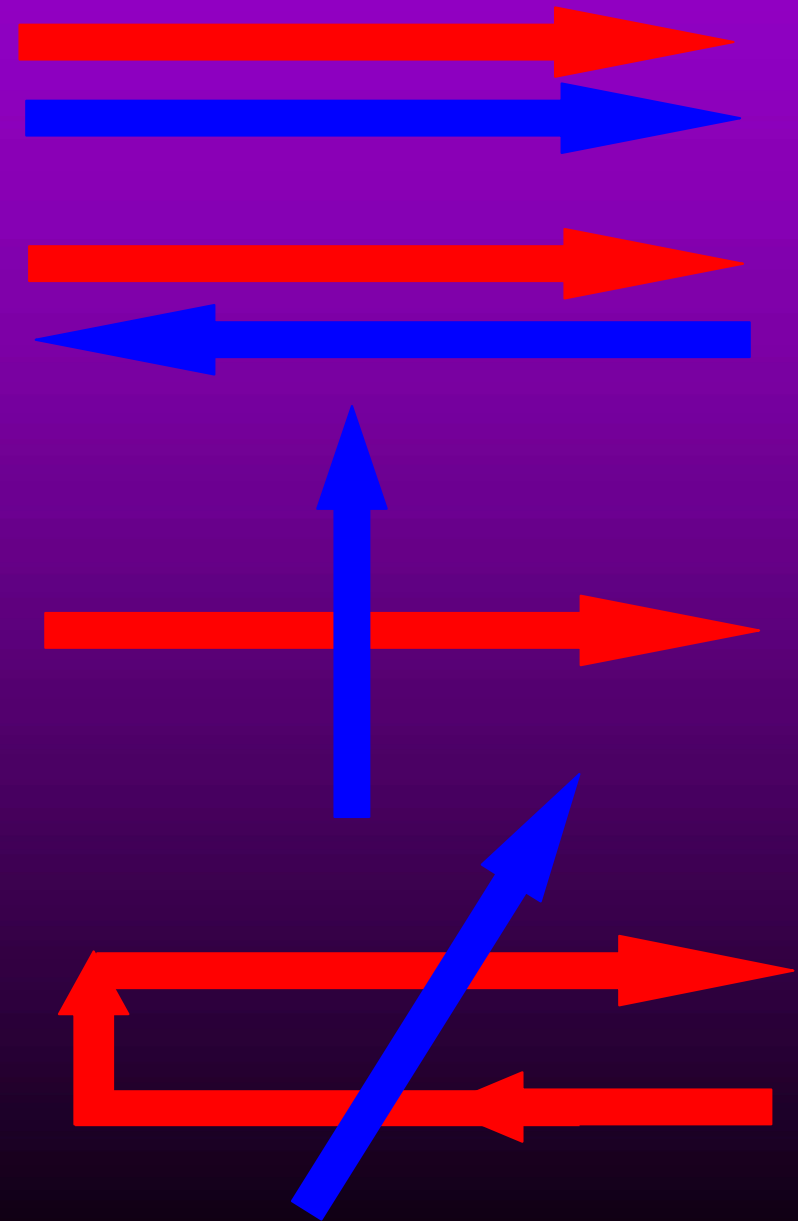
Clasificarea dupa transformarile agentilor termici

- o SC fara schimbarea starii de agregare agentilor termici;
- o SC cu schimbarea starii de agregare a unuia sau a ambilor agenti termici;
- o SC in care agentii termici sufera transformari chimice la trecerea prin aparat.

SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa schema de curgere a agentilor termici

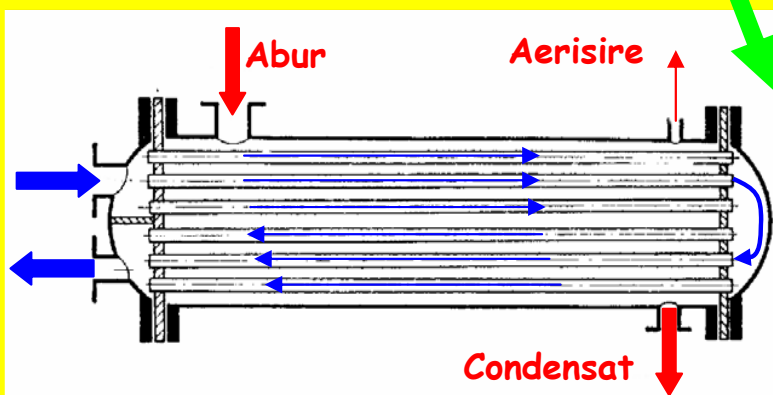
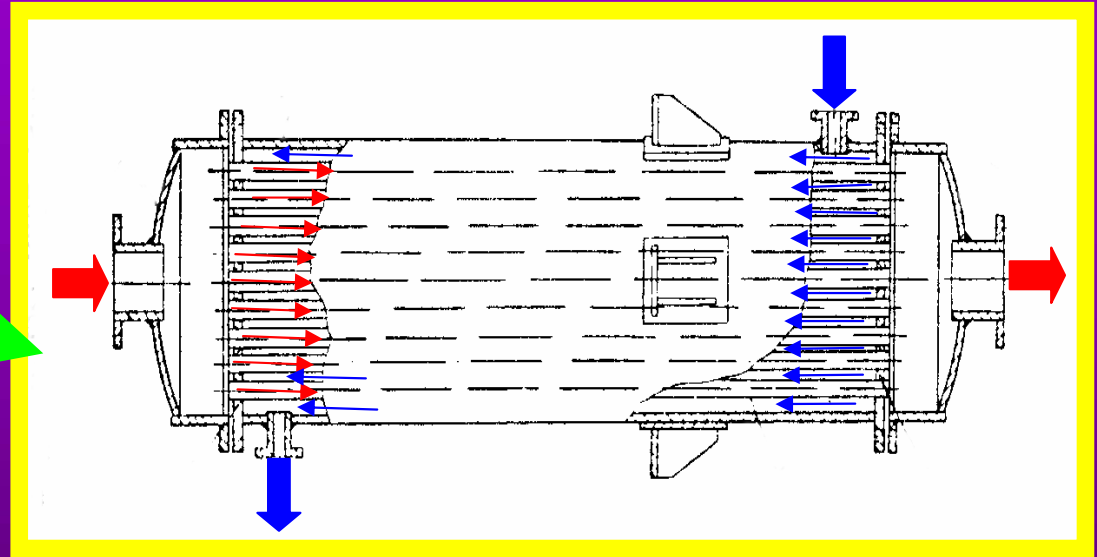
- o SC in echicurent
- o SC in contracurent
- o SC in curent incrucisat
- o SC in curent mixt



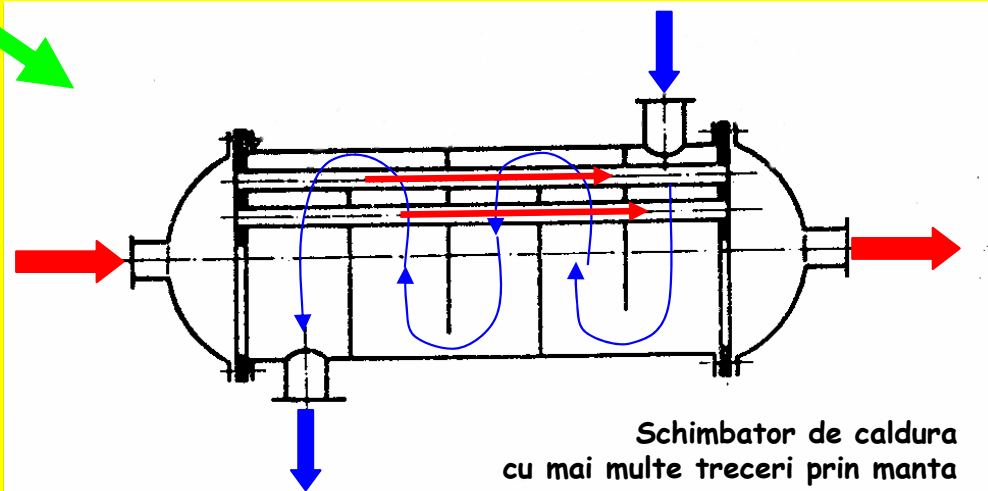
SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa numarul de treceri ale agentului termic

- o SC cu o singura trecere;
- o SC cu mai multe treceri.



Schimbător de căldură tubular, cu două treceri prin țevi



Schimbator de caldura cu mai multe treceri prin manta

SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa configuratia suprafetei
de transfer de caldura

- o SC cu tevi (tubulare)
- o SC cu placi (lamelare)
- o SC cu suprafete extinse (cu aripioare, nervuri, proeminente)
- o SC cu serpentine sau tevi spirale

SCHIMBATOARE DE CALDURA

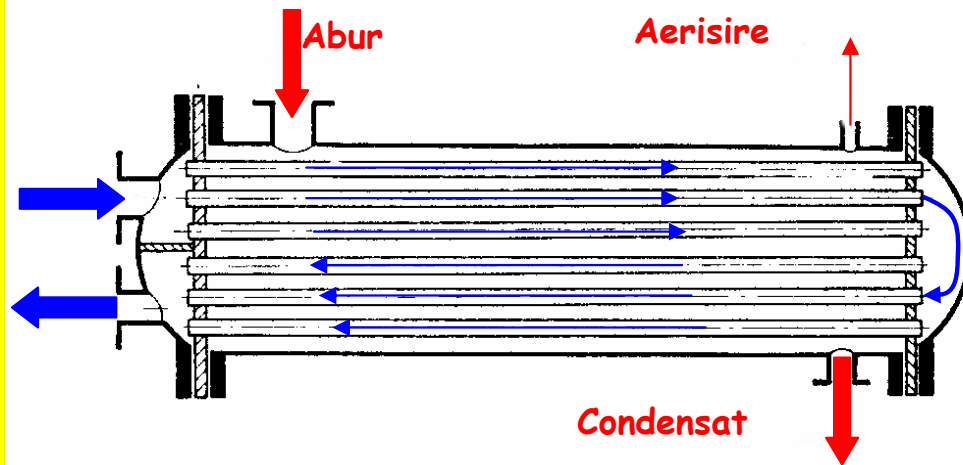
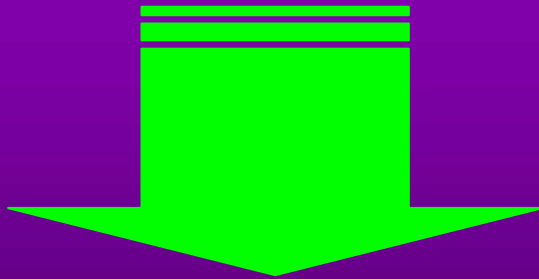
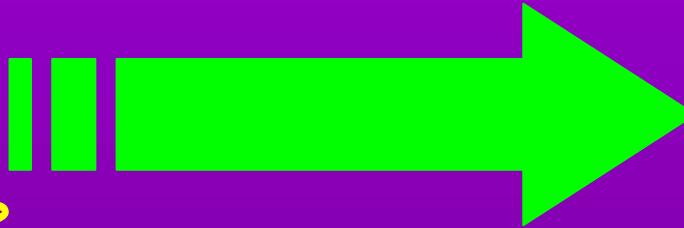
Clasificarea dupa modul de preluare a dilatarilor termice

- o SC rigide - nu permit compensarea dilatarii termice a elementelor componente
- o SC semielastice - permit compensarea partiala a dilatarilor termice
- o SC elastice - permit compensarea totala a dilatarilor termice

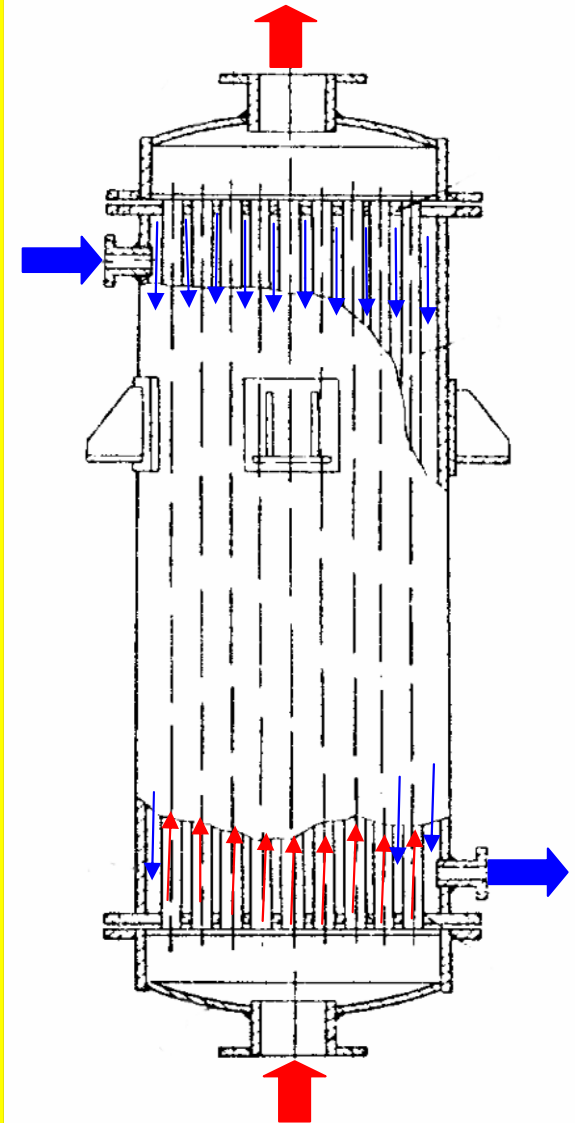
SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa pozitia aparatului

- o SC verticale
- o SC orizontale



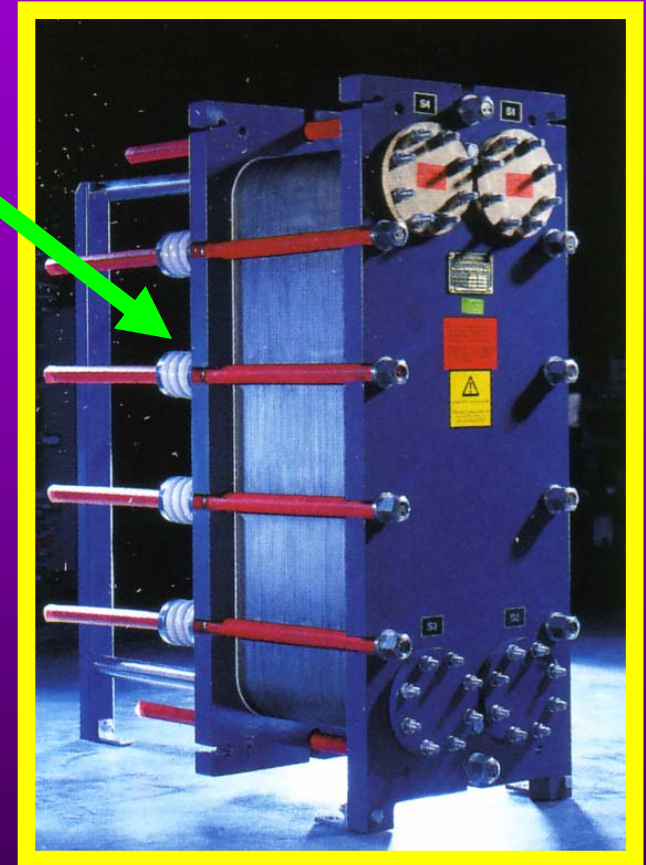
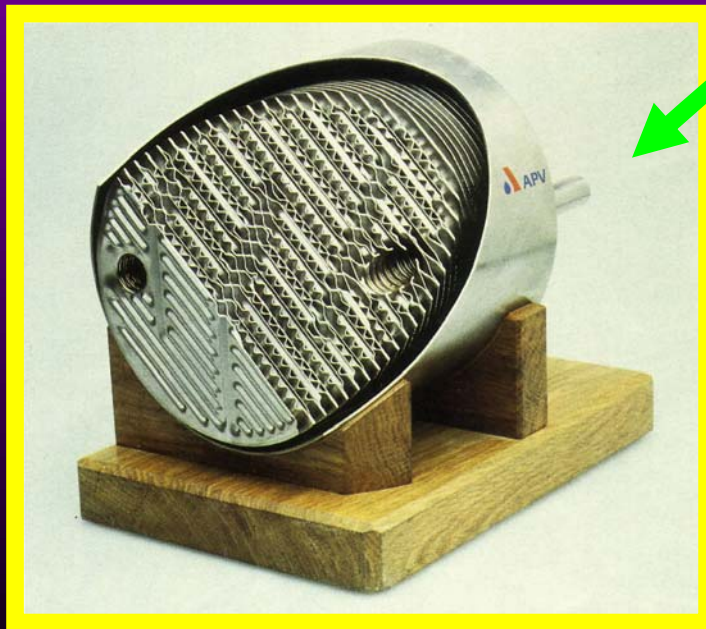
Schimbător de căldură tubular, cu două treceri prin țevi



SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa materialul de constructie folosit

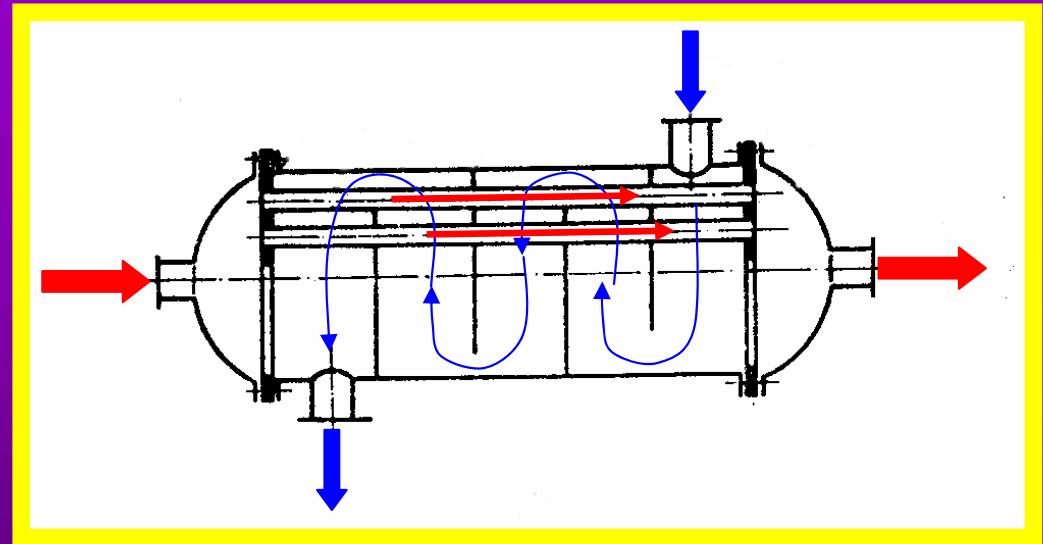
- o SC nemetalice: ceramice, din grafit etc.
- o SC metalice: oțeluri carbon, oțeluri inoxidabile, cupru, alame etc.



