

Fig. 34. Schema malaxorului cu acțiune centrifugă. Lămurire în text

## Capitolul 6

### SEPARAREA CORPURILOR SOLIDE ȘI LICHIDE

În procesul preparării extractelor, soluțiilor, suspensiilor, siropurilor etc., deseori avem de a face cu amestecuri, alcătuite din lichide și corpuri solide. Corpul solid, după proprietățile lui, are caracter diferit. El poate fi suspendat în particule mici, poate să prezinte un precipitat din particule mari cristalice, precipitat voluminos și mucilaginos etc. În aceste amestecuri poate fi o cantitate relativ diferită între corpul lichid și cel solid. Dacă faza solidă predomină cantitativ față de cea lichidă, ele se separă prin presare. În caz că avem de a face cu amestecuri neomogene lichide, în care corpul solid prezintă o fază suspendată (suspensii fine și macrodisperse), se folosește separarea bazată pe principiul sedimentării, filtrării ori prin centrifugare.

### 6.1. PRESAREA

Presarea ca metodă de separare a lichidelor de corpurile solide se folosește în acele cazuri, când faza solidă predomină față de cea lichidă nu numai cantitativ, însă și o menține forțat. Aceasta are loc la producerea extractelor, când după amestecarea lor în reziduu rămâne încă mult extragent și el poate fi separat folosind presiunea produsului vegetal extras. Cu acest scop se folosesc prese, care pot fi cu șurub sau hidraulice.

#### 6.1.1. Presa cu șurub

Presă cu șurub diferențială (fig. 35) se pune în mișcare manual, însă presiunea în ea poate fi atinsă pînă la 100 atmosfere. Aceasta se lămurște prin aceea că presa este înzestrată cu un dispozitiv special diferențial (cap) (2). Întorcînd pîrghia cu brațul lung (5) într-o parte (în jurul punctului de sprijin 4), penele (3) se sprijină în orificiile cadranului de jos (1), drept rezultat presa cu șurub se coboară puțin în jos. Mișcarea indirectă a pîrghiei va fi liberă. La o mișcare nouă a pîrghiei penele din nou cad în orificiile cadranului de jos și șurubul piesei face următoarea cotitură. Mișcările următoare ale pîrghiei șurubului vor coborî tot mai jos presa, dezvoltînd o presiune mare deasupra materialului, consumînd forțe cu mult mai mici decît la presa cu șurub obișnuită.

Pentru ridicarea șurubului trebuie de schimbat penele astfel, ca unghiurile lor să fie îndreptate în direcție opusă.

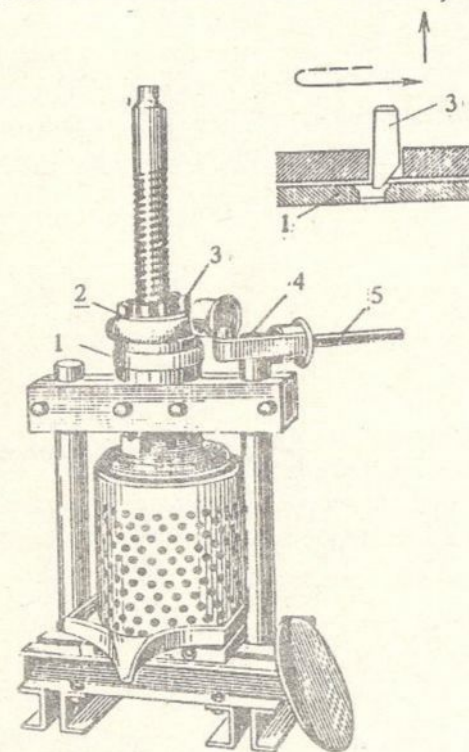


Fig. 35. Presă diferențială. Lămurire în text



### 6.1.2. Presa hidraulică

Pentru a obține presiuni mai înalte, care se măsoară în sute de atmosfere, se folosesc presele hidraulice. Schema unei astfel de presă este prezentată în fig. 36.

În cilindrul presei (1) se află pistonul (2) care în partea de sus se termină în formă de plită (11), pe care se aranjează materialul de presat. Presându-l, pistonul cu plita se ridică într-afăt, încît materialul se găsește strîns între suportul (7) cu traversă (5). Corpul presei (3) și traversa sînt unite prin coloane (6). De la pistonul presei se retrage țeava hidraulică (22), care o unește cu cilindrul pompei. Cilindrul presei mai are o țeavă de scurgere (21) spre bac (19), unde se află lichidul presei. Pompa este alcătuită din cilindru (15), piston (14) și mîner (13). Ridicînd mînerul și o dată cu el pistonul, în cilindrul pompei se formează o descărcare spațială. Lichidul din bac (19) și țeavă (18), sub presiunea atmosferică a aerului, ridică supapa de aspirație (17) și umple cilindrul pompei. Presînd lichidul cu ajutorul mînerului în jos, supapa (17) se închide, în același timp se deschide supapa de refulare (16). Astfel lichidul

