**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**
**SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİNİN NƏZDİNDƏ**
**SUMQAYIT DÖVLƏT TEXNİKİ KOLLECİ**

# «Sənaye sahələrinin proses və aparatları»

fənnindən mühazirələr

Orta ixtisas təhsili müəssisələrində
fənnin tədrisi üçün nəzərdə tutulub

**Tərtib edən:** Dadaşova Esmira Vaqif qızı

**SUMQAYIT-2020**

## *Giriş. Əsas proses və aparatların hesablanasının ümumi prinsipləri. Statika və kinetika. Proses və aparatlarin təsnifatı*

Azərbaycanın gələcək iqtisadi və sosial inkişafının əsas istiqamətlər"ində motor yanacaqları, habelə kimya, neft kimyası və mikrobiologiya sənayesi üçün xammal istehsalının genişləndirilməsi, onların keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması neft emalı sənayesinin qarşısında duran əsas məsələlərdəndir.

Kimya neft emalı, neft kimya sənayesində müxtəlif kimyəvi texnoloji proseslər nəticəsində xeyli sayda məhsullar alınır.

Emal edilən maddənin kimyəvi çevrilməsi, yaxud da fiziki kimyəvi xassələrinin dəyişməsi ilə gedən istehal proseslərinə kimyəvi- texnoloji proseslər deyilir. Mürəkkəb kimyəvi texnoloji proses ayrı-ayrı fərdi proseslərdən fiziki, kimyəvi, fiziki- kimyəvi proseslərdən ibarətdir.

Emal edilən madənin kimyəvi tərkibi dəyişmədən formasının, ölçüsünün, rənginin yaxud digər fiziki xassələrinin dəyiməsilə gedən proseslərə fiziki proseslər deyilir. Maddənin kimyəvi tərkibinin və daxili quruluşunun reaksiya nəticəsində dəyişməsilə gedən proseslər kimyəvi proseslər adlanır. Fiziki proseslərlə yanaşı sistemi təşkil edən fazalar arasında maddələr mübadiləsilə gedən proseslər fiziki- kimyəvi proseslərə aid edilir.

Kimyəvi texnoloji proseslərin aparılmasında müxtəlif konstruksiyalı aparatlardan və maşınlardan istifadə olunur. Konkret prosesin getməsi üçün istifadə edilən quruluşa aparat deyilir.

Əksər kimyəvi texnoloji istehsal üçün eyni olan əsas proseslər və aparatlar "Kimya sənayesinin proseslər və aparatları" xüsusi kursda öyrənilir.

Proselər və aparatlar elmi ümummühəndis elmi olub , kimya texnologiyasının inkişafı ilə əlaqədar olaraq inkişaf etmişdir. Bu elm təbiət elmləri üzərində qurulmuşdur, elmin predmeti kimya texnologiyasıdır. Daha doğrusu, proseslər və aparatlar elmi kimya texnologiyasının nəzəri əsaslarını öyrənən elmdir və aşağıdakı vəzifələri vardır:

- kimyəvi texnoloji proseslərdə baş verən qanun və qanunauyğunluqları öyrənir;
- kimyəvi texnoloji proseslərin hesablanması üçün hesablama üsülları işləyib hazırlayır;
- texnoloji prosesləri aparmaq üçün tələb olunan maşın və aparatların quruluşunu və işləmə prinsipini öyrənir;
- maşın və aparatların hesablanması üçün hesablama üsulları işləyib hazırlayır.

"Proseslər və aparatlar" elmi haqqında əsas fikir ölkəmizdə hələ XlX əsrin ortalarında söylənilmişdir. Lakin kursun əsası Peterburq Texnoloji İnstitutunun professoru A.Krupskinin "Kimya texnologiyasının lahiyələndirilməsinin başlanğıc fəsilləri" adlı dərs vəsaitinin nəşri 1909-cu ildə qoyulmuşdur. Bu kurs ilk dəfə Moskva Ali Texniki məktəbinin professoru A.Tişşenko tərəfindən 1912- ci ildə çap edilmişdir. Sonralar bu elmin inkişafında xarici və Azərbaycan alimləri bu kursun inkişafı üçün böyük əmək sərf etmiş və onu hazırki səviyyəyə çatdırmışlar.

Hazırda kimya texnologiyasının müxtəlif sahələrində istifadə edilən proseslərin nəzəri əsasları verilmiş və müvafiq aparatların hesablanması üsulları müəyyənləşdirilmişdir.