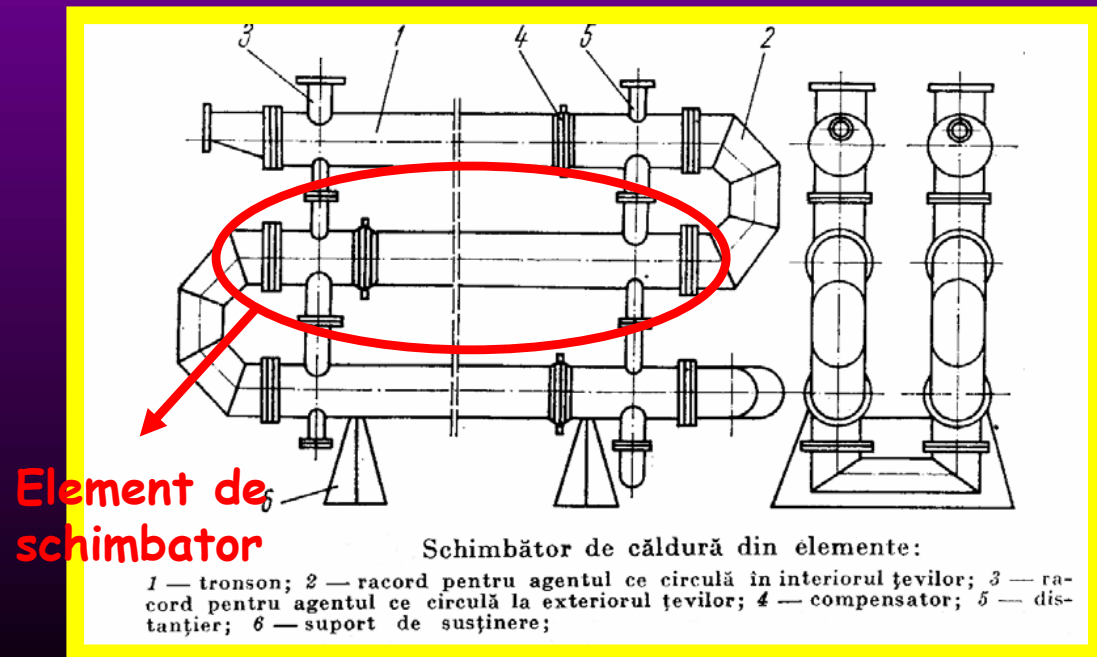
SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa modul de asamblare

- o SC formate dintr-un singur element



- o SC formate din mai multe elemente (tronsoane-tip) asamblate intre ele



SCHIMBATOARE DE CALDURA

Clasificarea dupa destinatia aparatului

- o PREINCALZITOARE
- o RACITOARE
- o CONDENSATOARE
- o VAPORIZATOARE
- o FIERBATOARE (BOILERE)

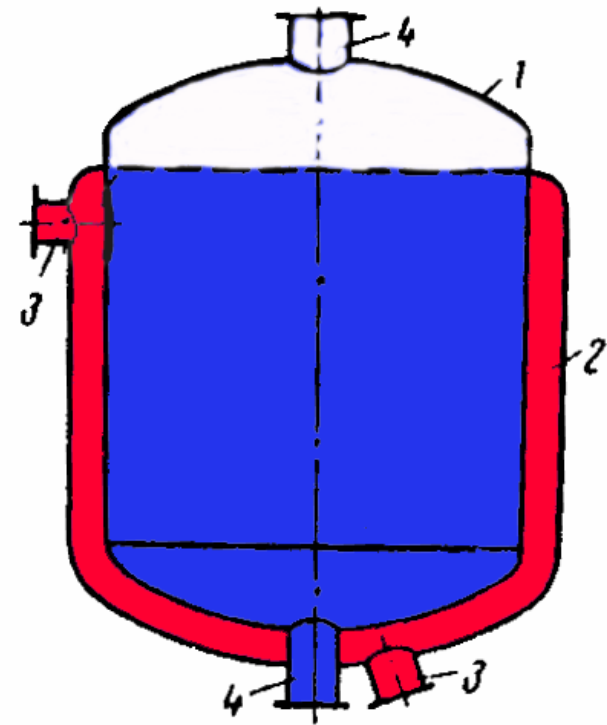
SCHIMBATOARE DE CALDURA

frecvent utilizate in industria alimentara

- o SC cu manta
- o SC cu serpentina
- o SC cu tevi coaxiale
- o SC cu fascicul tubular
- o SC in spirala
- o SC cu placi
- o SC cu suprafete extinse
- o SC de constructii particulare sau mixte

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU MANTA

- o Manta:
 - concentrica;
 - excentrica.
- o Suprafata de transfer termic este limitata de dimensiunile vasului;
- o Se utilizeaza uzual pentru transferul termic in regim nestationar;

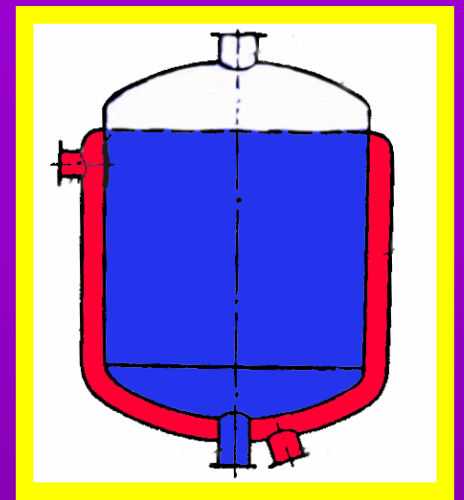


1 — vas; 2 — manta; 3 — racorduri pentru circulația lichidului prin spațiul delimitat de vas și manta; 4 — racorduri pentru introducerea sau evacuarea lichidului din vas.

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU MANTA

o Cantitatea de caldura transferata:

$$Q = K \times A \times \Delta T_{med} \times \tau$$

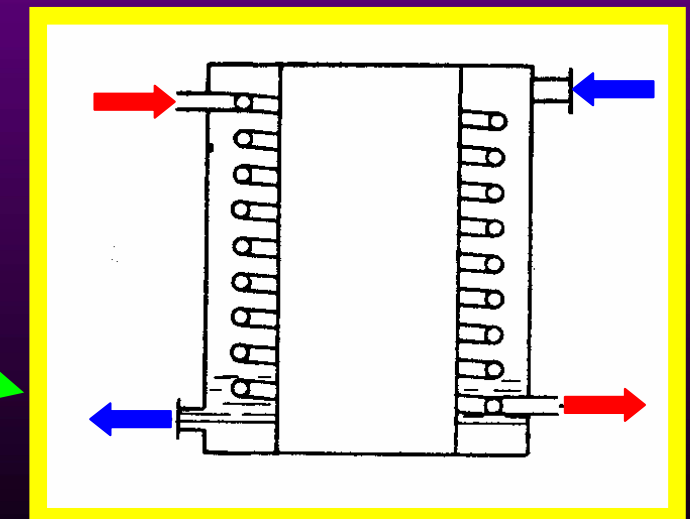
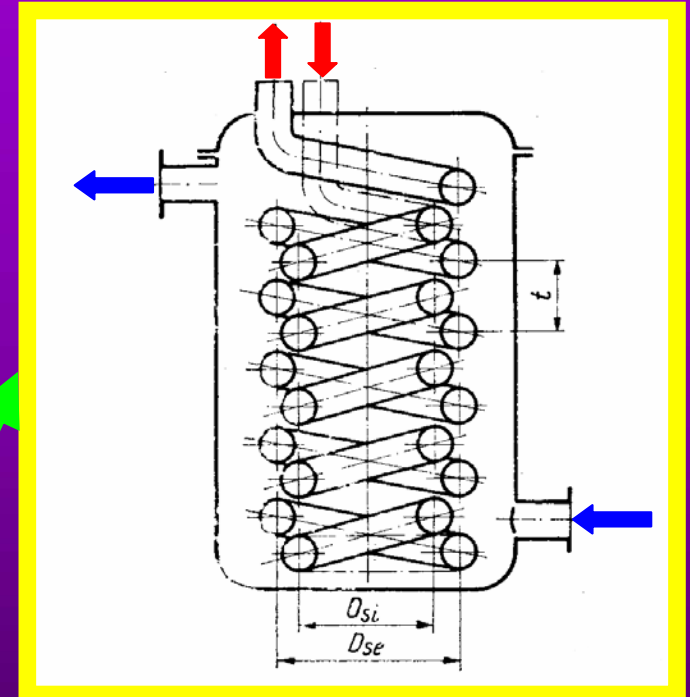


Fluid in:		Material vas	Agitare	K [W.m ⁻² .K ⁻¹]
Manta	Vas			
Abur	Apa	Fonta emailata	Da	540 - 670
Abur	Lapte		Da	~ 460
Abur	Lapte*		Da	~ 2800
Abur	Apa*	Otel	Nu	~ 1050
Abur	Apa*	Cupru	Nu	~ 1250

* - in fierbere

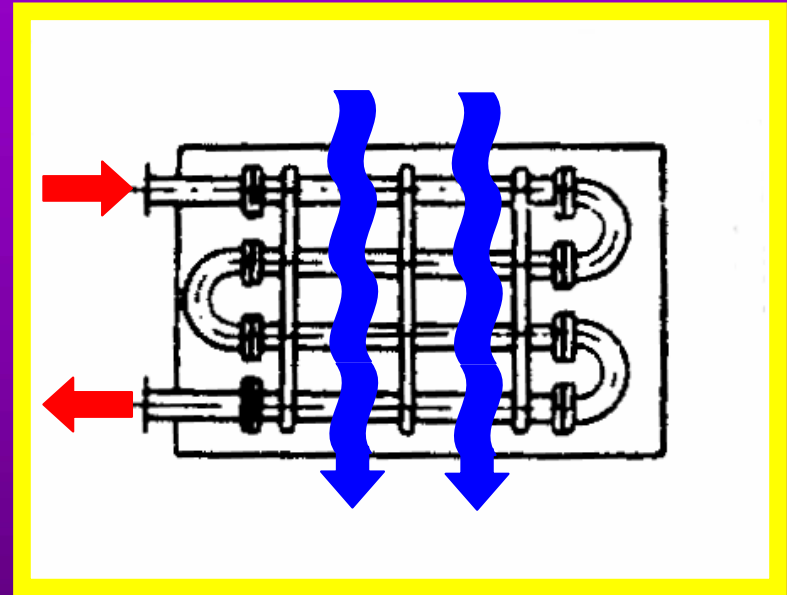
SCHIMBATOARE DE CALDURA CU SERPENTINE

- o Se utilizeaza pentru:
 - debite mici de fluid;
 - transfer de caldura cu flux termic redus;
 - aparate cu destinatie speciala.
- o Constructiv exista mai multe variante:
 - Cu serpentine elicoidale:



SCHIMBATOARE DE CALDURA CU SERPENTINE

o Cu serpentine plane:



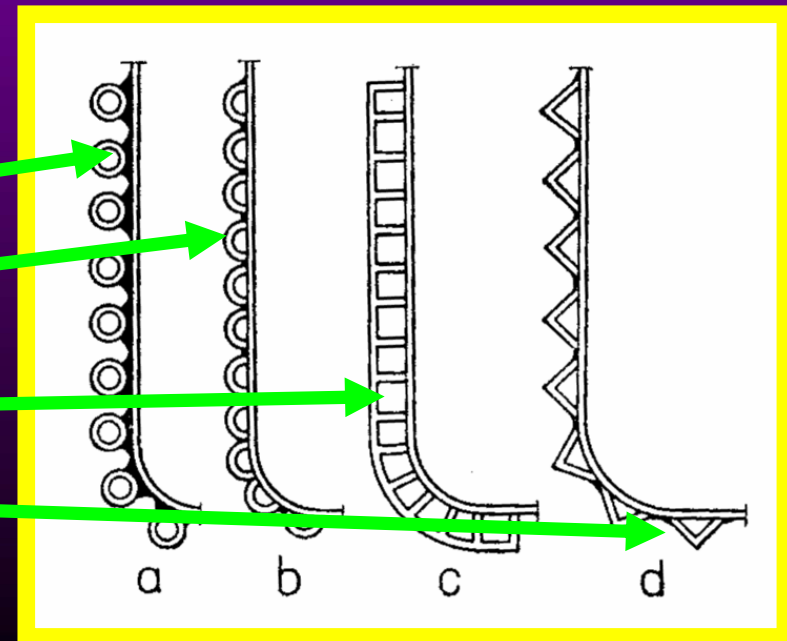
o Cu serpentine
exterioare:

a - tevi circulare;

b - jumatati de tevi;

c - cornier U;

d - cornier L.



SCHIMBATOARE DE CALDURA CU SERPENTINE

- o Se folosesc pentru debite mici de fluide;
- o Fluidul cald circula uzual prin serpentina;
- o Nu se utilizeaza pentru fluidele care formeaza cruste sau depuneri;
- o Volumul aparatelor este mare in raport cu suprafata de transfer de caldura realizata;
- o La lungimi mari ale serpentinei creste ΔP :
 - Serpentinele se impart in mai multe sectiuni;
 - Se limiteaza viteza lichidului la max. 1 m/s;
 - Se recomanda $L/d < 225$ daca $P < 5 \text{ MPa}$.

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU SERPENTINE

Valori orientative pentru coeficientul global de transfer, K

Fluidul din:		Material serpen- tina	Miscare	K [W.m ⁻² .K ⁻¹]
Serpen- tina	vas			
Abur in condensare	Sol. zahar sau melasa	Cupru	Fara agitare	300 - 1350
Apa rece	Apa	Otel	Barbotare	800 - 1600
Apa rece	Apa calda	Plumb	0,4 rpm	500 - 2000
Saramura	Sol. aminoacizi		30 rpm	~ 550
Lapte	Apa		Agitare	~ 1600
Apa rece	Apa calda	Cupru	Fara agit.	550 - 1000
Apa	Sol. zahar 50%	Plumb	Agit. medie	260 - 340

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU SERPENTINE

Dimensionare:

- o Din $Q = K \times A \times \Delta T_{med} \rightarrow A$
- o Diametrul tevii (d) se determina functie de debitul de fluid si viteza admisa a acestuia: $M_v = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2 \cdot v$
- o Lungimea totala a serpentinei (L) se determina functie de A si d_m :

$$L = A/(\pi \cdot d_m)$$

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU SERPENTINE

Dimensionare:

- o Lungimea unei spire a serpentinei (l):

$$l = \sqrt{(\pi \cdot d_s)^2 + h^2} \cong \pi \cdot d_s$$

unde: d_s - diametrul spirei; h - pasul spirei = $(1,5-2) \cdot d_m$

- o Numarul de spire (n):

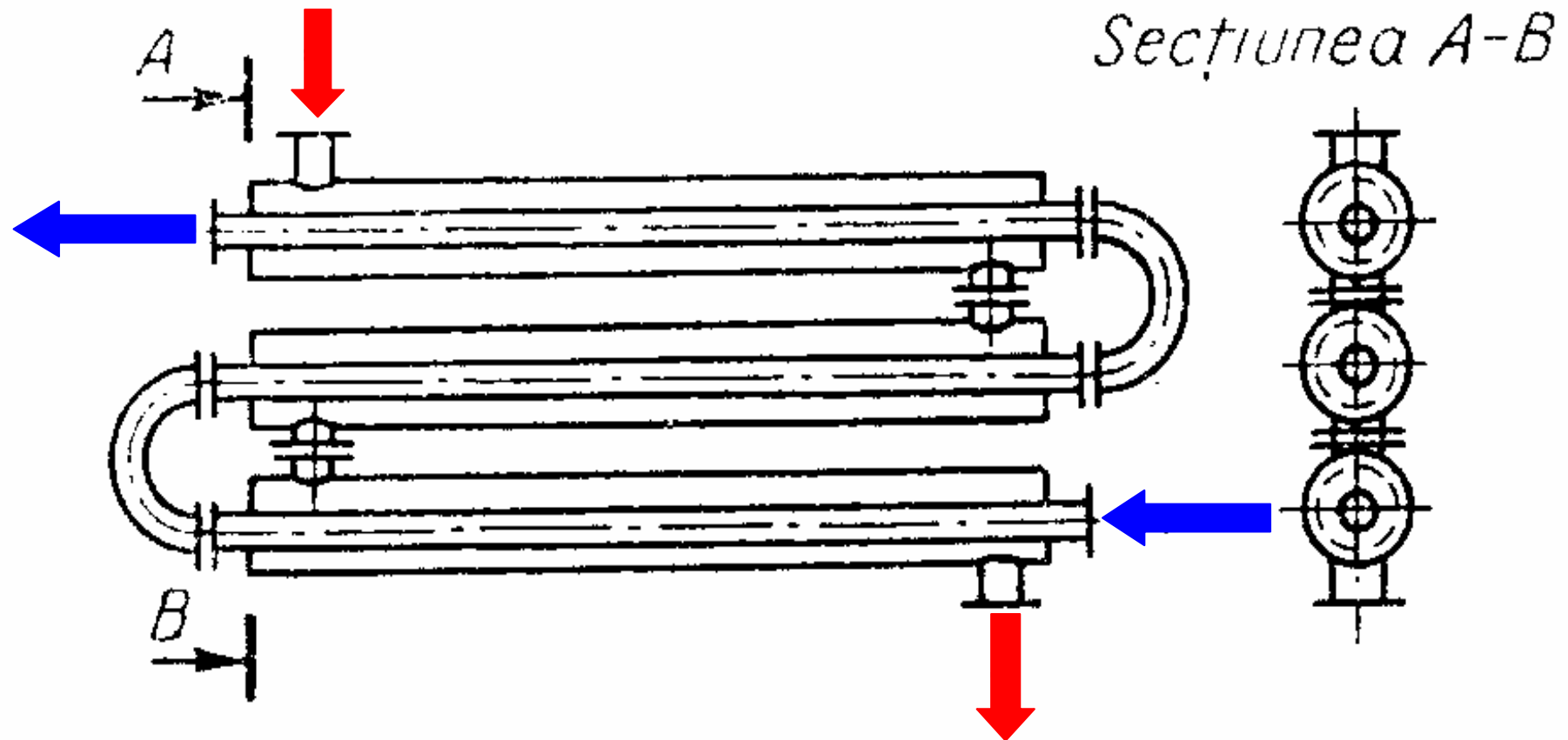
$$n = L/l$$

- o Inaltimea totala a serpentinei (H):

$$H = n \times h + d_e$$

unde d_e - diametrul exterior al tevii serpentinei.

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU TEVI COAXIALE



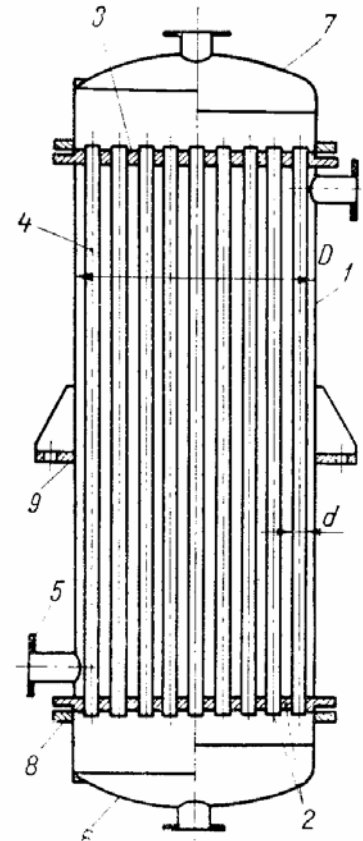
Schimbător de căldură cu țevi coaxiale

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU TEVI COAXIALE

- Se folosesc pentru fluxuri termice mici;
- Tevile interioare au $\varnothing < 75 \text{ mm}$;
- Mai multe elemente se inseriaza prin flanse sau sudura;
- Diametrele celor 2 tevi se pot alege astfel incat vitezele celor 2 fluide sa fie suficient de mari ($\Rightarrow \alpha$ maxim);
- Permit variatia marimii suprafetei de transfer termic (A) prin adaugare sau scoatere de elemente.

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR

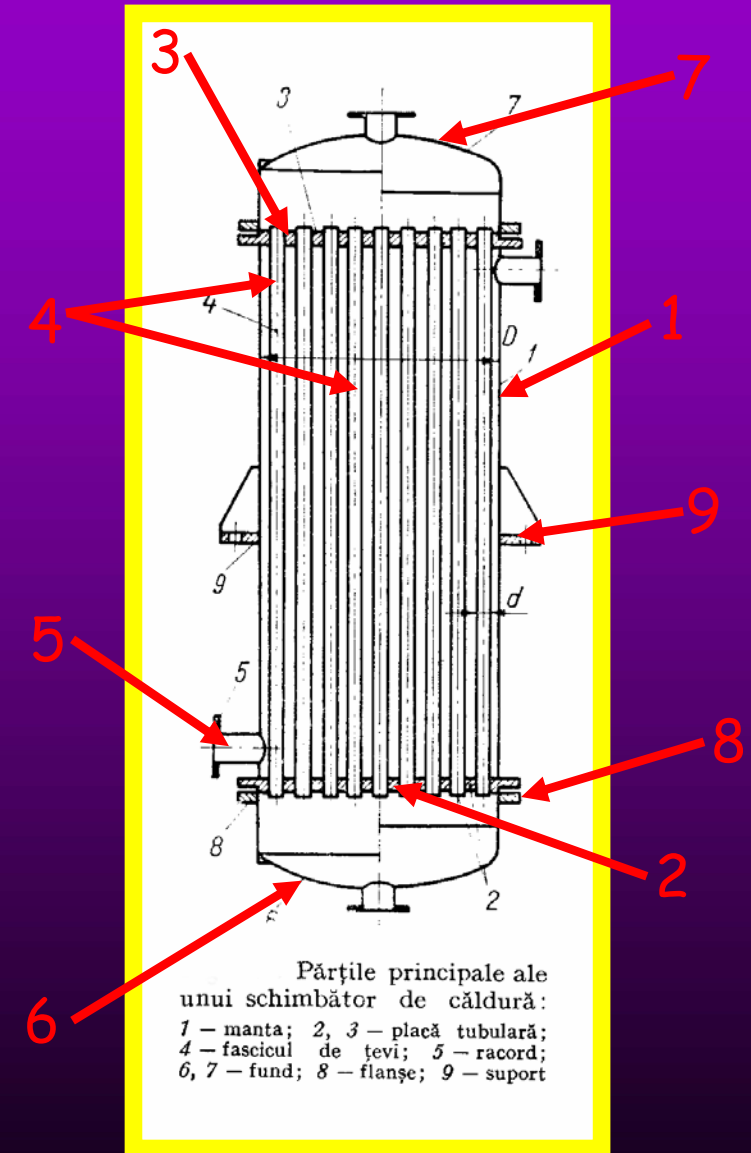
- o Cele mai raspandite si cele mai reprezentative aparate de transfer de caldura.
- o Se utilizeaza cand sunt necesare suprafete de transfer termic relativ mari.
- o Se folosesc in scopuri multiple: preincalzitor, racitor, condensator de suprafata, recuperator etc.