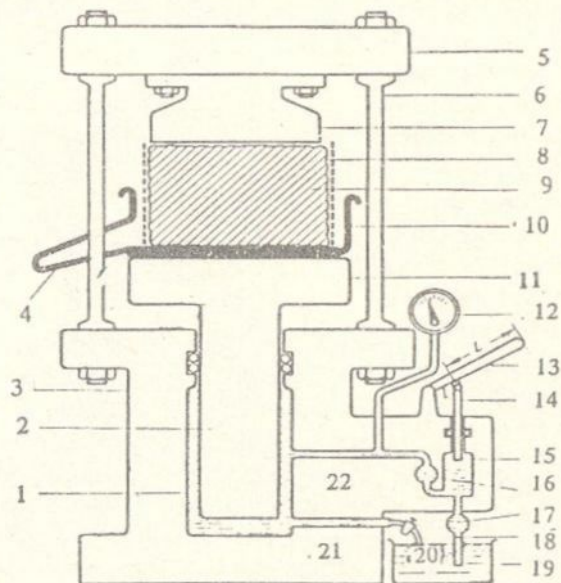


Fig. 36. Presă hidraulică. Lămurire în text

din cilindrul pistonului trece în cilindrul presei, ridicînd la o oarecare înălțime pistonul (2). Lucrînd cu mînerul (13), în cilindrul presei se poate presa ațita lichid, încît pistonul cu materialul aflat pe plită se va ridica pînă la suport și atunci începe presarea. Materialul de presat (9) se introduce într-un cilindru perforat (8), iar ultimul – pe taler (10) cu jgheab de scurgere (4). Cînd presarea a luat sfîrșit, se deschide supapa (20) și se scurge lichidul în bac (19). Pistonul presei sub greutatea sa se lasă în jos. Presele hidraulice sînt înzestrate cu supapă de siguranță, iar pentru a controla presiunea, ele sînt înzestrate cu manometre (12). Manometrele au o linie roșie, care indică presiunea maximă ce poate fi menținută în cilindrul presei.

Pentru a cîștiga în forță pistonul pompei se construiește cu un diametru cu mult mai mic decît cel al presei. Deoarece spațiile dintre cilindrii presei și ai pompei în timpul mișcării pistonului pompei în jos comunică între ele, atunci, conform legii lui Pascal (presa hidraulică este un caz practic de folosire a acestei legi), presiunea în cilindru este constantă. De aceea forțele care apasă asupra pistonului presei ( $P$  în kg) și a pistonului pompei ( $p$  în kg) sînt direct proporționale suprafețelor lor ( $S, s$ ) ori diametrelor lor la pătrat ( $D, d$  în m).

$$P : p = S : s = \frac{n \cdot D^2}{4} : \frac{n \cdot d^2}{4} = D^2 : d^2,$$

$$\text{de unde: } P = p \frac{D^2}{d^2}.$$

Deci, cîștigul în forță este egal cu raportul dintre pătratele diametrelor pistoanelor presei și ale pompei. Dacă pistonul pompei se pune în mișcare manual, apoi pentru un cîștig mai mare în forță se folosește o pîrghie. În cazul dat cîștigul în forță este proporțional și față de raporturile dintre brațele pîrghiei:

$$P = p \frac{D^2 L^2}{d^2 l^2},$$

unde  $L$  – lungimea brațului mare al pîrghiei,  $m$ ;  $l$  – lungimea brațului mic,  $m$ .

Deoarece pierderile la fricțiune în presele hidraulice alcătuiesc circa 10-15% în lucrul efectuat, atunci factic forța de presiune se exprimă prin:

$$P = (0,85 \div 0,9) p \frac{D^2 L^2}{d^2 l^2}.$$



Din această relație se poate determina de asemenea mărimea forței  $p$ , necesară pentru a atinge presiunea dorită.

În preșele mari hidraulice pistonul se pune în funcțiune cu ajutorul motorului electric. În calitate de lichide pentru umplerea cilindrilor se folosesc apa sau uleiurile minerale. Pentru ca suprafețele metalice să nu ruginească, apa se diluează cu emulsie, preparată din ulei mineral și săpun verde (de kaliu).

Produsul vegetal care se scurge prezintă o masă, pătrunsă pretutindeni de o mulțime de straturi mici de aer și capilare, prin care, fiind presat, se scurge extragentul menținut de drog. Funcția dintre diferiți factori, care acționează asupra vitezei de scurgere a extragentului prin presare, se determină prin ecuația lui Poiseuille:

$$V = \frac{\pi r^4 P}{8 \eta l},$$

unde  $V$  - viteza de scurgere a sucului,  $m^3/s$ ;  $P$  - presiunea,  $N/m^2$ ;  $r$  - raza medie a capilarelor în produsul vegetal,  $m$ ;  $l$  - lungimea medie a capilarelor,  $m$ ;  $\eta$  - vâscozitatea absolută a lichidului,  $N \cdot s/m^2$ .

Din relație reiese că viteza de scurgere a lichidului este proporțională presiunii. Însă ridicarea bruscă a presiunii duce la turtirea materialului (presare) și micșorarea interspațiilor dintre capilare, prin care se scurge extragentul. Prin urmare, viteza de scurgere a lichidului se micșorează. De aceea presiunea la orice presă trebuie de ridicat treptat, după ce s-a scurs tot lichidul. Presiunea se regulează ușor la preșele hidraulice, înzestrate cu manometru. Încălcarea regimului de exploatare scoate repede preșele din funcțiune. Având în vedere că viteza de scurgere a lichidului este invers proporțională lungimii capilarelor, coșul încărcat cu produs vegetal nu trebuie să fie prea înalt. De asemenea trebuie de ținut minte că o dată cu micșorarea vâscozității lichidului, se mărește viteza de scurgere.