Ümüdvarıq ki, “ Kimya sənayesinin proses və aparatları” fənninin mənimsənilməsində bu dərs vəsaiti tələbələrə yardım göstərəcəkdir.

## *Əsas proseslərin təsnifatı*

Xalq təsərrüfatının müasir inkişaf mərhələsində buraxılan məhsulların keyfiyyətinin yüksəldilməsi və növlərinin çoxaldılması, ətraf mühiti qorumaq üçün tullantısız texnoloji proseslərin sənayeyə tətbiq edilməsi, müvcud proseslərin intensivləşdirilməsi, zavod avadanlığının etibarlılığının artırılması və texniki göstəricilərinin yaxşılaşdırılması mühüm sosial iqtisadi əhəmiyyətə malik olan məsələlərdir.

Kursun nəzəri əsaslarının və hesablama metodlarının mənimsənilməsi texnoloji proseslərin əlverişli rejimlərinin tapılmasına, proseslərin tədqiqində alınan nəticələrin düzgün qiymətləndirilib, sənayedə tətbiqinin sürətləndirilməsinə , aparatın məhsuldarlığının artırılması üçün onun səmərəli konstruksiyasının yaradılmasına, məhsulun keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasına imkan verir.

Kimyəvi texnoloji prosesləri müxtəlif elmlər vasitəsilə öyrənilir. Bu elmlədəki qanunlar müxtəlif olduğundan kimya texnologiyasının əsas prosesləri, adətən, aşağıdakı beş sinifə bölünür.

***1. Hidrodinamiki proseslər.*** Mayelərin nəql olunması, qazların sıxılması və nəql edilməsi, bircins olmayan sistemlərin ayrılması və alınması hidromexaniki proseslərə aiddir. Bu proseslərin sürəti hidrodinamikanın , yəni mayenin və qazın hərəkəti haqqındakı elmin qanunları ilə müəyyən edilir.

***2.İstilik mübadiləsi prosesləri.*** Qızdırma, qaynama, buxarlandırma, kondensləşmə, soyutma prosesləri istilik proseslərinə daxildir. Istilik proseslərinin sürəti istilikvermə və istilikötürmə qanunları əsasında müəyyən edilir.

***3. Kütlə mübadiləsi, yaxud diffuziya prosesləri.*** Bu proseslər bir və ya bir neçə fərdi maddənin (komponentin) bir fazadan digərinə keçməsi ilə xarakterizə edilir. Distillə, reftifikasiya, absorbsiya, adsobsiya, ekstraksiya və s. kütlə mübadiləsi proseslərinə aiddir. Maddə mübadiləsi prosesləri maddəvermə və maddəötürmə qanunlarına əsasən öyrənilir. Belə proseslərdə fazadan fazaya kecən maddə diffuziya vasitəsilə verildiyi üçün onlar diffuziya prosesləri də adlandırılır.

***4. Kimyəvi proseslər.*** Kimyəvi çevrilmələrdə gedən bu proseslərin sürəti kimyəvi kinetikanın qanunlarına əsasən müəyyən edilir. Bu proseslərə xlorlaşma, alkilləşmə, sulfollaşma, polimerləşmə və s. aiddir.

***5. Mexaniki proseslər.*** Bu proseslərə bərk maddələrin xırdalanması və onların nəql edilməsi, dənəvər tərkibə ayrılması və qarışdırılması prosesləri daxildir. Onlar bərk maddələrin mexanikası qanunları ilə izah edilir. Mexaniki proseslərdən əsas etibarilə maddələrin ilk emala hazırlanmasında və məhsulların işlənməsində istifadə olunur.

Kimyəvi-texnoloji proseslərin bəziləri bilavasitə bərk maddələrin iştirakı ilə gedirlər. Bu proseslərdə bərk maddələr katalizator, adsorbent, quruducu agent,

yanacaq kimi və s. rol oynayırlar. Belə proseslərin getmə sürəti müəyyən dərəcədə prosesdə iştirak edən bərk maddənin görüşmə səthindən asılı olur. Belə ki, bərk maddənin aktiv səthi artdıqca prosesin getmə sürəti də yüksəlir. Bununla da həmin maddələr xırdalama yolu ilə əldə olunur. Xırdalama prosesi xırdalayıcı maşınlarda və üyüdücu dəyirmanlarda aparılır. Bu maşinları xarakterizə edən kəmiyyətlərdən biri maşın və dəyirmanın xırdalanma dərəcəsidir. Xırdalanma (í) dərəcəsi dedikdə xırdalanma üçün maşına verilən bərk maddə tikələrinin orta ölçüsünün , xırdalanmadan alınan hissəciklərin orta ölçüsünə olan nisbəti ilə xarakterizə olunur

$$\acute{\imath} = \frac{D_{or}}{d_{or}}$$

burada $D_{or}$ və $d_{or}$ - uyğun olaraq bərk maddə hissəciklərinin xırdalanmadan əvvəl və xırdalanmadan sonrakı orta ölçüləridir; mm