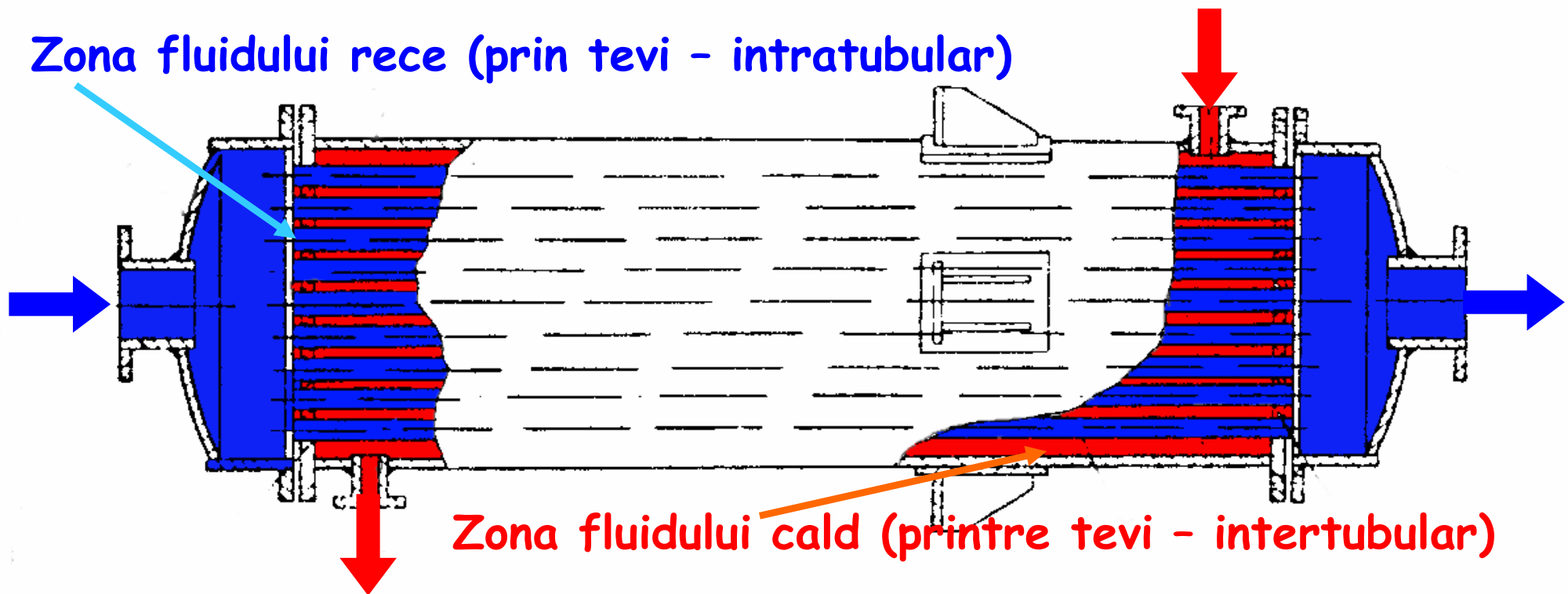
Părțile principale ale
unui schimbător de căldură:
1 – manta; 2, 3 – placă tubulară;
4 – fascicul de țevi; 5 – racord;
6, 7 – fund; 8 – flanșe; 9 – suport

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR

1. Manta
2. Placa tubulara inferioara
3. Placa tubulara superioara
4. Fascicul de tevi
5. Racorduri
6. Capac inferior
7. Capac superior
8. Flanse
9. Suport

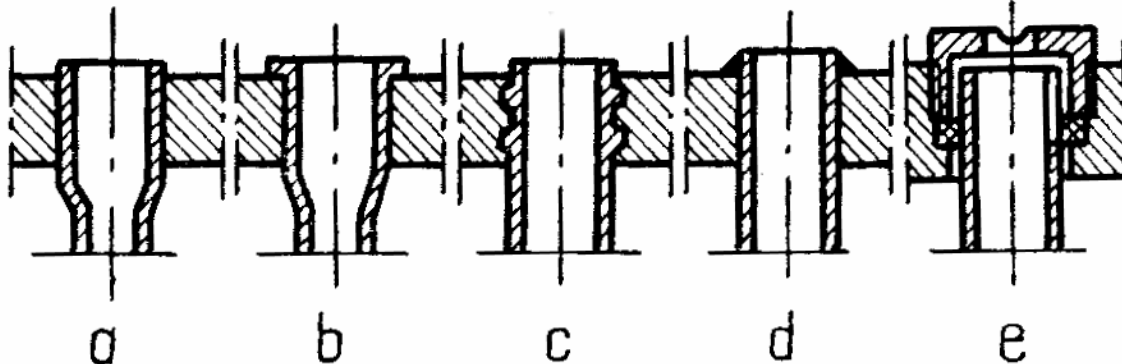


SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR



SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR

Fixarea tevilor in placa tubulara:

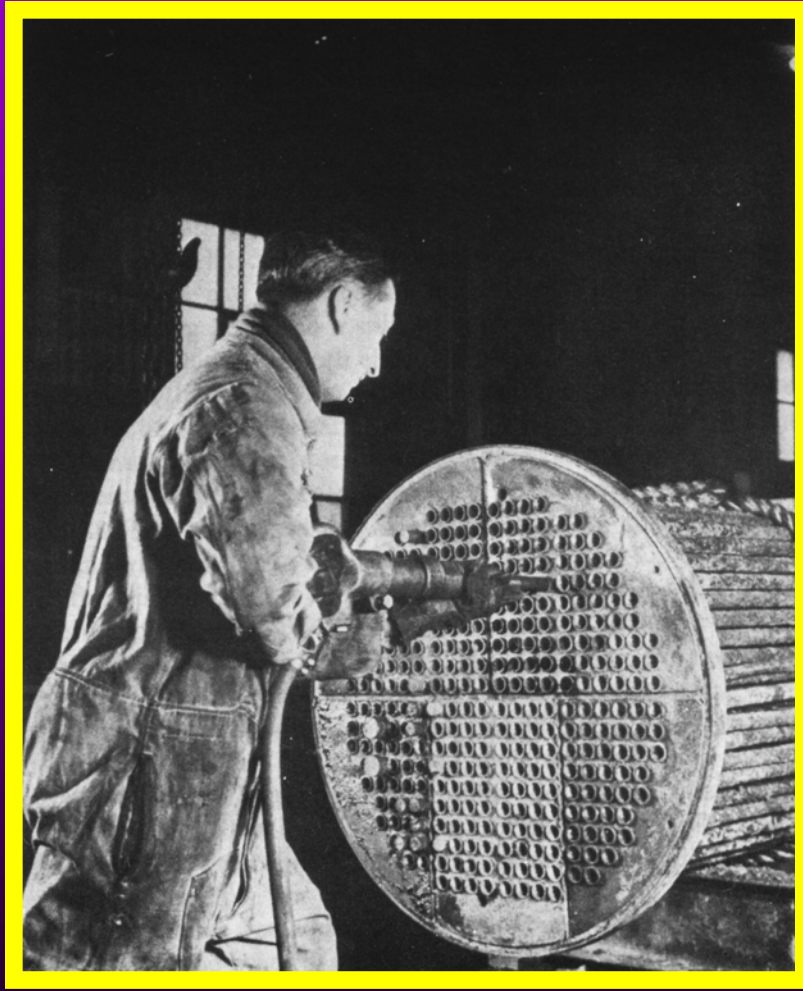


Metode de îmbinare:

a — mandrinare simplă; *b* — mandrinare cu rășfrîngere; *c* — mandrinare cu canale; *d* — sudare; *e* — îmbinare cu presgarnitură

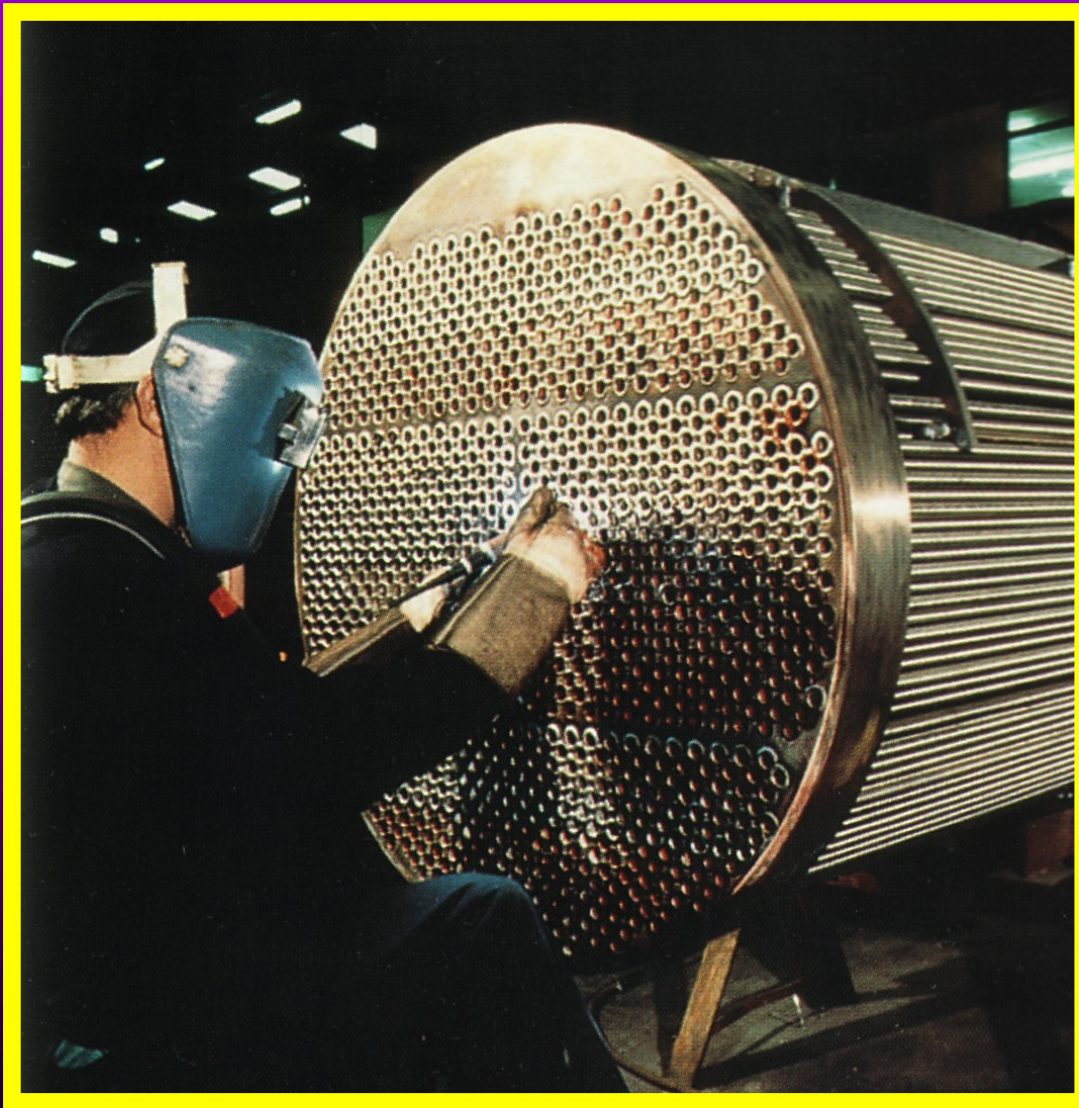
- a. Mandrinare simpla
- b. Mandrinare cu rasfrangere
- c. Mandrinare cu canale;
- d. Sudare;
- e. Imbinare cu presgarnitura.

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR



Fixarea
tevilor in
placa
tubulara
prin
mandrinare

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR



Fixarea
tevilor in
placa
tubulara
prin sudare

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR

Modalitati de dispunere a tevilor in placa tubulara:

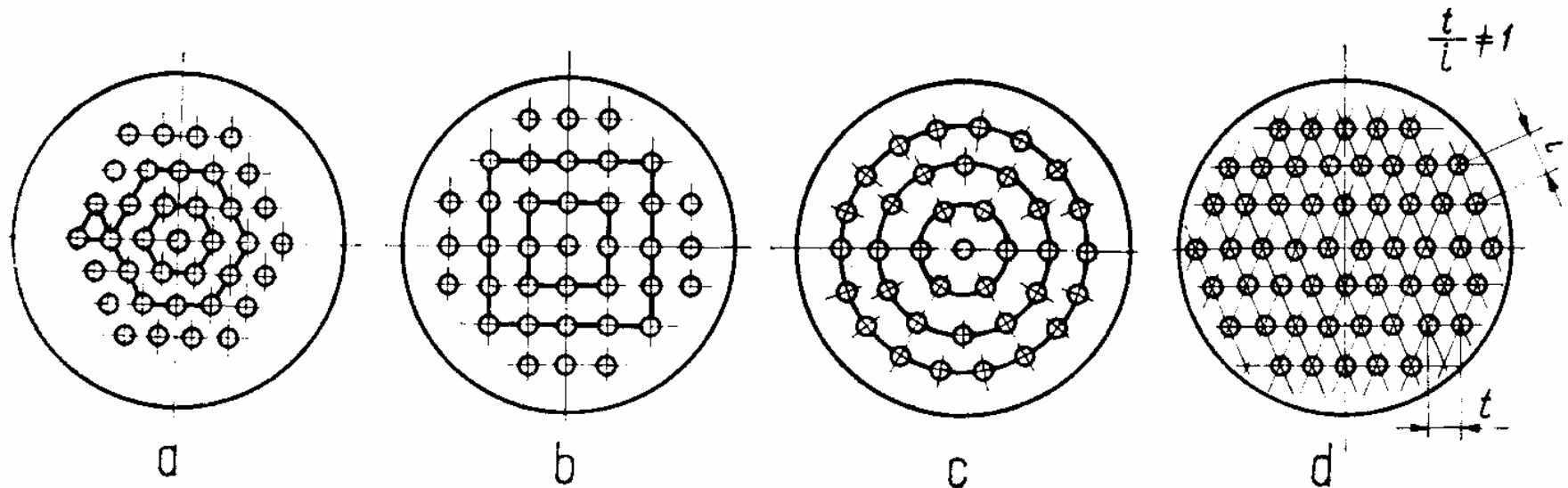


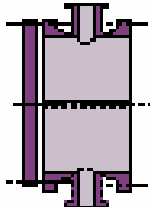
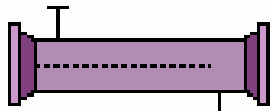
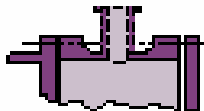
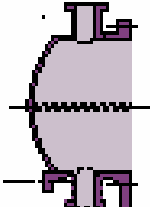
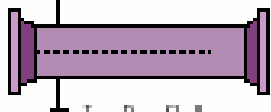
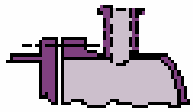
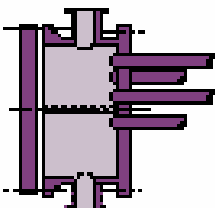
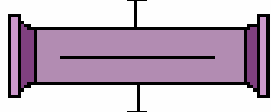
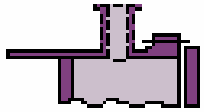
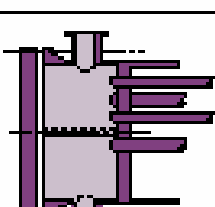
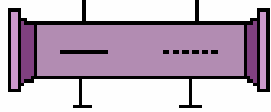
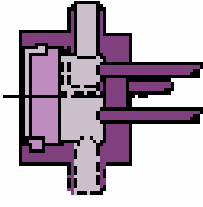
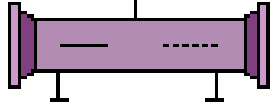
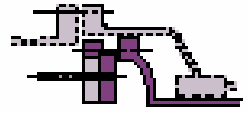
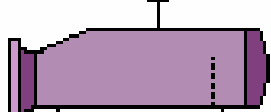
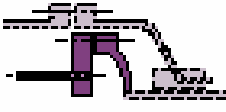
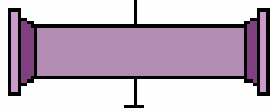
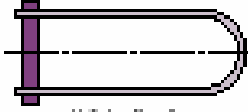
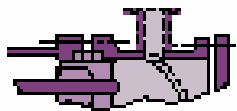
Fig. 3.9. Dispozițiile țevelor în plăcile tubulare:

a — în hexagon; *b* — în pătrat; *c* — concentric; *d* — în triunghi isoscel.

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR

- Clasificarea constructiva a SCFT
- Clasificarea **TEMA** (Tubular Exchanger Manufacturers Association):
 - Dupa tipul capacului de distributie;
 - Dupa tipul mantalei;
 - Dupa tipul capacului de capat.

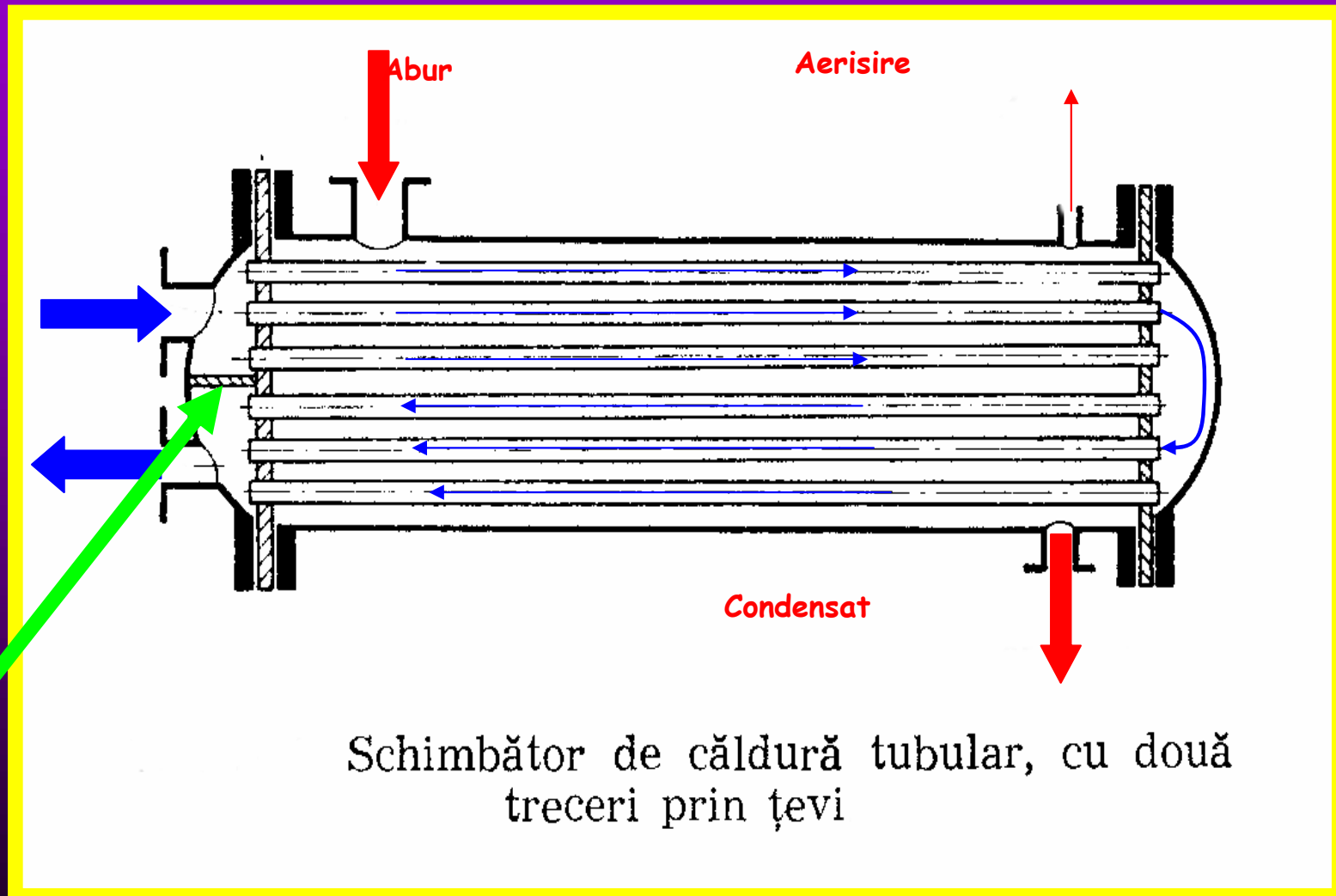
Clasificarea Tubular Exchanger Manufacturers Association a Schimbatoarelor de Caldura cu Fascicul Tubular

Stationary Head Types		Shell Types		Rear Head Types	
A	 Removable Channel and Cover	E	 One-Pass Shell	L	 Fixed Tube Sheet Like 'W' Stationary Head
B	 Bonnet (Integral Cover)	F	 Two-Pass Shell with Longitudinal Baffle	M	 Fixed Tube Sheet Like 'B' Stationary Head
C	 Integral With Tubesheet Removable Cover	G	 Split Flow	N	 Fixed Tube Sheet Like 'C' Stationary Head
D	 Channel Integral With Tubesheet and Removable Cover	H	 Double Split Flow	P	 Outside Packed Floating Head
E	 Special High-Pressure Designs	J	 Divided Flow	S	 Floating Head with Backing Device
		K	 Kettle-Type Reboiler	T	 Pull-Through Floating Head
		X	 Cross Flow	U	 U-Tube Bundle
				W	 Externally Sealed Floating Tubesheet