## 6.2. SEDIMENTAREA

Sedimentarea este metoda cea mai simplă de separare a lichidului de particulele solide suspendate în el. Amestecul de lichid și substanțe solide se toarnă în niște vase înalte și se lasă în repaus. Pe baza diferenței densității relative particulele solide treptat se lasă la fund, iar lichidul devine transparent. Procesul acesta decurge încet, cu toate acestea el se folosește pe larg la

limpezirea extractelor, la prepararea tincturilor și a altor extracte.

Sedimentarea particulelor suspendate în mediul lichid se supune legii lui Stokes:

$$V_s = \frac{d^2(\gamma_s - \gamma_l) g}{18 \eta},$$

unde  $V_s$  - viteza de sedimentare a substanțelor solide,  $m/s$ ;  $d$  - diametrul particulelor suspendate,  $m$ ;  $\gamma_s$  - densitatea substanțelor solide,  $kg/m^3$ ;  $g$  - accelerația forței de gravitație, egală cu  $9,81 m/s$ ;  $\eta$  - vâscozitatea absolută a mediului lichid,  $N \cdot s/m^2$ .

Această ecuație dă posibilitate de a ne închipui cum acționează numai parametrii principali la viteza de sedimentare. Aici nu se ia în considerație așa factori cum sînt: coagularea, flocularea, fenomenele superficiale, de asemenea, schimbarea concentrației fazei solide în timpul sedimentării ei, pereții sedimentatorului etc. Însă, folosirea legii lui Stokes este mărginită prin mărimea limită de jos a particulelor, cînd dispersia lor atinge particulele coloidale, supuse mișcării browniene. Limita de sus a întrebuirii acestei legi depinde atât de mărimea și densitatea particulelor, cît și de proprietățile fizice ale mediului în care ele se suspendează. Mărimea particulelor solide suspendate este diferită. De aceea, după cum reiese din ecuație, mai întîi sedimentează particulele mai mari, apoi cele mai mici, ceea ce duce la prelungirea procesului de separare a particulelor.

Termenul sedimentării se poate scurta, mărind dimensiunile particulelor. După cerințele farmaceutice, sedimentarea se face la temperatura de  $8^\circ C$ , care sporește separarea impurităților (adică micșorează dizolvarea lor) și împiedică dezvoltarea activă a microorganismelor în lichidele apoase. Viteza de sedimentare a particulelor depinde, de asemenea, de calea care trebuie să fie parcursă de particule, adică de înălțimea vasului, denumit sedimentator. De cele mai multe ori sedimentatorul reprezintă un vas metalic, mai des confecționat din aluminiu, de formă cilindrică și volum diferit, cu un robinet, instalat ceva mai sus de fund, sau cu cîteva robinete, aflate la înălțimi diferite. În sedimentatoarele de prima construcție extracția străvezie sau soluția se scurge după depunerea deplină a particulelor solide prin robinet sau sifonare. Sedimentatoarele cu mai multe robinete dau posibilitate de a decanta lichidul în porții, după ce ele devin străvezii. Prin scurgerea lichidului aflat aproape de precipitat are loc o tulburare neînsemnată. De aceea separarea deplină a lichidului nu are loc. Pierderea lichidului va fi cu atât mai mică, cu cît mai îngust va fi sedimentatorul. Asemenea sedimentatoare lucrează încontinuu (fig. 37, a).



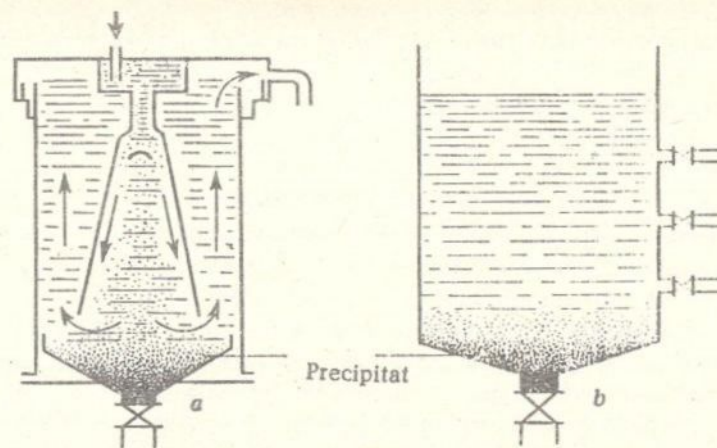


Fig. 37. Sedimentatoare încontinuu (a) și semicontinuu (b)