SCHIMBATOARE DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR

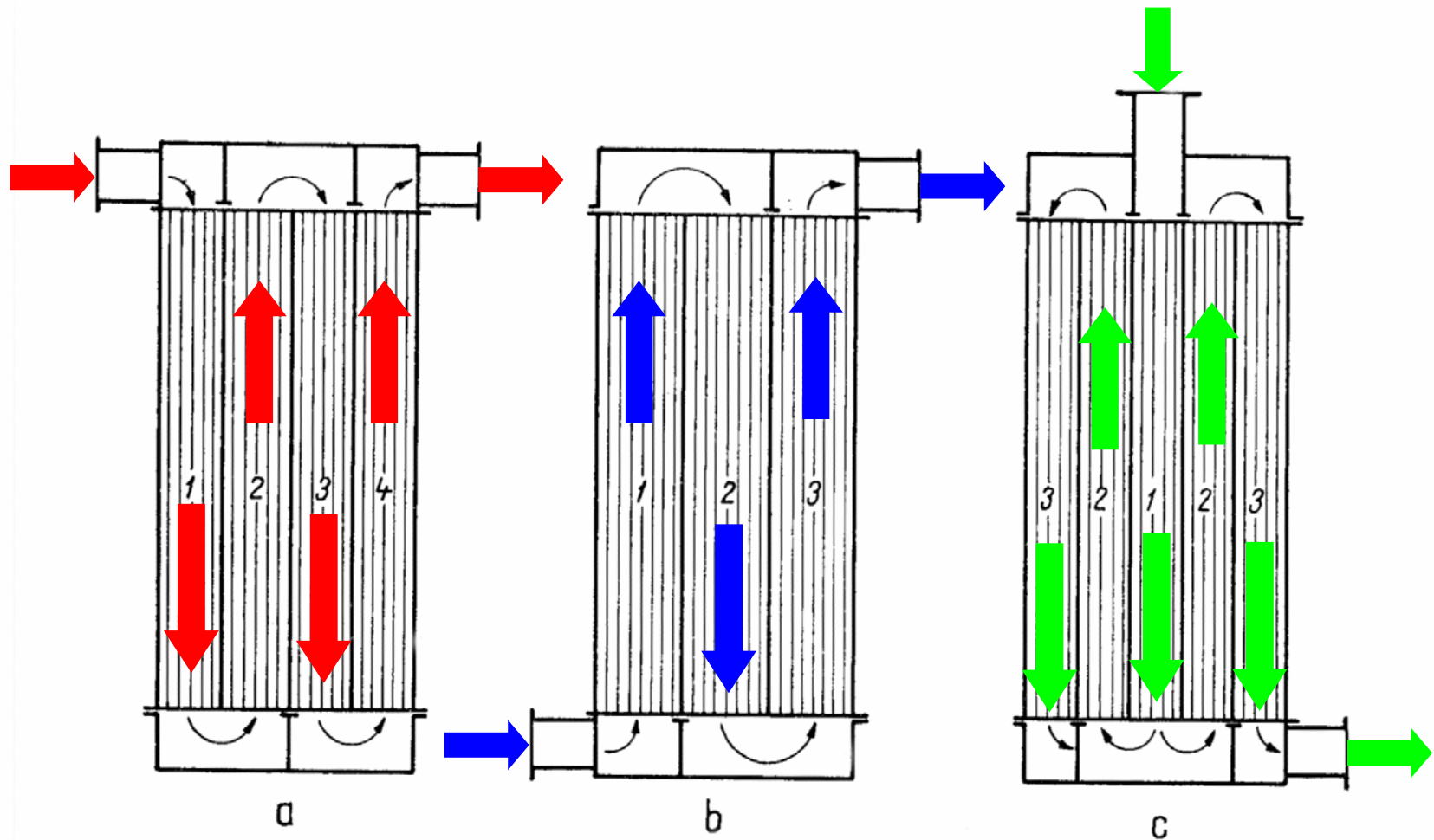
- Coeficientul individual de transfer de caldura (α) creste cu cresterea vitezei fluidului;
- Cresterea vitezei fluidului se realizeaza:
 - **IN TEVI:** SC cu mai multe treceri prin tevi (SC multipass);
 - **IN MANTA:** SC cu sicane in spatiul intertubular

SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN TEVI



Perete
despartitor

SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN TEVI



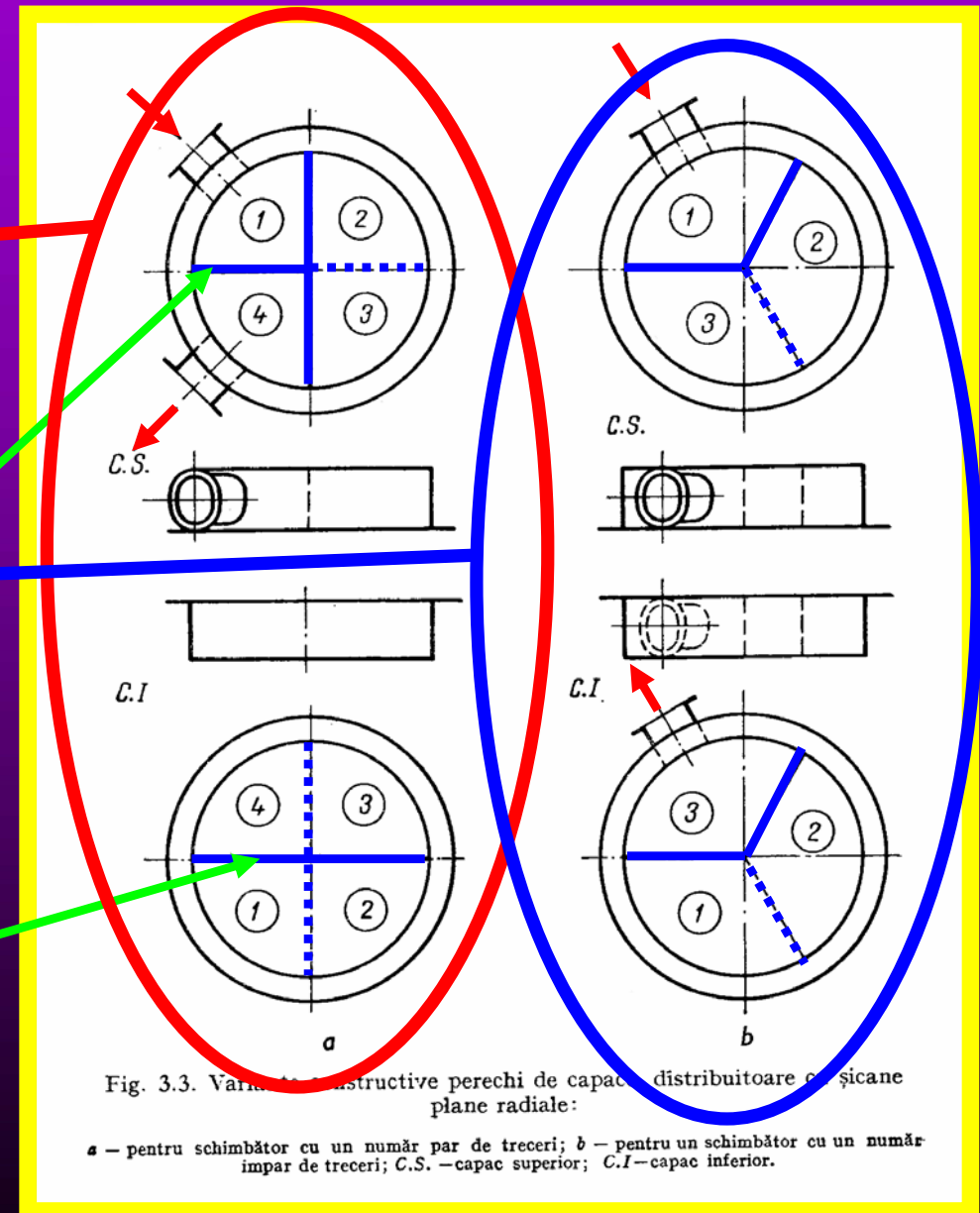
Variante constructive pentru realizarea în spațiul intratubular al unui anumit număr de treceri:
a – variantă cu număr par de treceri; b – variantă cu număr impar de treceri; c – variantă cu un număr impar de treceri și șicane cilindrice.

SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN TEVI

Pentru SCFT cu
numar PAR de treceri

Pentru SCFT cu numar
IMPAR de treceri

Pereti
despartitori



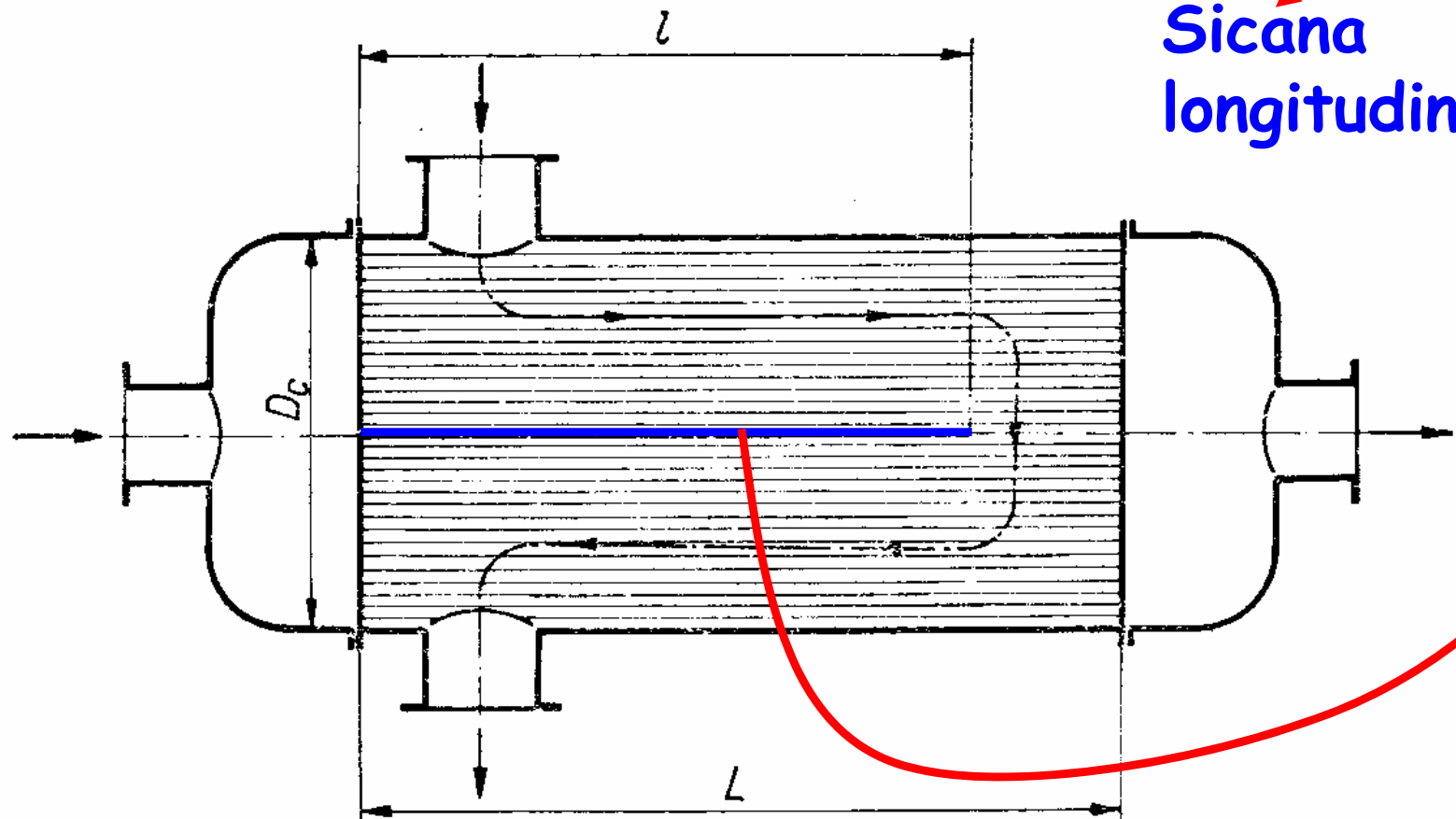
SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN MANTA

- Sectiunea mantalei **MARE** → viteza fluidului prin manta **MICA** → coeficient de transfer termic **MIC**;

SOLUTIA = SICANE:

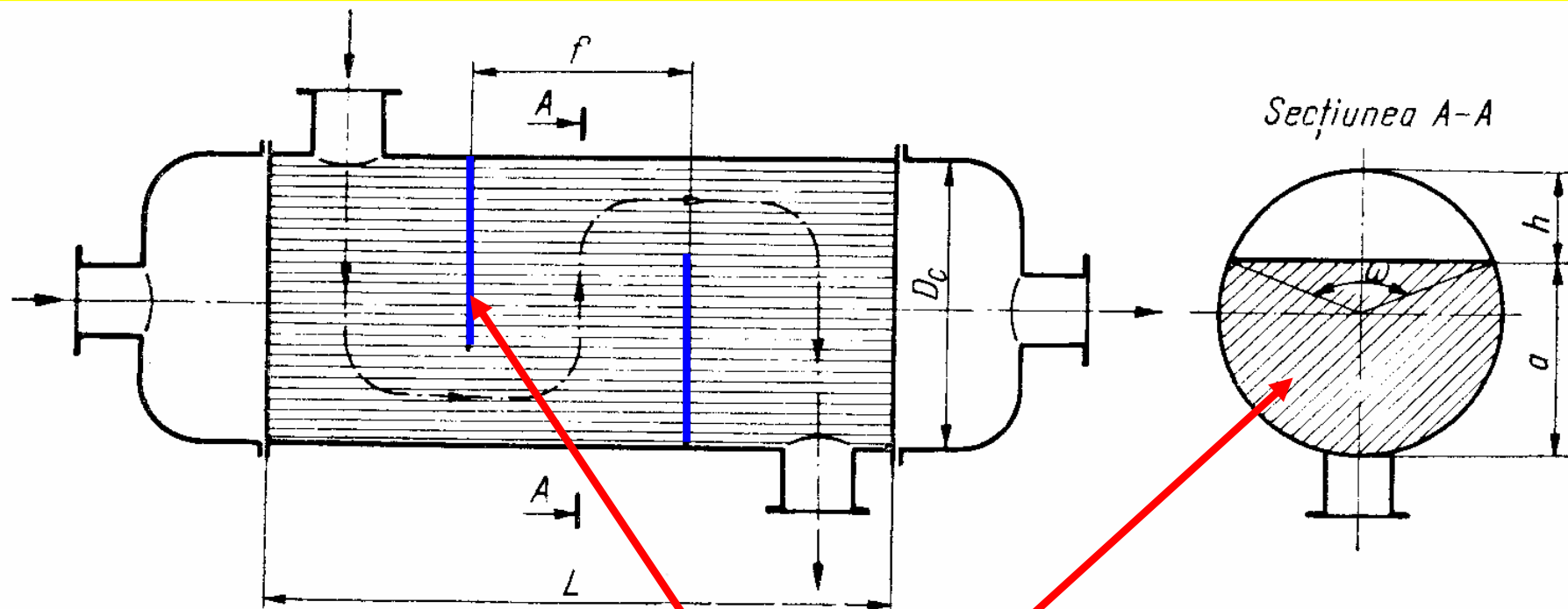
1. Longitudinale (paralele cu tevile);
 2. Transversale (perpendiculare pe tevi);
 3. Elicoidale.
- o Sicanele (2) si (3) au avantajul suplimentar de a dirija fluidul in curgere perpendiculara pe fasciculul de tevi (transfer termic in curent incrucisat) = imbunatatirea coeficientului de transfer de caldura.

SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN MANTA



Dispunerea unui perete despărțitor longitudinal în spațiul extra-tubular al unui schimbător de căldură.

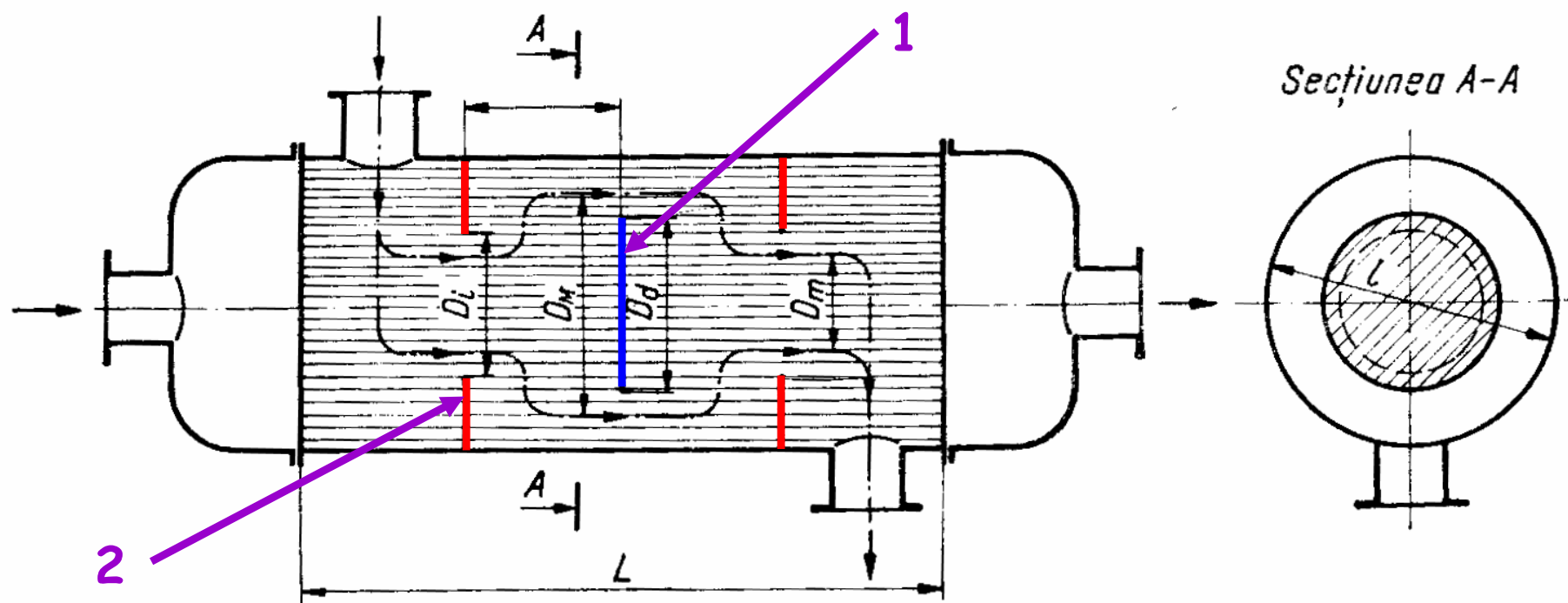
SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN MANTA



Schimbător de căldură cu șicane transversale în formă de segment de cerc.

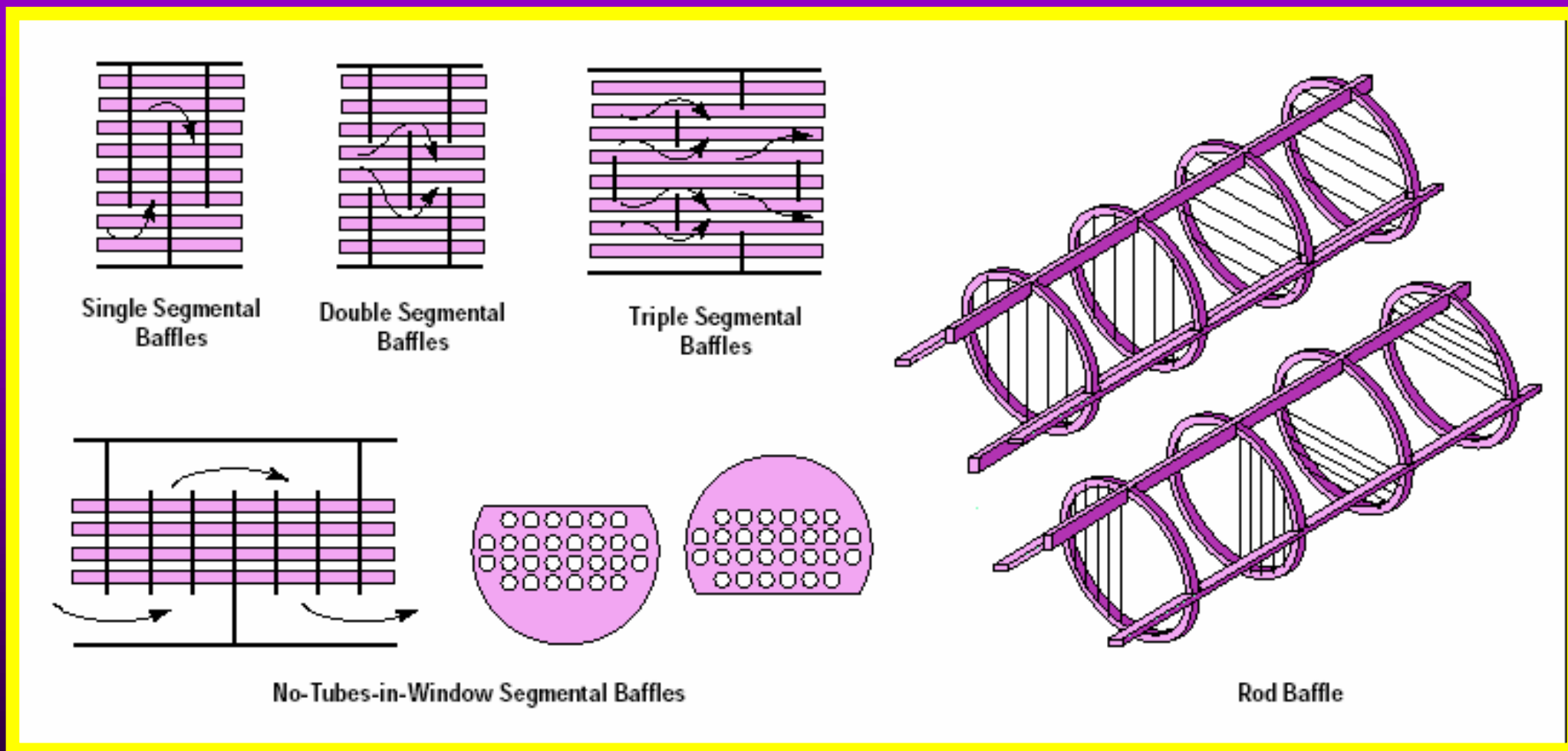
Sicane transversale in forma de segment de cerc

SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN MANTA



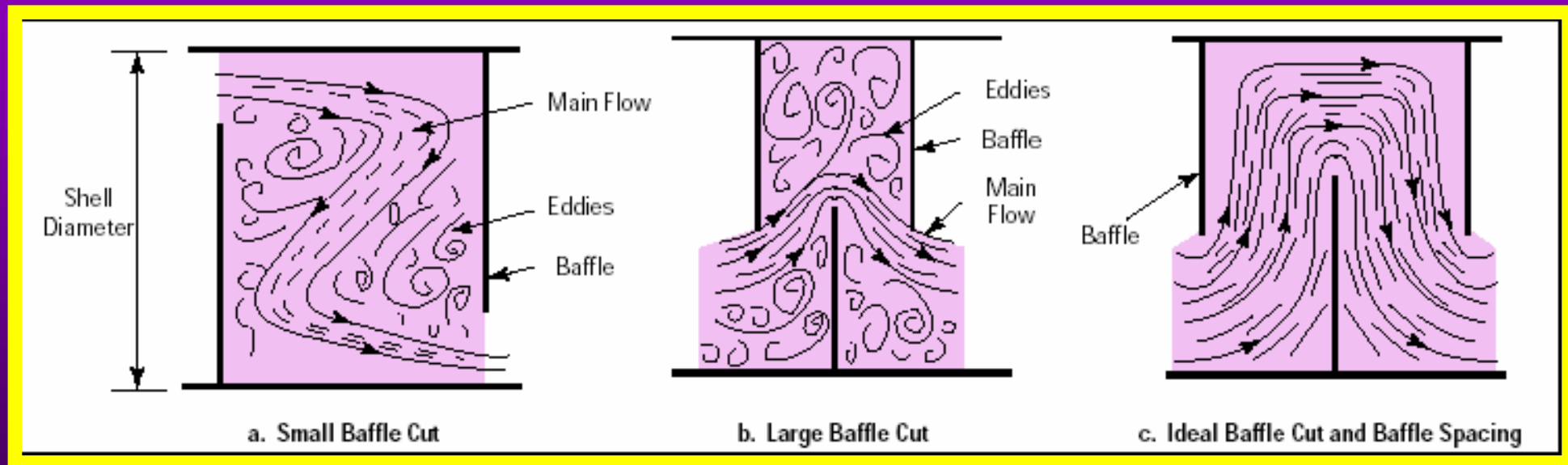
Sicane transversale in forma de disc (1) si inel (2)

SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN MANTA



Diverse tipuri de sicane transversale

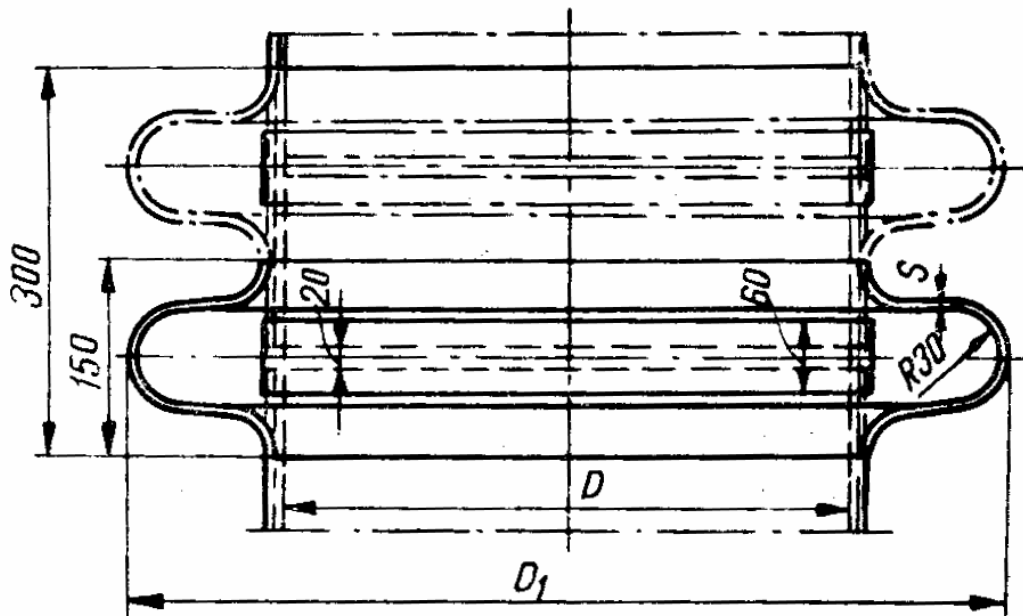
SCFT CU MAI MULTE TRECERI PRIN MANTA



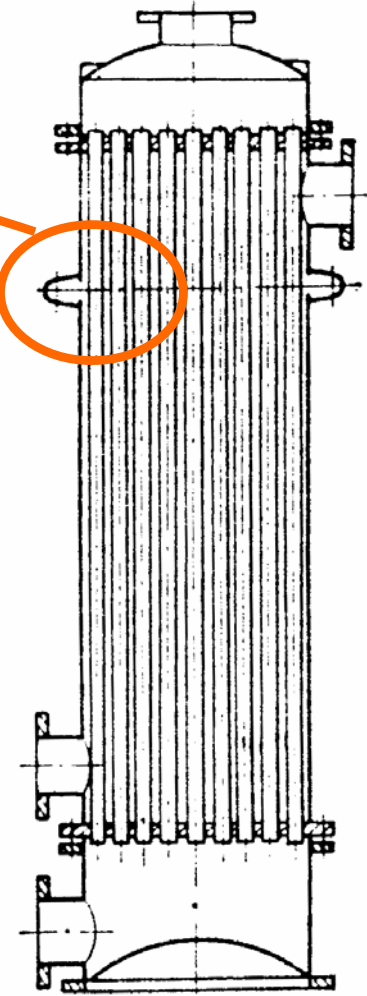
Efectul inaltimii sicanelor asupra curgerii fluidului din manta: a) prea mare; b) prea mica; c) ideala.

SCFT - COMPENSAREA DILATARILOR TERMICE

- Cu compensatori de dilatare lenticulari montati pe manta



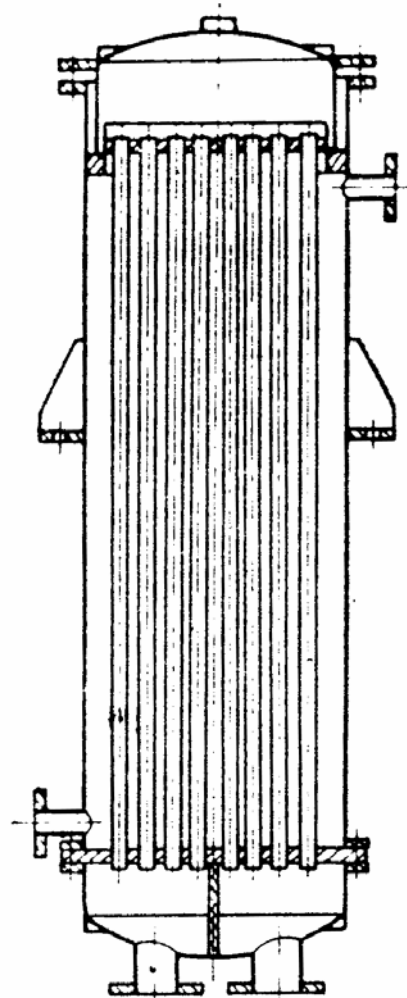
Compensator lenticular montat pe manta



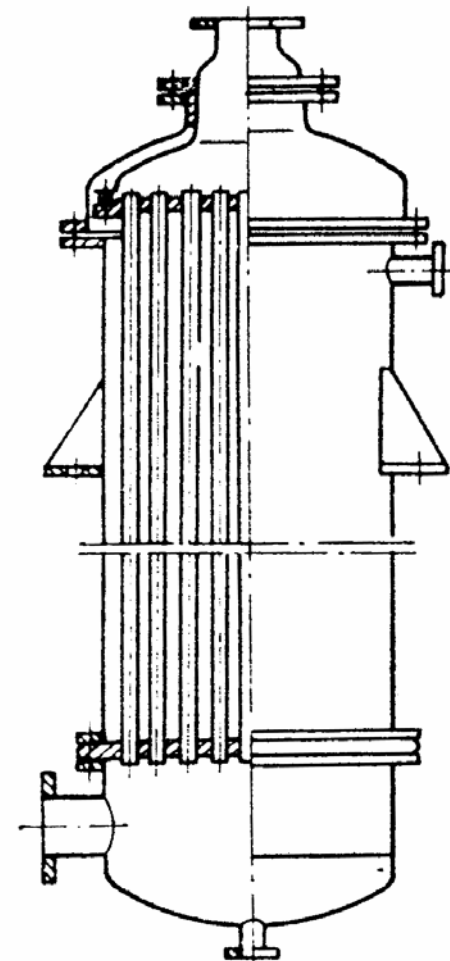
SCFT - COMPENSAREA DILATARILOR TERMICE

Cu presetupa in:

- a) Capac
- b) Manta



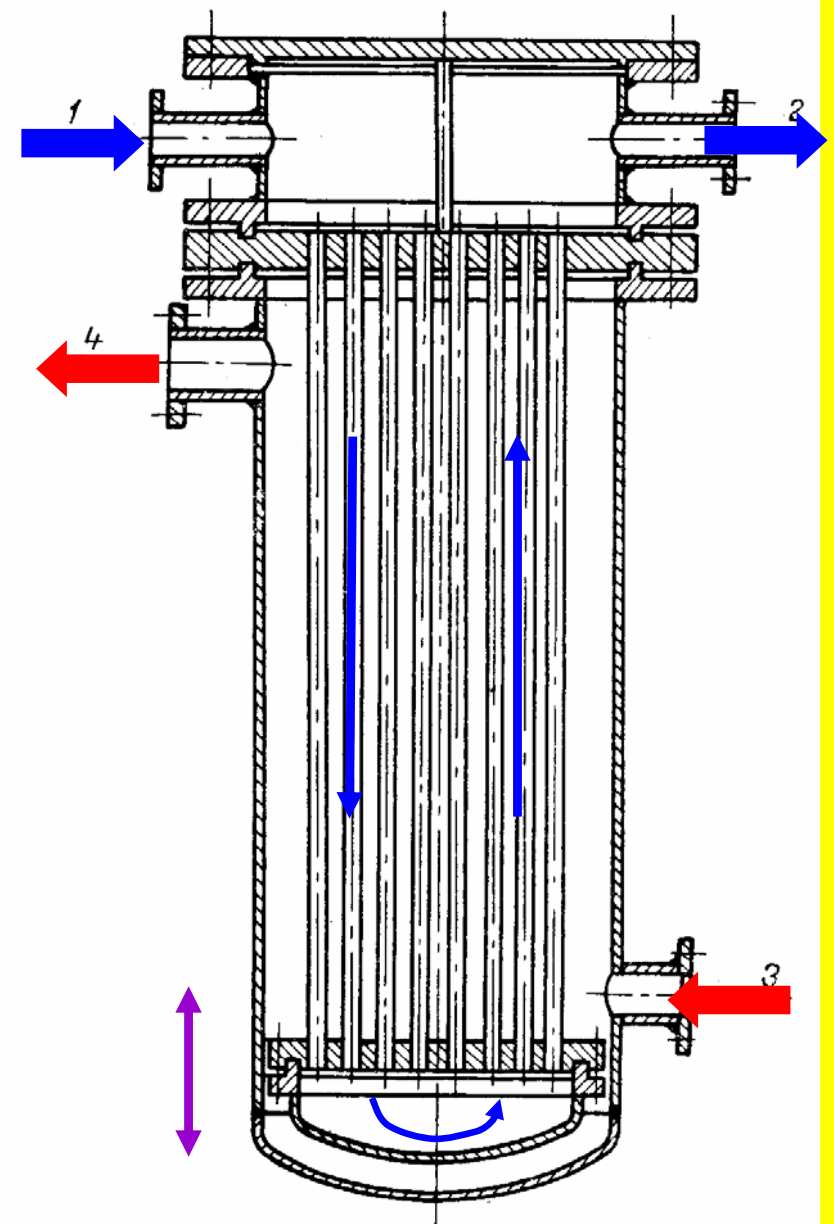
a)



b)

SCFT - COMPENSAREA DILATARIILOR TERMICE

- Schimbator de caldura cu cap flotant

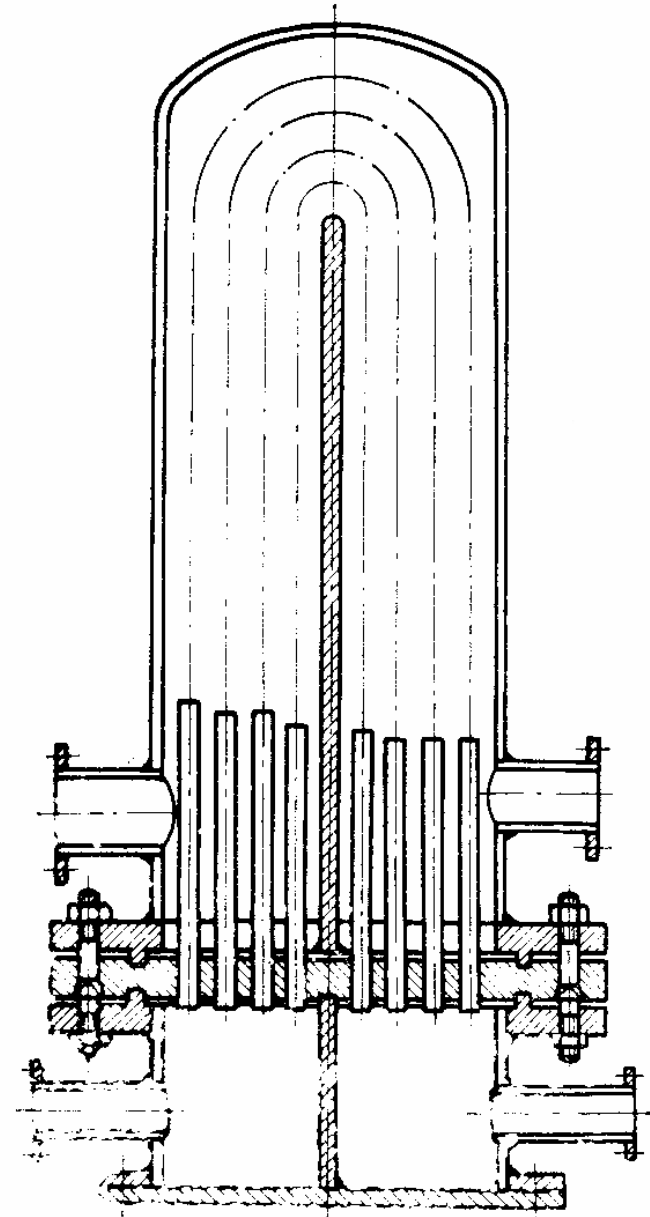


Schimbător de căldură tubular cu placă mobilă:

1, 2 – intrarea și ieșirea fluidului încălzitor; 3, 4 – intrarea și ieșirea fluidului încălzit

SCFT - COMPENSAREA DILATARIILOR TERMICE

- Fascicul tubular in forma de "U"



Schimbător de căldură
cu țevi în „U”

SCFT - COMPENSAREA DILATARILOR TERMICE

Fascicul tubular in
forma de "U"

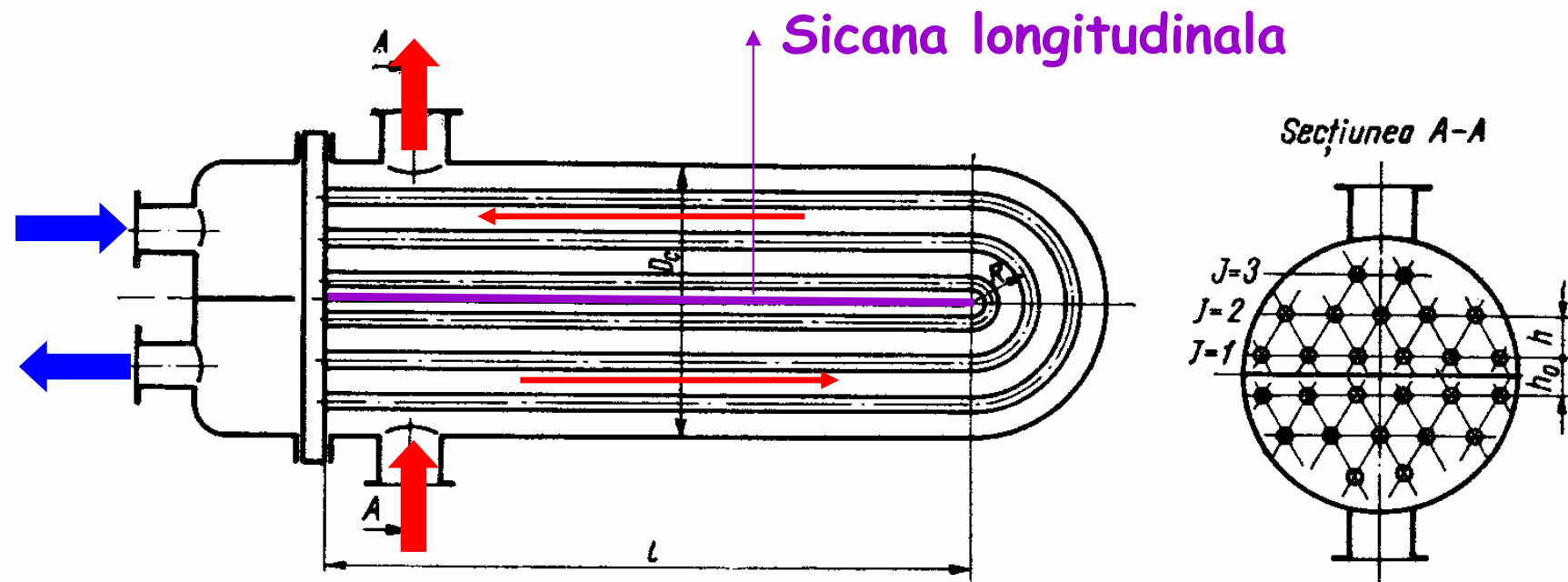
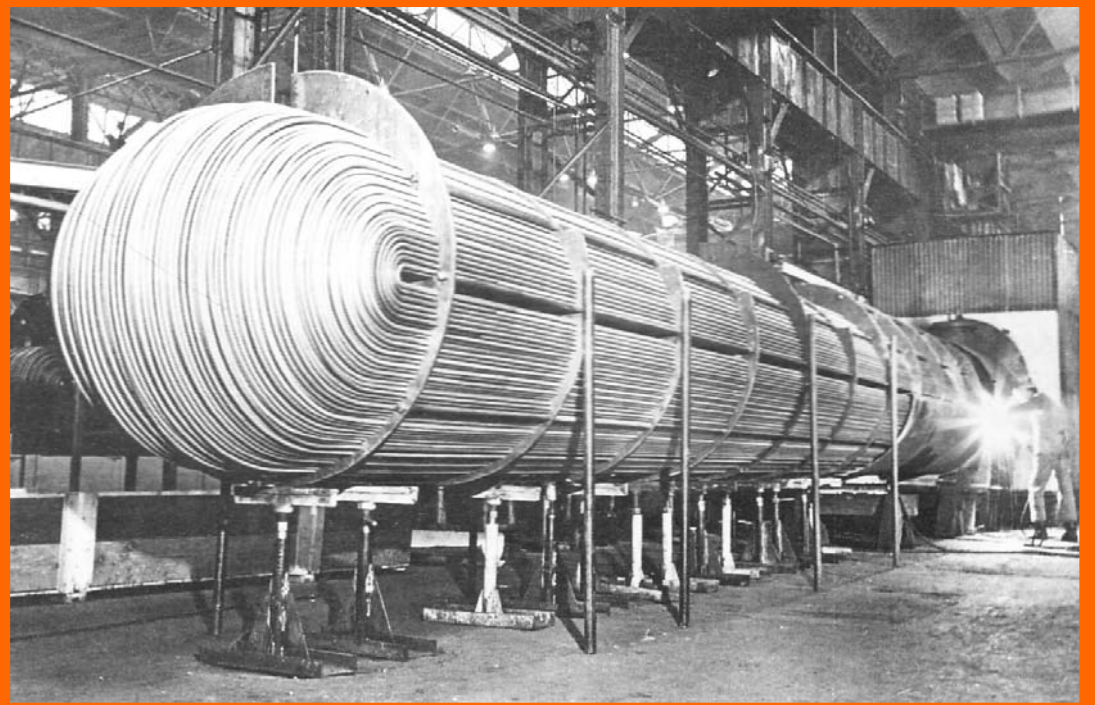
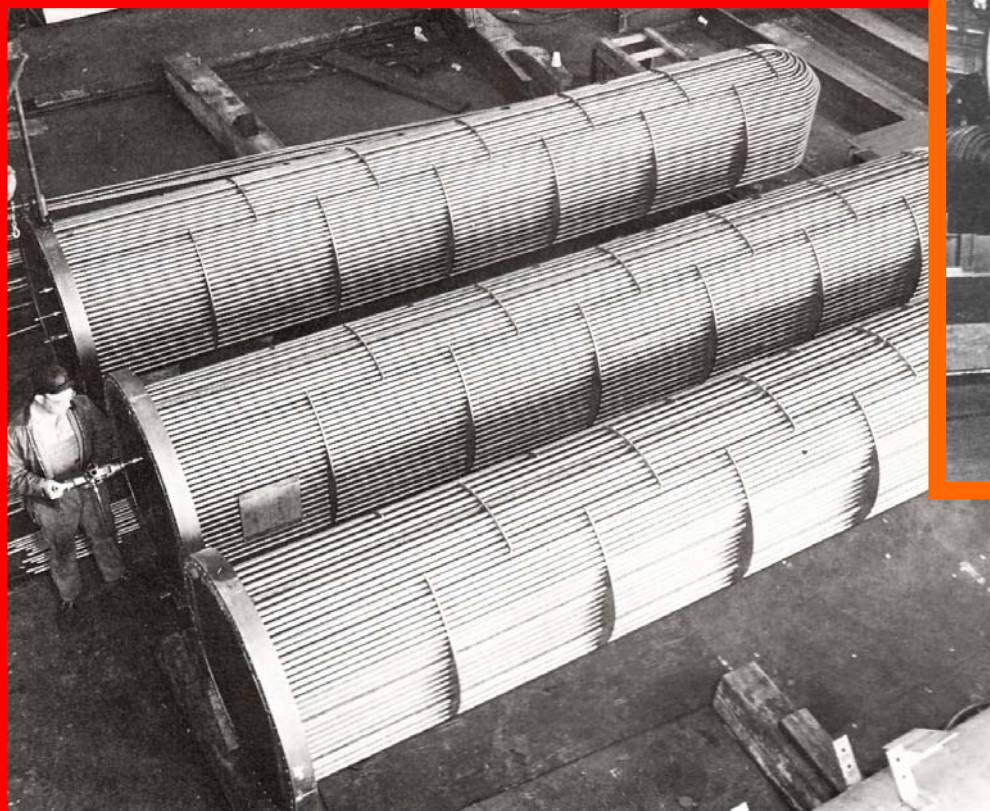