În fig. 37, b este reprezentată schema sedimentatorului care lucrează semicontinuu. După cum se vede din schemă, fundul amintește un con pentru a ușura, dacă e necesar, eliminarea precipitatului depus pe fundul lui în timpul lucrului aflat sub greutatea hidrostatică a stratului de lichid. Suspensia ce trebuie separată se toarnă în printr-o pîlnie montată în capacul sedimentatorului, care mai apoi, după ce se îngustează brusc, trece aproape pînă la fundul sedimentatorului într-un con, care în partea inferioară ocupă  $2/3$  din diametrul sedimentatorului. Acest con ferește lichidul, care se toarnă în sedimentator, de a se amesteca turbulent cu cel din sedimentator. În afară de aceasta, cu cît lichidul turnat se lasă mai jos (densitatea lui este mai mare), cu afit viteza lui în partea inferioară se micșorează (viteza de scurgere este invers proporțională secțiunii conului). Substanța solidă se depune pe fund, iar lichidul curat (greutatea specifică mai mică) se ridică în sus. Cu cît lichidul transparent se ridică mai sus, viteza lui se micșorează și la scurgerea lui prin partea superioară a sedimentatorului devine egală cu viteza de turnare a suspensiei în sedimentator. Periodic, deci se scoate numai precipitatul de pe fund.

### 6.3. FILTRAREA

Filtrarea este operația de separare a unei faze lichide de o fază solidă dintr-un amestec eterogen solid-lichid (suspensie) prin reținerea particulelor

solide pe suprafața unui material filtrant, care permite numai trecerea fazei lichide. Lichidul care a trecut prin filtru se numește filtrat.

O particularitate a oricărui material filtrant este existența unor pori care străbat întreaga lui grosime și care permit trecerea lichidului, dar rețin particulele în suspensie care au dimensiuni mai mari decît secțiunea transversală a porilor în părțile lor cele mai înguste. În tot timpul filtrării filtrul trebuie să rămînă nemodificat.

În general reținerea particulelor solide este rezultatul a două fenomene: strecurare și adsorbție.

Strecurarea este procesul mecanic care constă în reținerea pe rețeaua filtrului a particulelor cu dimensiuni mai mari decît porii filtrului. Prin acumularea particulelor solide pe materialul filtrant se poate forma după un anumit timp un strat care micșorează viteza de scurgere a lichidului filtrat.

Adsorbția este un fenomen fizic care se înfălește uneori în procesul de filtrare. Astfel în canaliculele rețelei poroase sînt reținute particulele solide, a căror dimensiune este inferioară porilor filtrului.

Procesul de filtrare este influențat de o serie de factori: dimensiunile și forma particulelor, suprafața, grosimea, dimensiunea și forma porilor filtrului, diferența de presiune pe cele două fețe ale filtrului, viscozitatea lichidului.

Natura fazei solide are un rol important, dar nu hotărîtor. Este necesar să se cunoască mărimea și proprietățile particulelor. Astfel, suspensiile formate din particule mari se filtrează mai repede. Cît privește forma particulelor, cele sferice se filtrează mai ușor decît cele aciculare sau discoidale, acestea din urmă puțînd încetini debitul de filtrare prin depunerea și acoperirea porilor filtrului. Particulele mici coloidale se filtrează de asemenea mai greu, ele favorizînd procese de obstruare a porilor, formarea de straturi impermeabile. Are loc și colmatarea — astuparea porilor filtrului datorită unor particule coloidale viscoase și tixotrope aflate în lichidul filtrat.

Particulele care se lasă udate de lichid se vor separa mai greu decît cele liofobe. În cazul particulelor hidrofiele apar forțe înalte de atracțiune între particule și suprafața filtrantă. Particulele vor forma o masă continuă care va încetini sau chiar va opri filtrarea.

În cazul suspensiilor care conțin particule mai mari și mai mici (pînă la dimensiuni coloidale), acestea din urmă vor fi oprite în porii sinuoși ai filtrului, în timp ce particulele mai mari se vor depune pe suprafața filtrantă. Procesul de filtrare va încetini, dar nu se va opri datorită apariției de forțe electrostatice mai mari care vor activa procesul de adsorbție.



Dimensiunea medie și forma porilor filtrului depind de dimensiunile și forma elementelor din care este construit. Cu cât acestea vor fi mai mari, cu atât mai mare va fi dimensiunea medie a porilor, iar forma porilor va fi cu atât mai uniformă, cu cât forma elementelor este mai regulată.

În timpul filtrării poate avea loc o deformare și o deplasare a elementelor care compun filtrul, ceea ce duce la micșorarea și modificarea formei porilor (filtrarea prin țesuturi). Plăcile ceramice și pulberea de sticlă aglomerată sînt necompresibile. Calitatea filtrelor este determinată de doi factori importanți: porozitatea și debitul de filtrare.

Porozitatea unei suprafețe filtrante este reprezentată de diametrul mediu al secțiunii cilindrice a porilor și dă indicații aproximative asupra puterii de reținere a filtrului.

Dacă presupunem că mișcarea lichidului în porii filtrului este rectilinie și că lichidul trece printr-un număr mare de capilare rotunde cu aceeași secțiune și lungime, apoi dependența dintre diferiți factori de care depinde procesul filtrării, poate fi exprimată prin ecuația:

$$\frac{dV}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{\eta(R_{sp} - R_{mf})}$$

unde  $\frac{dV}{F d\tau}$  - viteza de filtrare, m/s; V - volumul filtratului, m<sup>3</sup>; F - suprafața de filtrare, m<sup>2</sup>;  $\tau$  - timpul filtrării, s;  $\Delta P$  - diferența de presiune, N/m<sup>2</sup>;  $\eta$  - vîscozitatea fazei lichide a suspensiei, N · s/m<sup>2</sup>;  $R_{sp}$  - rezistența stratului de precipitat, m<sup>-1</sup>;  $R_{mf}$  - rezistența membranei filtrului, m<sup>-1</sup>.