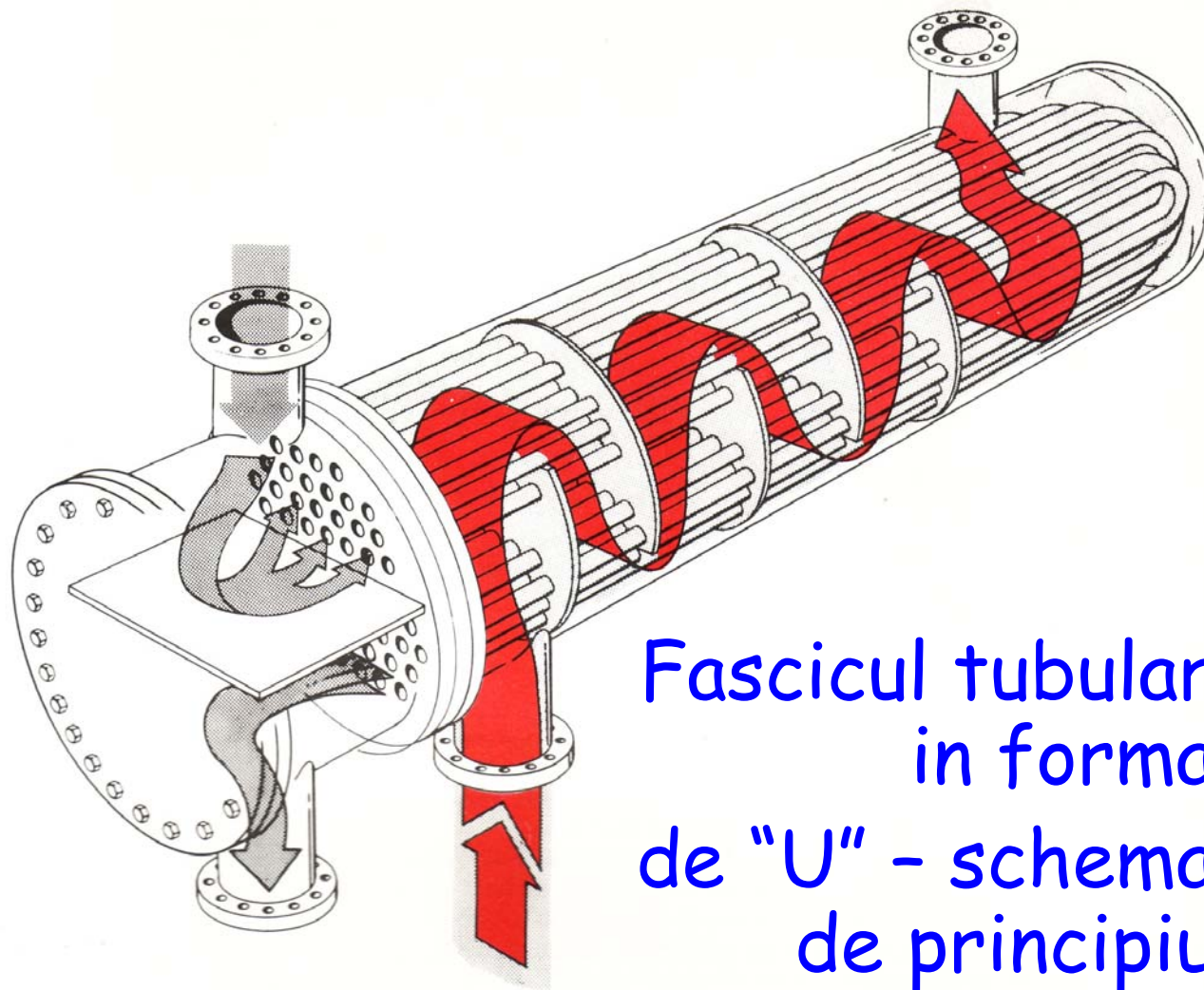
Fig. 3.11. Schimbător de căldură cu fascicul tubular în formă de U.

SCFT - COMPENSAREA DILATARILOR TERMICE

Fascicul tubular in
forma de "U"



SCFT - COMPENSAREA DILATARILOR TERMICE



Fascicul tubular
in forma
de "U" - schema
de principiu

SCFT - CURATIREA DEPUNERILOR

Depuneri:

- o Cruste (saruri de Ca si Mg: CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 , silice);
- o Produse de coroziune;
- o Namol;
- o Microbiologice.

Toate depunerile conduc la inrautatarea transferului termic = scaderea coeficientu-lui global de transfer, K

SCFT - CURATIREA DEPUNERILOR

Depuneri:

- o Cruste (saruri de Ca si Mg: CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 , silice):



SCFT - CURATIREA DEPUNERILOR

Depuneri:

o Produse de coroziune:



SCFT - CURATIREA DEPUNERILOR

Depuneri:

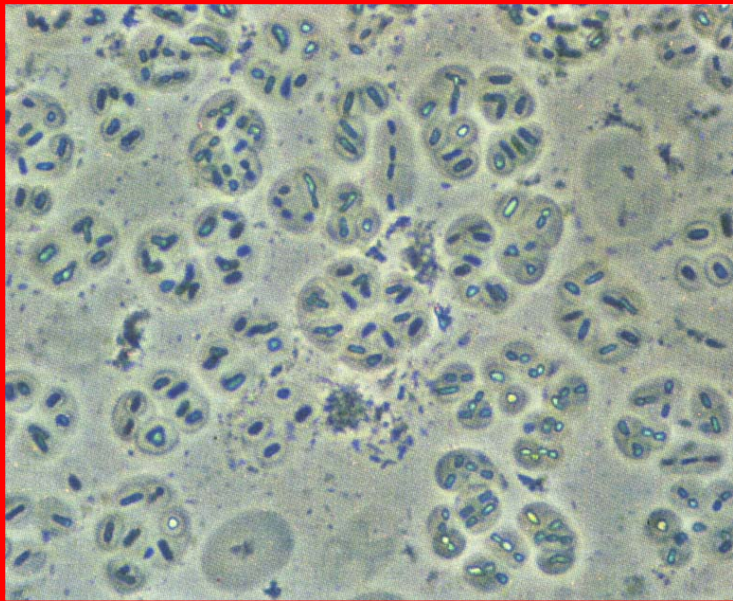
o Namol:



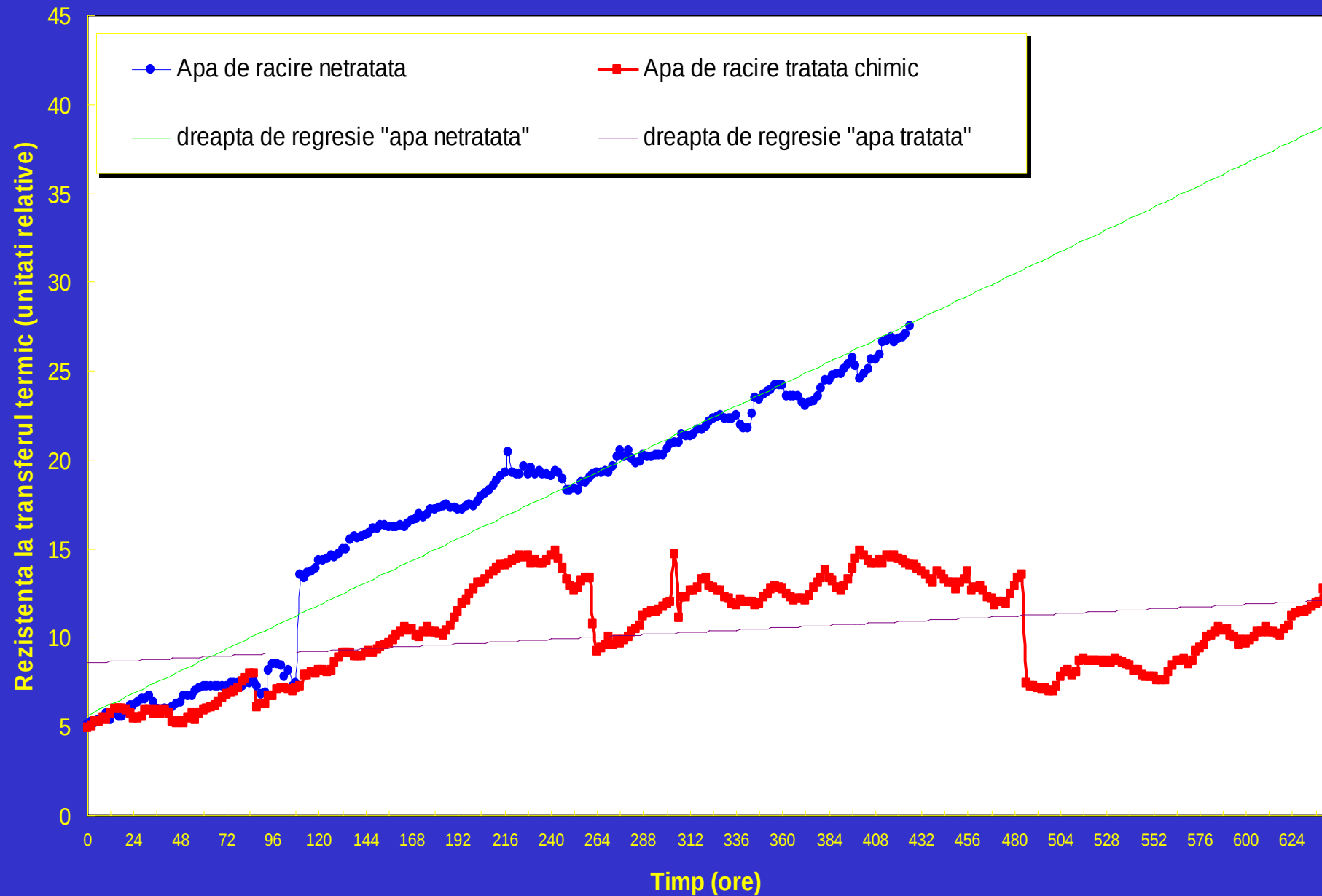
SCFT - CURATIREA DEPUNERILOR

Depuneri:

o Microbiologice:



SCFT - CURATIREA DEPUNERILOR



SCFT - CURATIREA DEPUNERILOR

Scoaterea din circuit a schimbatorului de caldura urmata de curatire (OFF LINE):

- **Mecanica:**
 - Jeturi de apa;
 - Freze, perii etc.
- **Chimica:**
 - Solutii acide cu inhibitori de coroziune.

Curatirea in timpul functionarii (ON LINE):

- **Mecanica:**
 - Perii in miscare;
 - Bile spongioase in circulatie.
- **Chimica:**
 - Tratarea agentului termic (apa) cu inhibitori de coroziune, de cruste, biocizi.
- **Electromagnetica:**
 - Inhibarea depunerilor prin campuri magnetice.

CURATIREA ON LINE A DEPUNERILOR

Curatirea
mecanica



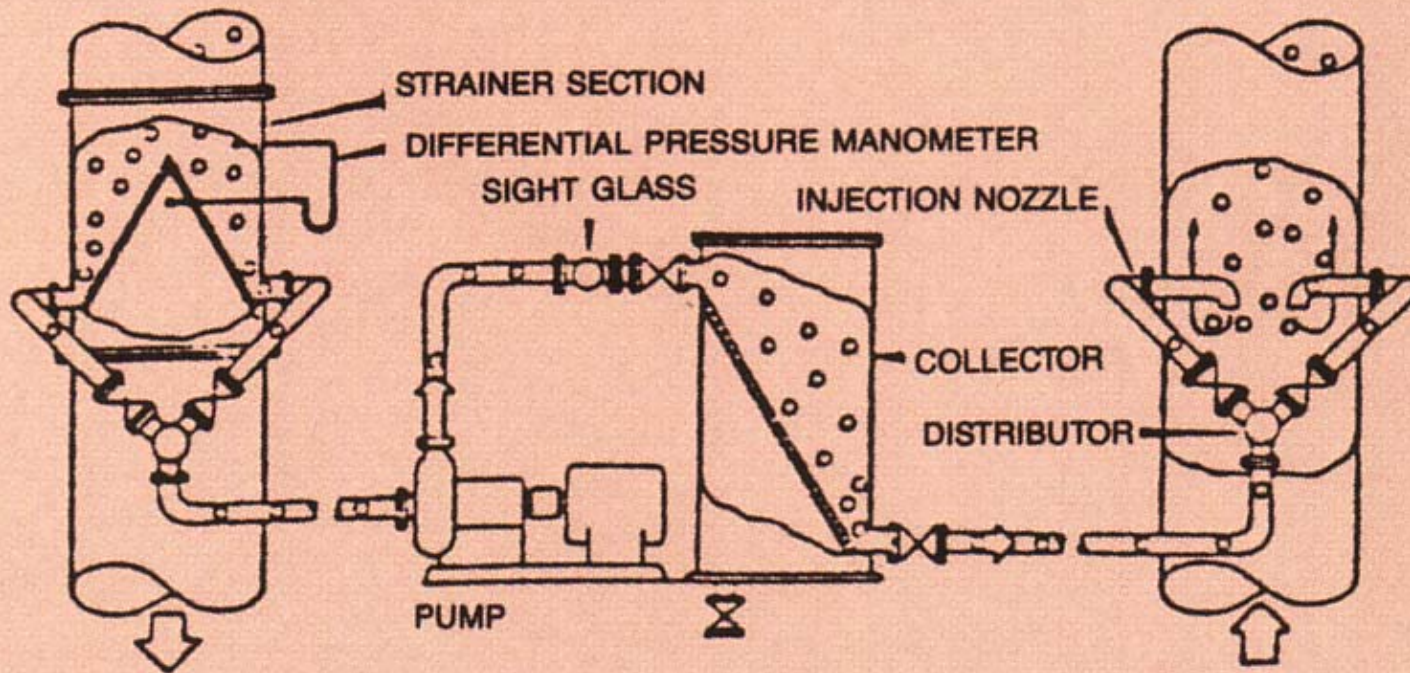
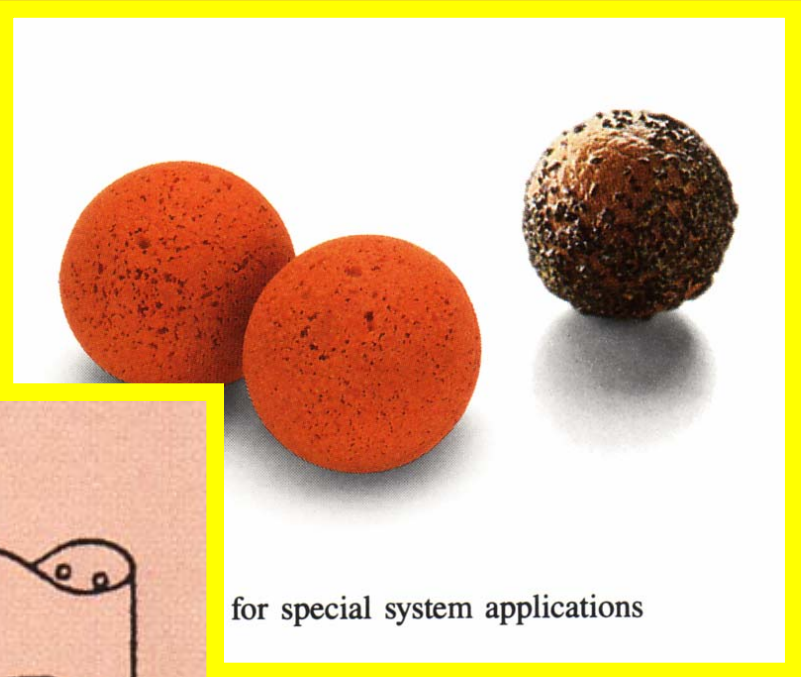
CURATIREA ON LINE A DEPUNERILOR

- Sisteme de perii:



CURATIREA ON LINE A DEPUNERILOR

- Sisteme de bile in circulatie:



CURATIREA ON LINE A DEPUNERILOR

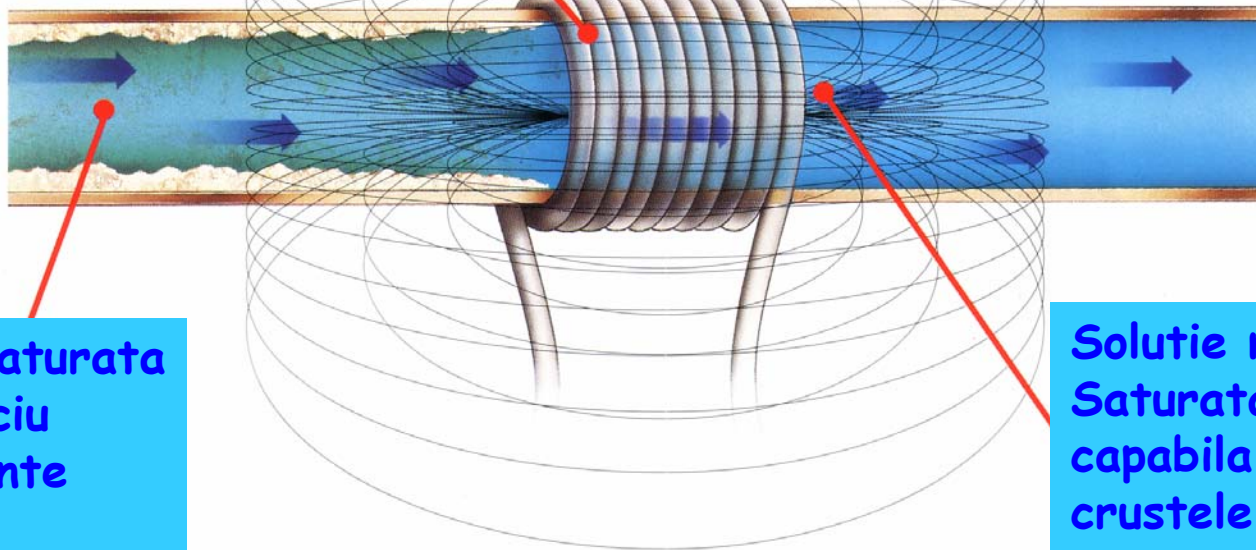
Tratarea in camp magnetic a agentului termic (apa)
la intrare in schimbatorul de caldura

Cablu transmite
semnal, infasurat pe
exteriorul conductei

Campul semnalului
modulat complex

Scalewatcher's patented technology works by producing a complex frequency modulated waveform. Reacting to the varying applied field the Scalewatcher creates an induced electric field inside the pipe whereby the crystal growth of scaling minerals in the water is promoted.