După cum se vede din relație, viteza de filtrare, în fiecare moment dat al fluxului laminar, este direct proporțională decăderii presiunii și invers proporțională vîscozității lichidului, cât și rezistenței hidraulice a precipitatului și a membranei filtrante.

Astfel viteza de filtrare (cantitatea de filtrat de pe o unitate de suprafață) este direct proporțională diferenței de presiuni și invers proporțională rezistenței precipitatului. Diferența de presiuni este forța motrice a filtrării. Ea impune lichidul să treacă prin porii precipitatului.

Practic diferența necesară de presiune se atinge prin: mărirea coloanei lichidului de filtrat; mărirea presiunii deasupra filtrului; crearea vidului sub filtru.

Filtre care lucrează pe baza presiunii hidrostatice a coloanei lichidului de filtrat.

Dintre filtrele care lucrează pe baza coloanei lichidului de filtrat fac parte filtrul-sac (gluga lui Hipocrat) și sedimentatorul. Ultimul are un pseudofund pe care se așterne materialul de filtrat. Lichidul filtrat se scoate din partea inferioară a sedimentatorului printr-un ștuț montat în fundul acestuia.

### 6.3.1. Filtru cu vid

Filtrul Nutsche (fig. 38) reprezintă un cilindru gros confecționat din ceramică, metal ori plastic separat de o barieră perforată (2) în două părți: cea de sus se umple cu lichidul de filtrat, în cea de jos se scurge filtratul. Pentru a crea vidul necesar în rezervor se află un niplu (5) care se unește cu linia de vid a pompei prin intermediul rezervorului. În partea de jos rezervorul are un robinet (1), prin care se scoate filtratul. În calitate de material filtrant în filtrul Nutsche se folosește de obicei țesătură care se așterne pe bariera perforată în stare umedă. Aceste filtre sînt convenabile în acele cazuri, cînd trebuie de obținut precipitate, spălate de impurități. Lichidele care conțin mucilagii prin filtrul Nutsche se filtrează foarte greu. De asemenea nu se recomandă de filtrat extractele care conțin eter sau alcool, deoarece eterul și alcoolul în vid se volatilizează puternic și vaporii lor se vor aspira cu pompa și se vor arunca în aer.

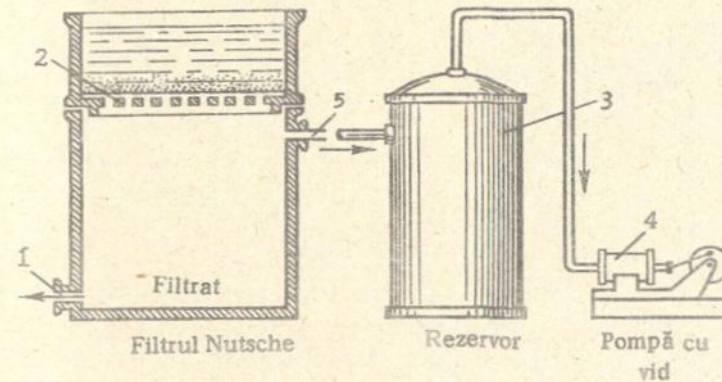


Fig. 38. Filtrul Nutsche (instalație).



### 6.3.2. Filtre care lucrează sub presiune

*Filtrul de presiune* (fig. 39). Partea superioară a filtrului este închisă, astfel în ea se poate crea presiunea necesară pentru intensificarea filtrării. Partea inferioară a filtrului de presiune este neetanșată. Presiunea de dinafară se creează cu ajutorul aerului comprimat. Filtrul de presiune se folosește în cazurile când se lucrează cu substanțe volatile: alcool, eter și alți solvenți organici, cu temperatura de fierbere joasă. Prin filtrul de presiune se filtrează lichide vâscoase.

*Filtrul-presă* (fig. 40) – aparat cu o suprafață foarte mare de filtrare, datorită acesteia el are o productivitate înaltă.

Filtrul-presă dă posibilitate de a primi nu numai lichide bine limpezite, dar și precipitate bine spălate. Ele (fig. 41) sînt construite dintr-un șir de rame goale din fontă care se rînduiesc peste una cu plăci riflalte, montate din ambele părți cu canele speciale. Dimensiunile plăcilor și ramelor sînt de la 800 x 800 pînă la 1000 x 1000 mm. Ramele și plăcile sînt asigurate în părți cu mînere pe care se sprijină și sînt afîrnate pe două tije de ghidare a suportului. Ramele și plăcile se strîng compact între ele și ultima placă, numită capul filtrului-presă, se strînge forțat cu ajutorul șurubului suportului înzestrat cu volan sau pîrghie. Filtrul-presă modern este înzestrat cu o bridă hidraulică. Plăcile, înainte de a fi strînse, se acoperă din ambele părți cu material filtrant – belting. Astfel în interiorul ramelor se formează goluri separate pe ambele