Crystals remain suspended in solution and no longer contribute to the build-up of hard pipewall deposits. Existing scale layers are softened and loosened scale crystals are removed from the system by the waterflow.



Intrare apa saturata
cu ioni de calciu
si alte substante
minerale

Solutie mai putin
Saturata cu calciu,
capabila sa dizolve
crustele existente

CURATIREA ON LINE A DEPUNERILOR

- Tratarea chimica a apei de racire cu inhibitori:
 - de coroziune;
 - de cruste;
 - de crestere a cristalelor;
 - de dezvoltari microbiologice (biocizi).



CALCULUL SCHIMBATOARELOR DE CALDURA CU FASCICUL TUBULAR

CALCULUL SCFT

- **Calcul termic:** determinarea suprafetei necesare de transfer de caldura, respectiv a sarcinii termice a unui schimbator de caldura dat.
- **Calcul hidrodinamic:** determinarea caderilor de presiune prin spatiul intratubular si prin spatiul intertubular → puterea necesara vehicularii fluidelor prin schimbator.

CALCULUL SCFT

- **CALCULUL TERMIC** se bazeaza pe doua ecuatii fundamentale:

- Ecuatia bilantului termic:

$$Q_1 = Q_2 + Q_{\text{pierderi}}$$

- Ecuatia transferului termic:

$$Q = K \times A \times \Delta T_m$$

- Cele doua ecuatii contin 7 variabile independente:
 - 2 debite ale agentilor termici;
 - 4 temperaturi (intrare - iesire) ale celor 2 agenti;
 - Suprafata de transfer de caldura, A.

CALCULUL SCFT

• CALCULUL TERMIC:

DE PROIECTARE: presupune determinarea suprafetei de transfer de caldura (A), celelalte 6 marimi independente fiind legate intre ele prin ecuatia bilantului termic.

DE VERIFICARE SAU DE STABILIRE A UNUI REGIM

DE FUNCTIONARE: pentru un schimbator de caldura dat (avand suprafata de transfer A cunoscuta) se determina:

- Sarcina termica pe care o poate transfera aparatul;
- Temperaturile agentilor termici la iesire din aparat;
- Un debit de agent termic si o temperatura;
- Etc.

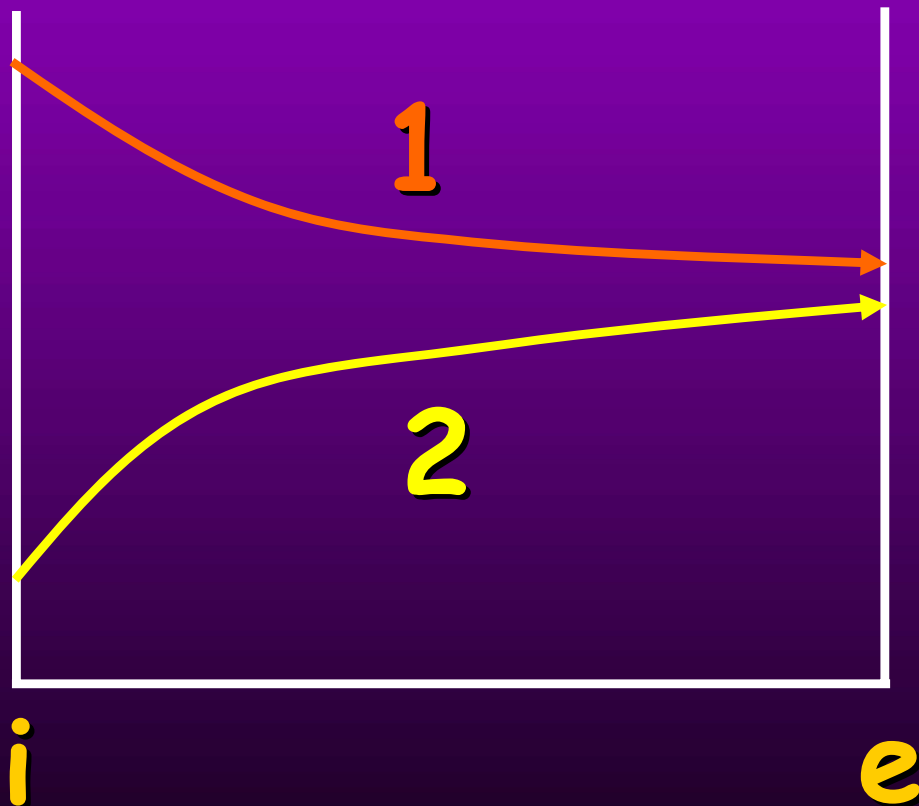
CALCULUL SCFT

CALCULUL TERMIC DE PROIECTARE FOLOSIND METODA DIFERENTEI MEDII DE TEMPERATURA:

1. Se impun 5 din cele 6 marimi (debite + temperaturi) care caracterizeaza cei doi agenti termici;
2. Se determina din ecuatia bilantului termic debitul (temperatura necunoscuta);
3. Se determina ΔT_m pentru curgerea in contracurent;
4. Se corecteaza valoarea calculata a lui ΔT_m in functie de tipul real de curgere prin aparat;
5. Se determina coeficientul global de transfer de caldura, K - calculul este iterativ, coeficientii α_1 si α_2 fiind functie de temperatura peretelui si de o dimensiune geometrica a suprafetei de transfer;
6. Se determina suprafata de transfer termic, A , din ecuatia transferului de caldura;

CALCULUL SCFT - ΔT_{mediu}

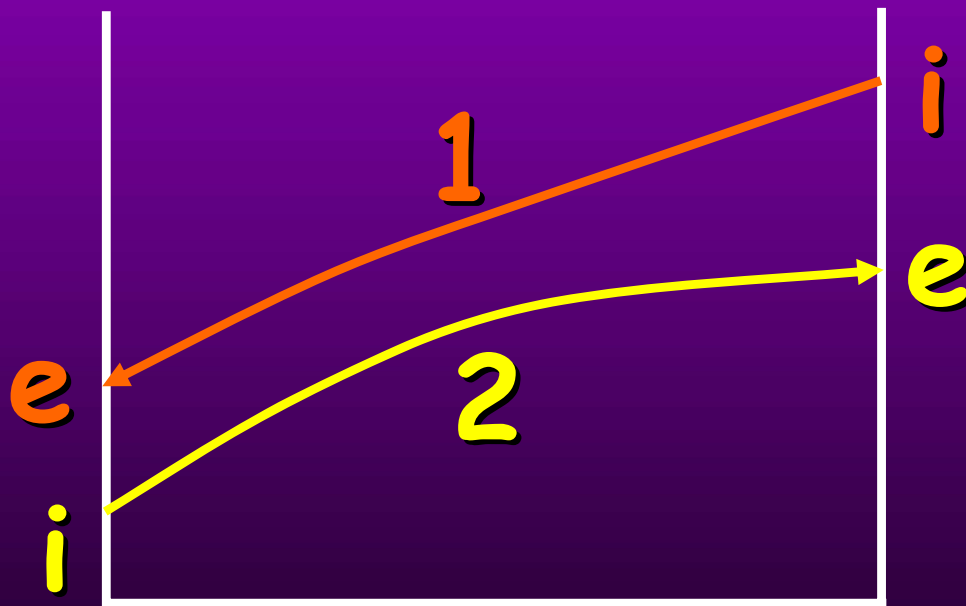
- Schimbatoare de caldura cu o singura trecere - circulatia fluidelor in echicurent:



$$\Delta T_m^{\text{EC}} = \frac{(T_1^i - T_2^i) - (T_1^e - T_2^e)}{\ln \frac{(T_1^i - T_2^i)}{(T_1^e - T_2^e)}}$$

CALCULUL SCFT - ΔT_{mediu}

- Schimbatoare de caldura cu o singura trecere
- circulatia fluidelor in contracurent:



$$\Delta T_m^{CC} = \frac{(T_1^e - T_2^i) - (T_1^i - T_2^e)}{\ln \frac{(T_1^e - T_2^i)}{(T_1^i - T_2^e)}}$$

CALCULUL SCFT - ΔT_{mediu}

- Schimbatoare de caldura cu mai multe treceri:

$$\Delta T_m = F \cdot \Delta T_m^{\text{CC}}$$

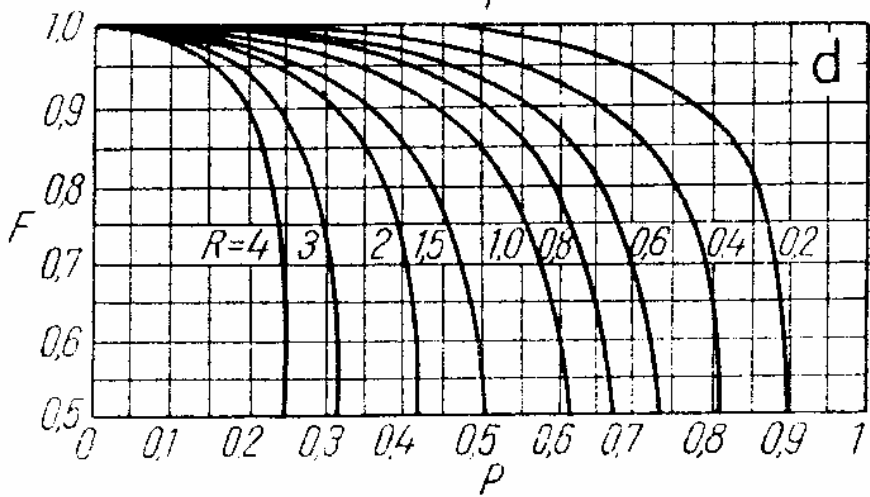
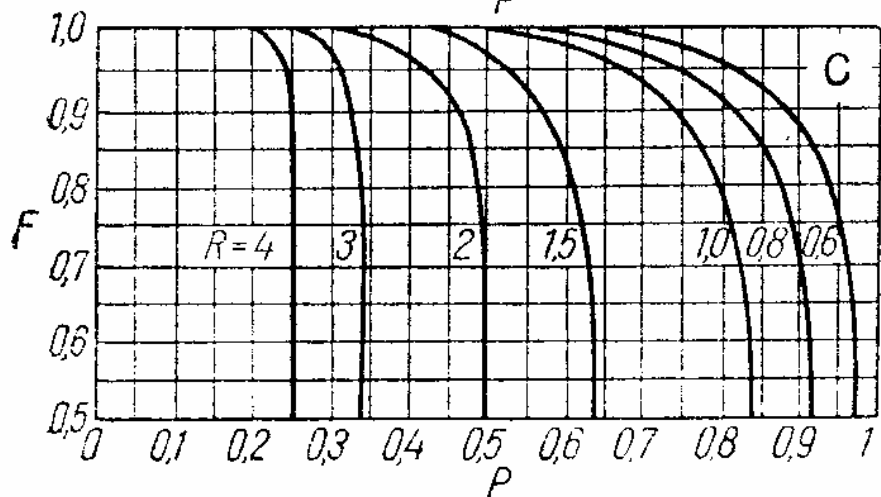
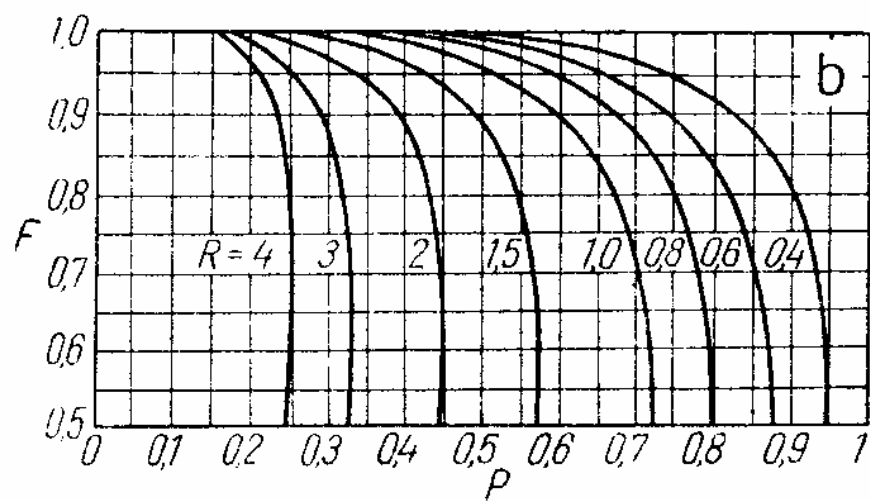
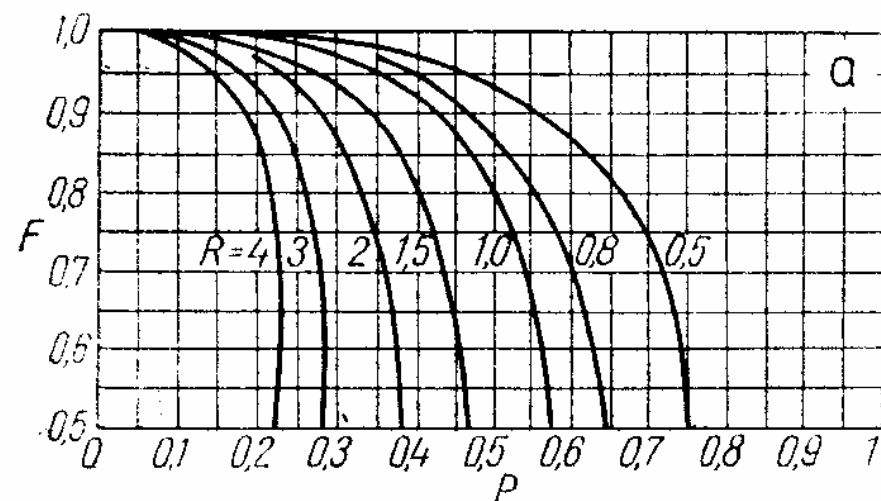
- Factorul de corectie subunitar "F" depinde de doua criterii, "P" si "R":
- Criteriul P** (eficacitatea termica) = raportul dintre gradul de incalzire a agentului secundar si diferenta maxima de temperatura disponibila:

$$P = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\text{max}}^{\text{d}}} = \frac{T_2^{\text{e}} - T_2^{\text{i}}}{T_1^{\text{i}} - T_2^{\text{i}}}$$

- Criteriul R** reprezinta raportul dintre capacitatile termice ale celor doi agenti termici:

$$R = \frac{C_2}{C_1} = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{T_1^{\text{i}} - T_1^{\text{e}}}{T_2^{\text{e}} - T_2^{\text{i}}}$$

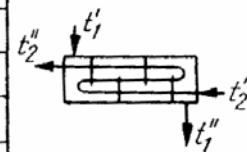
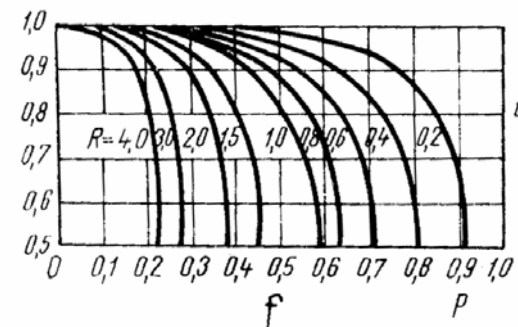
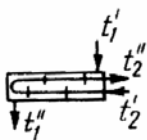
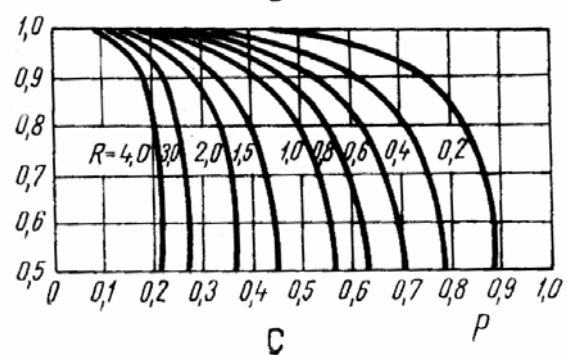
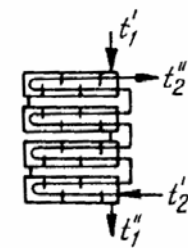
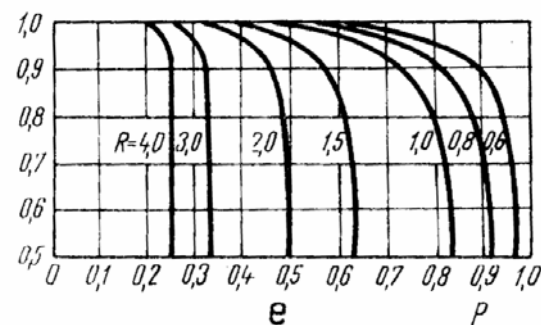
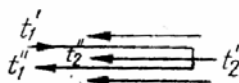
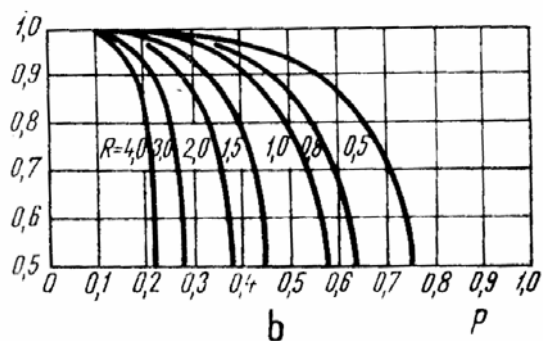
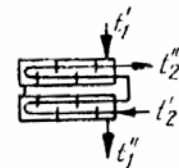
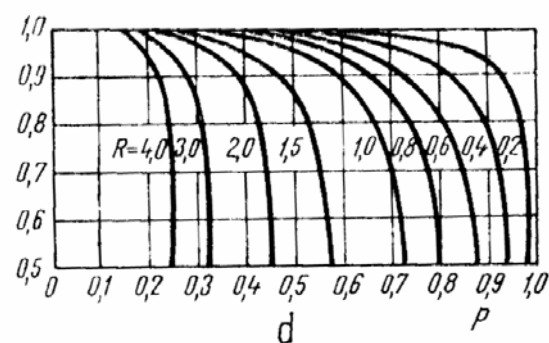
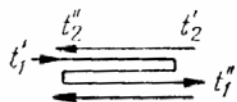
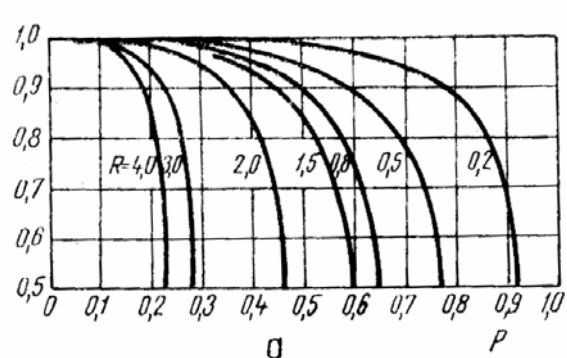
DEPENDENTA FACTORULUI F DE P SI R



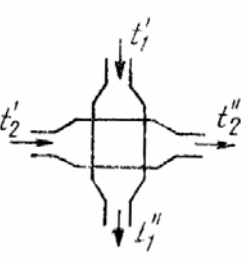
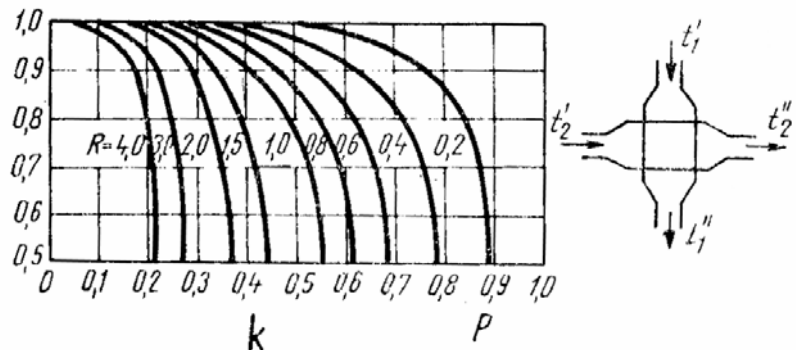
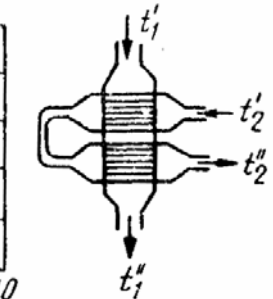
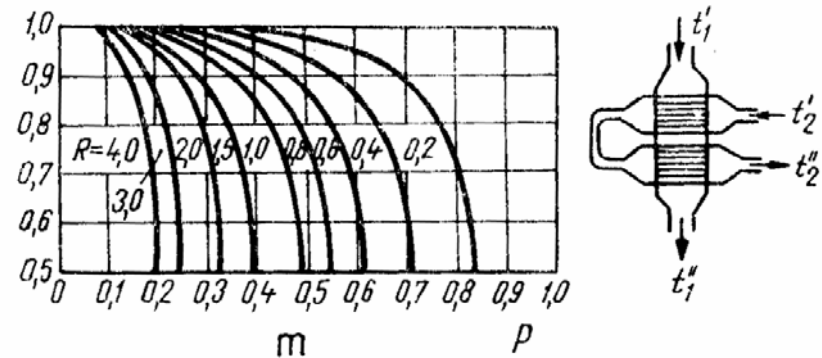
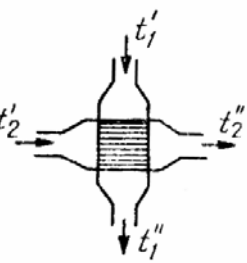
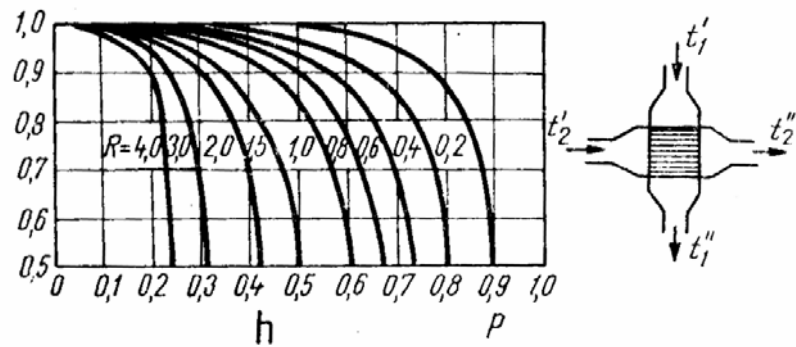
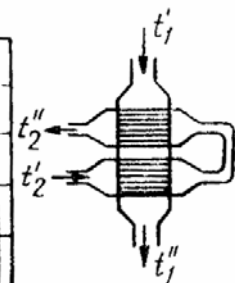
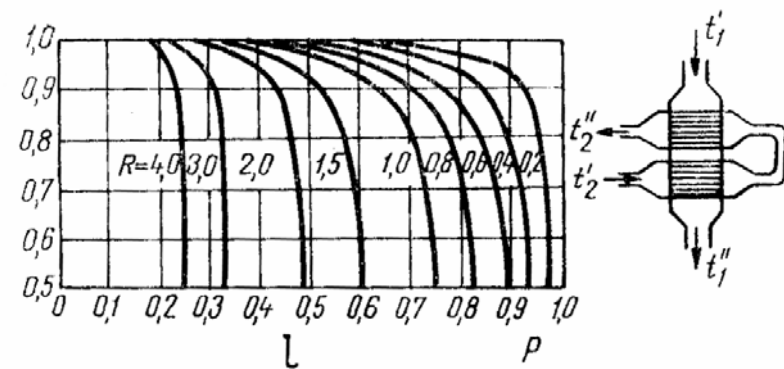
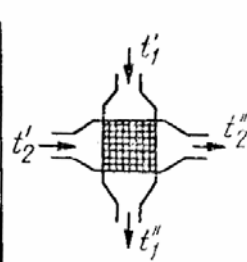
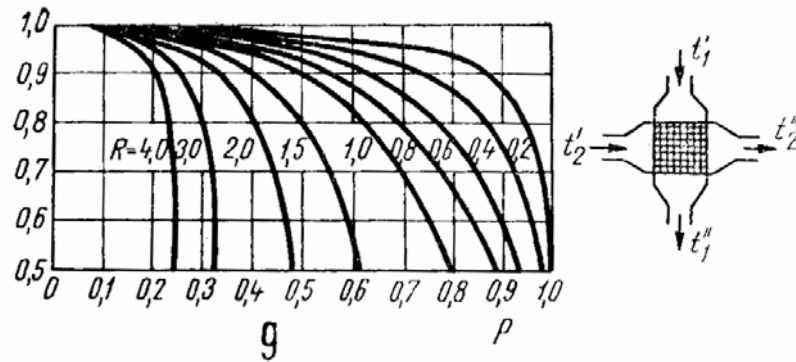
Diagrame pentru calculul schimbătoarelor de căldură cu mai multe treceri și cu șicane:

a — o trecere printre țevi și două sau mai multe treceri prin țevi; b — două treceri printre țevi și patru sau mai multe treceri prin țevi; c — patru treceri printre țevi și opt sau mai multe treceri prin țevi; d — curent încrucișat: o trecere prin țevi și o trecere perpendiculară pe țevi.

DEPENDENTA FACTORULUI F DE P SI R



DEPENDENTA FACTORULUI F DE P SI R



SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

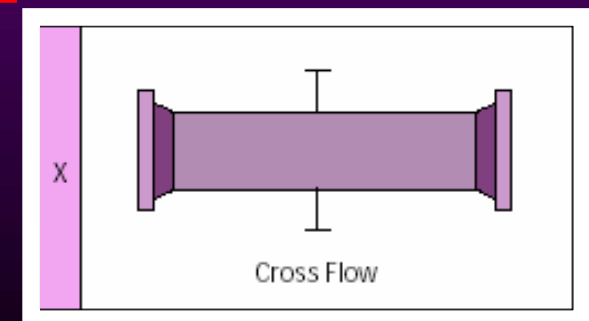
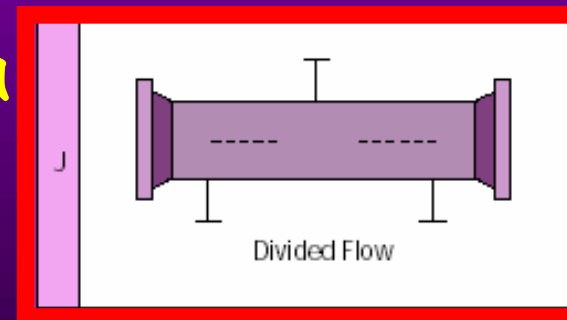
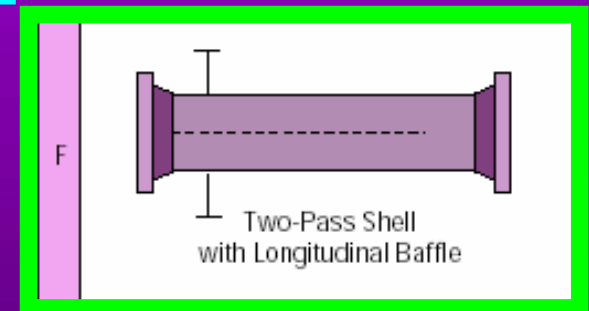
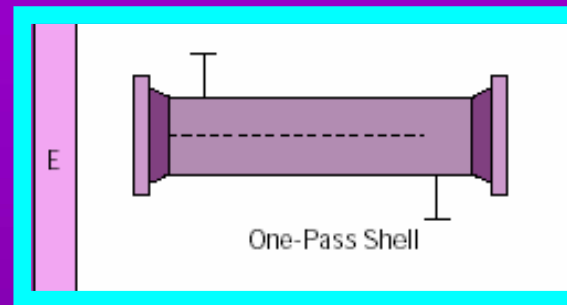
ALEGEREA ELEMENTELOR CONSTRUCTIVE

- o Mantaua;
- o Capacul de distributie;
- o Capacul de capat;
- o Sicanele;
- o Tevile: diametru, asezare, pas;
- o Intrarea fluidului in manta;
- o Numarul de treceri;
- o Fluidul care curge prin tevi.

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

MANTAUUA

- Cel mai utilizat tip: **TEMA E**;
- La SC cu nr. mare de treceri prin tevi: **TEMA F**;
- Pt. ΔP mici: **TEMA J** (scade insa eficienta termica);
- Cele mai mici ΔP : **TEMA X** (rec. la condensarea vaporilor la presiune coborata).



SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

MANTAUĂ -
diametre
recomandate
pt. SC cu
placi tubulare
fixe

Diametrul nominal	Diametrul exterior	Grosime perete			Diametrul interior		
		mm			mm		
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
150	168	4,5		4	159		160
200	219	5,9		4	207,2		211
250	273	6,3		4	260,4		265
300	324	7,1		4	309,8		316
350	355	8	6	4	339	343	347
400	406	8,8	6	4	388,4	394	398
500	508		6	4		496	500
600	600		6	5		588	590
700	700		8	5		684	690
800	800		8	5		784	790
900	900		10	6		880	888
1000	1000		10	6		980	988
1100	1100		12	7		1076	1086
1200	1200		12	7		1176	1186

(1) tub sudat din oțel carbon; (2) roluită din oțel carbon; (3) roluită din oțel inoxidabil.

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

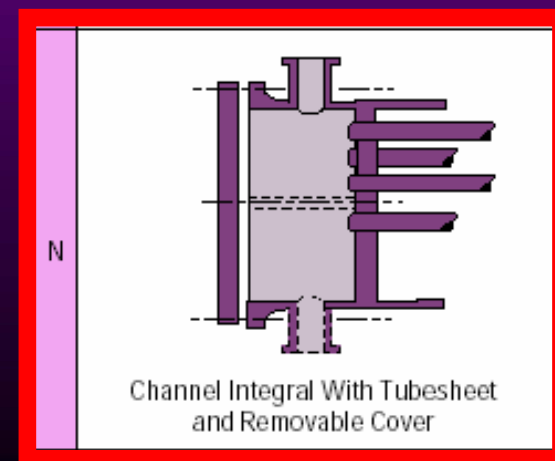
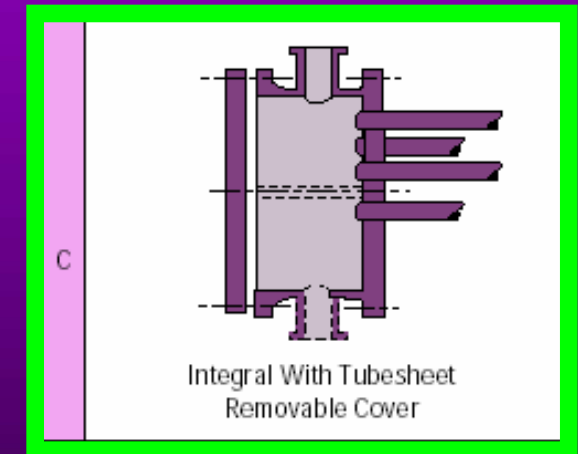
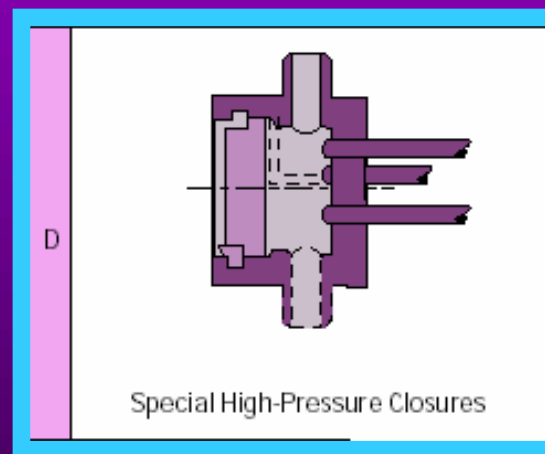
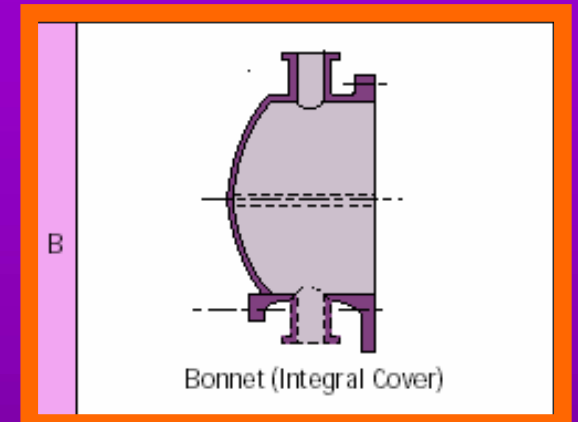
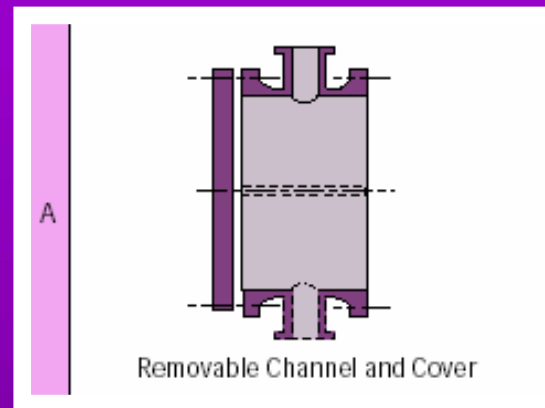
MANTAUĂ - diametre recomandate pt. SC cu cap mobil

Diametrul nominal	Diametrul exterior	Grosime perete mm			Diametrul interior mm		
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
150	168	4		3,2	160		161,6
200	219	4,5		3,2	210		212,6
250	273	5		3,2	263		266,6
300	324						
400	406	5,6	6	3,2	312,8	312	317,6
600	508	6,3	6	4	393,4	394	398
700	600	6,3	6	4	495,4	496	500
800	700		6	5		588	590
900	800		8	6		684	688
1000	900		8	6		784	788
1100	1000		8	6		884	888
1200	1100		8	6		984	988
	1200		10	8		1080	1084
			10	8		1180	1184

(1) tub sudat din oțel carbon; (2) roluită din oțel carbon; (3) din oțel inoxidabil.

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

- **CAPACUL DE DISTRIBUTIE:**
- Criteriul alegerii - usurinta accesului la placa tubulara, in vederea curatirii:
 - Pentru fluide cu depuneri **TEMA A**;
 - Pentru ΔP mici **TEMA B**;
 - La presiuni ridicate ale fluidului **TEMA D**;
 - Reducerea greutatii aparatului **TEMA C**, **TEMA N**.



SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

- CAPACUL DE CAPAT
- Solutii rigide (TEMA L, M, N): daca
 $|T_{\text{manta}} - T_{\text{tevi}}| < 55 \text{ K}$ (fara compensator pe manta);
 $|T_{\text{manta}} - T_{\text{tevi}}| < 80 \text{ K}$ (cu compensator pe manta);
- Solutii elastice:
 - cap mobil (TEMA P, S, T, W) - constructii complicate
 - Fascicul de tevi U - dificultati la inlocuire si curatire interioara a tevilor

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

SICANELE

- Maresc viteza de curgere peste tevi;
- Sustin tevile;
- Previn vibratiile.
- o Distanța minimă între sicane: $0,1D_{\text{manta}}$ dar nu mai puțin de 50 mm;
- o Distanța maximă între sicane: $1D_{\text{manta}}$;
- o Pentru prevenirea vibrațiilor, distanța dintre sicane trebuie să fie între 50 și 80 de diametre de teava.

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

TEVILE

- Diametru mic = transfer termic ridicat;
- Pentru curatirea mecanica se recomanda $d_{\min} = 20 \text{ mm}$; $L_{\max} = 5 \text{ m}$;
- Se recomanda $d_{\text{manta}}/d_{\text{teava}} \geq 15$;
- Pasul dintre tevi, $t = (1,2 \div 1,5) d_{\text{ext}}$ dar nu mai mic de 6 mm;
- Intensitatea transferului termic, capacitatea aparatului si ΔP sunt invers proportionale cu t ;
- Asezarea tevilor:
 - In Δ (pe hexagoane) - aparat compact, α mare;
 - In $\square$ - permite curatirea exterioara a fasciculului.

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

Diametre nominale standardizate pentru tevi

D_e mm	δ_p mm	D_i mm	S_{sp} mm^2/m
6,0	0,5	5,0	0,019
8,0	1,5	5,0	0,025
10,0	1,5	7,0	0,031
(12,1)	1,5	9,0	0,038
14,0	2,0	10,0	0,044
(16,0)	2,0	12,0	0,050
18,0	2,0	14,0	0,057
20,0	2,0	16,0	0,063
(22,0)	2,5	17,0	0,069
25,0	2,5	20,0	0,079
30,0	2,5	25,0	0,094
38,0	2,5	33,0	0,119
44,5	2,5	39,5	0,139
51,0	2,5	46,0	0,160

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

Raportul
recomandat
intre diametrul
mantalei (D_s) si
diametrul
tevilor (D_e)

-  Zona recomandata;
-  Zona acceptata in anumite conditii.

$\frac{D_s}{D_e}$	100	200	300	500	700	1000	1500
6							
10							
14							
20							
25							
38							
51							

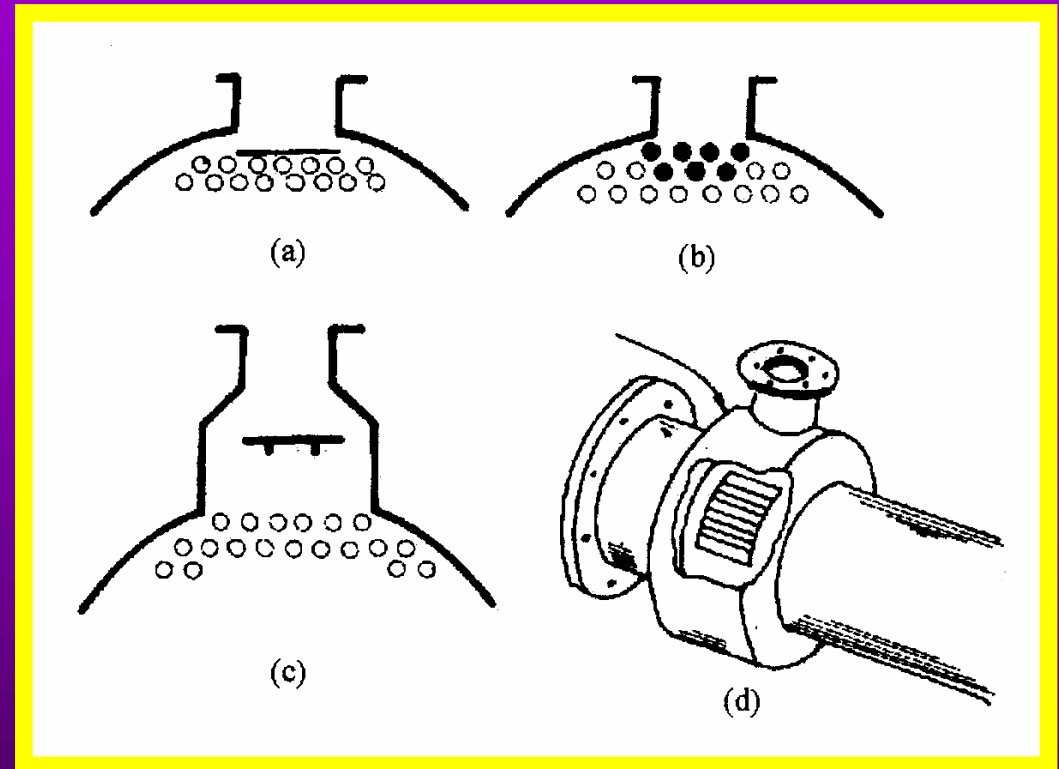
Inacceptabil
pt curățare

Neeconomic

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

INTRAREA FLUIDULUI IN MANTA

- La viteze mari ale fluidului
→ eroziunea tevilor in zona de intrare;
- Protectia fasciculului tubular se impune daca:
 - o $pv^2 > 2250$ - fluide necorozive si neabrazive;
 - o $pv^2 > 750$ - fluide corozive, abrazive, vapori saturati sau umezi;



a,c - placi de protecție;
b - tevi de protecție;
d - distribuitor inelar cu fereastră.

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

ALEGEREA NUMARULUI DE TRECERI (N_{tr})

- N_{tr} este impus de debitul si viteza fluidului prin tevi;
- Se face a.i. raportul $L/D < 15$;
- La debit si viteza date, cresterea N_{tr} duce la cresterea nr. de tevi, a diametrului fasciculului si mantalei $\rightarrow$ creste ΔP , scade eficienta termica a schimbatorului.

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

RECOMANDARI PRIVIND NUMARUL
MAXIM DE TRECERI (N_{tr}),
IN FUNCTIE DE DIAMETRUL MANTALEI

Diametru manta [mm]	N_{tr} maxim
200	2
400 ÷ 800	4 ÷ 6
800 ÷ 1200	6 ÷ 8
> 1200	8 ÷ 10

SCFT - INDICATII DE PROIECTARE

ALEGEREA FLUIDULUI CARE CURGE PRIN TEVI

- o Fluidul mai murdar si mai greu de curatat;
- o Fluidul mai coroziv;
- o Fluidul cu presiune mai ridicata;
- o Fluidul mai cald;
- o Fluidul toxic, inflamabil, exploziv;
- o Fluidul cu debitul mai mare;
- o Fluidul mai putin viscos;
- o Fluidul pentru care ΔP trebuie sa fie limitata.