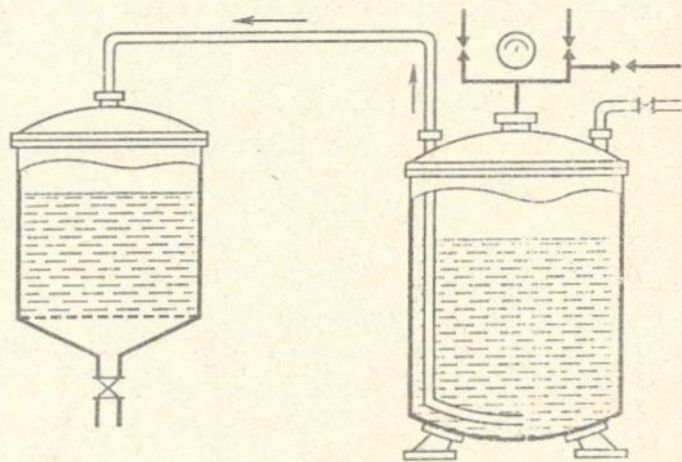


Fig. 39. Schema instalației de filtrare prin filtru de presiune

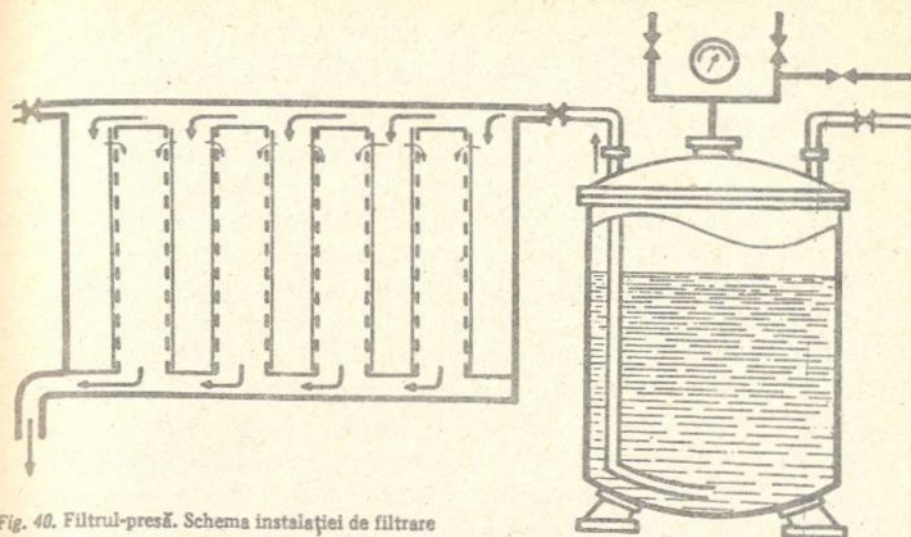


Fig. 40. Filtrul-presă. Schema instalației de filtrare

părți ale plăcilor riflalte cu niște șervețele. Placa însă formează un fel de fund, care separă două planuri. În pereții plăcilor și ramelor există niște orificii de cuplare; strîngînd plăcile și ramele în sistem, din orificiile date se formează canale de legătură. Fiecare canal are linia sa. Prin unul (cel inferior) în filtrul-presă nimereste lichidul de filtrare. Acest canal prin trecere se unește cu golul ramei. Deci lichidul filtrant nimereste în golul ramei și în urma alimentării prin presiune se filtrează prin șervețelele strînse între rame și plăci. Precipitatul rămîne în golul ramei, iar filtratul nimereste în orificiile dintre șervețele și plăci. Aici prin jgheaburi se scurge în jos și prin țeava cu robinet nimereste în rezervorul general. Precipitatul treptat umple toate ramele, se înfundă și începe a opune o rezistență din ce în ce mai mare filtrării. În sfîrșit, pompa, care alimentează filtrul-presă cu

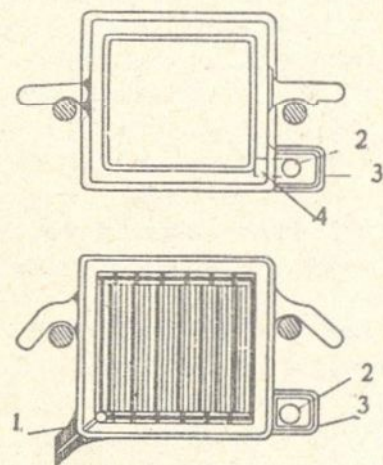


Fig. 41. Rama (sus) și placa (jos): 1 – tub de scurgere din cavitatea țevii; 2 – orificiile canalelor; 3 – proeminență; 4 – trecerea în golul ramei



lichid, nu mai poate depăși rezistența precipitatului și din robinet se oprește scurgerea filtratului; robinetele se închid pe rând. Când filtrarea s-a terminat și trebuie de spălat precipitatul cules în golurile ramelor, în alt canal (superior) se introduce lichidul de spălat. Acest canal comunică cu orificiile dintre șervețele și plăci prin niște fisuri, aflate în plăci (peste una). Deoarece și lichidul cu care se spală precipitatul se introduce sub presiune, el trece prin șervețel în golul ramei, spală precipitatul și se scurge prin jgheaburile plăcii din partea opusă, de unde prin robinet se scoate în rezervorul principal. Spălând precipitatul, robinetele se deschid peste unul. În caz de necesitate, înainte de a descărca precipitatul în filtrul-presă se suflă aer comprimat pentru a evacua tot lichidul, rămas în canalele filtrului, în capilarele precipitatului.

Există filtre-presă cu numai un singur canal de comunicare care se folosește la început pentru introducerea lichidului ce trebuie filtrat, apoi pentru eliminarea spălăturilor. Cu alte cuvinte, spălaturile se face în aceeași direcție ca și filtrarea. Sînt construcții de filtre-presă la care ambele canale (de filtrat și spălare) trec prin pereții de sus ai ramelor și plăcilor. Numărul de rame se alege în dependență de randamentul cerut și cantitatea de precipitat, în limitele de la 10 pînă la 60. Filtrarea se face sub o presiune mare, uneori de pînă la 12 atmosfere. Lichidul filtrant și apa pentru spălat se alimentează cu ajutorul pompei în racord la capul imobil al filtrului-presă, de unde nimerește mai departe în canal.

Ca material filtrant pentru diferite construcții de filtre, întrebuițate în industria farmaceutică, se folosește hîrtia, vata, țesăturile (tifonul, flanela, pînza, pîsla, țesut special de filtrat - belting), azbestul, plitele poroase din sticlă și ceramică, rețeaua densă metalică și alte materiale.

#### 6.4. CENTRIFUGAREA

Centrifugarea ca operație tehnologică reprezintă procesul de decantare sau filtrare în cîmpul forțelor centripete. Forțele centripete dezvoltate prin centrifugare acționează asupra fazelor ce trebuie să fie separate cu un efort mult mai mare decît forța de gravitație ori presiunea. De aceea centrifugarea este un proces cu mult mai eficace.

Mărimea forței centripete  $C$ , care acționează asupra corpului rotitor cu masa  $M$ , se poate determina astfel:

$$C = \frac{Mv^2}{r} = \frac{Gv^2}{g \cdot r},$$

unde  $v$  - viteza de rotație circumferințială, m/s;  $G$  - masa corpului care se rotește, kg;  $r$  - raza de rotație, m;  $g$  - accelerația căderii libere (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Înlocuind în această expresie mărimea vitezei de rotație

$$v = \frac{2\pi rn}{60},$$

unde  $n$  - numărul rotațiilor pe minut, obținem altă expresie a forței centripete:

$$C = \frac{G}{gr} \left( \frac{2\pi rn}{60} \right)^2 = \frac{G \pi^2 r n^2}{g 900},$$

ori, înlocuind cu  $d$  - diametrul și simplificînd  $\pi^2$  și  $g$ , obținem

$$C = \frac{G \pi^2 d n^2}{g 1800} \approx \frac{G d n^2}{1800}.$$

Deci, forța centripetă este direct proporțională afit diametrului, cît și numărului rotațiilor tamburului, însă ea poate fi majorată ușor mărind numărul de rotații (la pătrat), și nu mărind diametrul tamburului. Numărul de rotații ale centrifugei are o însemnătate foarte mare. Rotindu-se încet, forța centripetă va fi neînsemnată și centrifuga nu-și va îndeplini funcția. Rotindu-se foarte repede, pereții tamburului pot să nu reziste efortului de rupere și poate avea loc accidentul. Exploafînd centrifuga, trebuie de ținut minte, că inițial, cînd tamburul începe să se rotească, precipitatul nu se depune uniform pe pereții tamburului. Ca rezultat tamburul începe să "bată" și acționează rău trăinicia suportului. Pentru a ușura izbiturile și loviturile, centrifugele se înzestreză cu amortizoare de gumă. Cu același scop, centrifugele se dotează cu frîne, care permit după deconectarea motorului electric oprirea lină și relativ repede a tamburului. De asemenea, construind centrifuga, tamburul trebuie să fie bine echilibrat (centrul de greutate al tamburului și axul trebuie să corespundă cu osia de rotație).

Pornind centrifuga să lucreze, evidențiem: perioada de pornire și avînt pînă la numărul necesar de rotații; perioada de rotație cu viteza continuă necesară; perioada de deconectare a motorului, frînării și opririi depline a centrifugei. Perioada de pornire este cea mai grea pentru motor, deoarece el trebuie să depășească inerția tamburului, inerția lichidului față de aer. Din această cauză puterea centrifugei totdeauna se calculează pentru perioada de pornire. Puterea de lucru este, de obicei, de 2-3 ori mai mică decît la pornire.

În dependență de factorul de separare, centrifugele se clasifică în două



grupe: obișnuite și ultracentrifuge. Factorul de separare se exprimă prin relația:

$$F_s = \frac{W^2 \cdot R}{g}$$

unde  $F_s$  – factorul separării;  $W$  – viteza unghiului de rotație a rotorului centrifugei, 1/s;  $R$  – raza rotorului centrifugei, m;  $g$  – accelerația căderii libere,  $m/s^2$ .

Dacă factorul separării este de pînă la 3 500 turații/min., acestea sînt centrifuge obișnuite, dacă însă  $F_s > 3 500$  – ultracentrifuge.

#### 6.4.1. Decantarea centrifugă

Concomitent sedimentării, separarea fazelor în cazul dat se face fără material filtrant. Datorită forței centripete mari, particulele solide se abat spre pereți, iar lichidul aflat mai aproape de centru se limpezește și se scoate din tambur (tobă) (fig. 42).

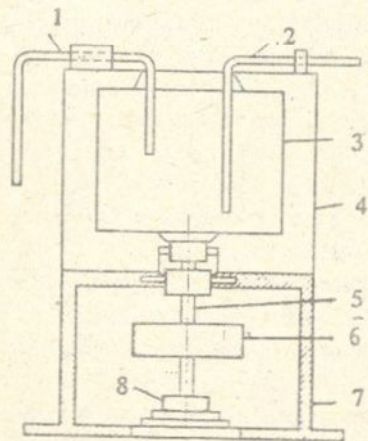


Fig. 42. Centrifugă de decantare: 1 – sifon; 2 – țevă de alimentare; 3 – tobă (tambur); 4 – carcasă; 5 – arbore; 6 – roată de transmisie; 7 – crapodina arborelui; 8 – suport

filtrează rău sau sînt afit de mici, că nu se rețin pe țesăturile filtrante. Viteza de rotație a centrifugelor obișnuite este de 1000-1200 turații/min.

Centrifuga se oprește atunci cînd stratul de precipitat va fi afit de gros, încît va ajunge la sifon și lichidul va începe a se scurge turbure.

Există și alte construcții de centrifuge de decantare, în care lichidul transparent se revarsă pe deasupra tamburului în spațiul dintre carcasă și tobă, apoi se scoate printr-un ștuț. Suspensia ce trebuie centrifugată se alimentează printr-o țevă specială. După ce se grămădește precipitat destul pe pereții interiori ai tamburului, centrifuga se oprește și precipitatul se descarcă printr-o țevă specială, ridicînd în cazul dat conul de închidere. Centrifugele de decantare se folosesc în acele cazuri, cînd particulele suspendate se

Tot din grupa centrifugelor de decantare fac parte și ultracentrifugele, care au o viteză de rotație mai mare de 5000 turații/min. Printre ele cunoaștem separatoare de lichide cu tambure relativ nu prea înalte, care lucrează cu o viteză de rotație de circa 10 000 turații/min., și supercentrifuge tubulare, cu tambure în formă de tub, care lucrează cu o viteză de rotație de 15 000-25 000 turații/min. Ca exemplu de ultracentrifuge servesc separatoarele de lapte. Separatoarele tubulare se folosesc pe larg la separarea (distrugerea) emulsiilor și de asemenea la limpezirea suspensiilor fine.

Schema unei astfel de supercentrifugă este prezentată în fig. 43.

Lichidul pătrunde în tambur de jos prin țeava de alimentare și bușcă. În urma vitezei mari de rotație, se dezvoltă o forță centripetă extraordinar de mare. Ca rezultat emulsiile care se mișcă în sus se separă în straturi după densitățile corespunzătoare ale lichidelor, sau dacă aceasta a fost o suspensie fină, se separă particulele fine care se lipesc strîns de peretele tubular al tamburului. În capacul tamburului se află două găuri aranjate astfel încît prin cea de jos va ieși lichidul mai greu, iar prin cea de sus – cel mai ușor.

#### 6.4.2. Filtrarea centrifugă

Se deosebește de filtrarea obișnuită prin aceea că mișcarea fiecărei particule solide este funcția forței centripete.

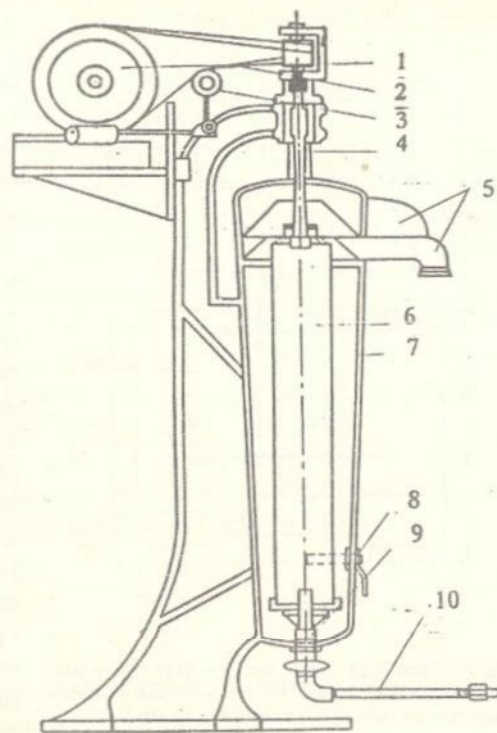


Fig. 43. Supercentrifuga: 1 – motor electric; 2 – curea; 3 – tirant (ancoră); 4 – ax principal; 5 – țevi de evacuare; 6 – rotor; 7 – carcasă; 8 – frînă; 9 – bușcă; 10 – țevă de alimentare