Bərk maddə hissəciklərinin orta ölçüsü labaratoriya şəraitində xüsusi ələk analizi vasitəsilə təyin edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, bərk maddələrin xırdalanması ən cox enerji sərf edən proseslərdəndir. Ona görə də bu prosesi apararkən enerji sərfinə qənaet etmək günün ən vacib məsələsi kimi qarşıda dayanır, odur ki, belə hallarda aşağıdakı texniki şüarı rəhbər tutmaq lazımdır.

“Heç bir əlavə şeyi xırdalamamaq” ! Bu o deməkdir ki; bərk maddəni xırdalayarkən prosesi bir neçə mərhələ də aparmaq lazımdır. Əvvəlcə böyük maddə tikələri kobud xırdalanır, sonra orta dərəcəli tikələrə xırdalanır daha sonra isə dəqiq xırdalanma dərəcəsinə malik olan maşınlarda xırdalanır. Hər mərhələdən sonra xırdalanmış hissəciklər ölçülərinə görə fraksiyalara ayrılır, iri hissəciklər növbəti xırdalanma prosesinə, xırda hissəciklər isə sənaye proseslərinə göndərilir.

Xırdalanmış bərk maddə hissəciklərini ölçülərinə görə fraksiyalarına ayırmaq mexaniki ələklərin , xəlbirlərin və pnevmatik üsulla işləyən seperatorların köməyi ilə yerinə yetirilir.

Bərk maddələrin bir yerdən başqa yerə nəql edilməsi mexaniki transpartyorlar, elevatorlar və pnevmatik nəqletmə vasitələrindən istifadə olunur.

Proseslərin hər bir əsas sinfinə daxil olan fərdi proseslər eyni qanunauyğunluğa tabe olur və proseslərin təsnifatına uyğun olaraq aparatlara da ad verilir.

Kimyəvi texnoloji proseslər aparılma üsullarına görə iki qrupa bölünürlər:

***I. Dövrü proseslər.*** Bu proseslər dövrü işləyən aparatlarda aparılır, daha doğrusu posesin ayrı-ayrı mərhələləri müxtəlif zaman fasilələrində ardıcıl olaraq eyni aparatın daxilində gedir. Bunun üçün aparat xammal və tələb olunan reagentlərlə doldurulur və işə salınır. Proses qurtardıqdan sonra hazır məhsul aparatdan boşaldılır, aparat yuyulur, təmizlənir, qurudularaq yenidə xammala yüklənilərək işə buraxılır. Göründüyü kimi dövrü proseslərdə vaxt itkisi yaranır, ona görə də bu aparatların məhsuldarlığı aşağı olur.`

***II. Fasiləsiz proseslər.*** Bu proseslər fasiləsiz işləyən aparatlarda gedirlər . belə proseslərə xammal və reagentlər fasiləsiz verildiyi kimi alınan hazır məhsul da prosesdən fasiləsiz olaraq xaric edilir, daha doğrusu prosesin ayrı-ayrı mərhələləri eyni zamanda paralel olaraq müxtəlif aparatlarda gedir.

Fasiləsiz proseslərin aşağıdakı üstün cəhətləri mövcuddur:

- fasiləsiz proseslərdə vaxt itgisi olmadığından məhsuldarlıq yüksək olur;
- fasiləsiz proseslərdən alınan məhsul bircins olduğundan onun keyfiyyətini yüksəltmək mümkün olur;
- fasiləsiz işləyən prosesləri mexanikləşdirmək, avtomatlaşdırmaq, idarə etmə sistemlərini tətbiq etmək asandır, bu da əl əməyini xeyli asanlaşdırır;
- fasiləsiz işləyən aparatlar yığcam olurlar, quraşdırma, təmir və qulluq etmək asandır

Ona görə də kimya texnologiyasının müxtəlif sahələrində aparılan texnoloji proseslərin əksəriyyəti fasiləsiz olaraq aparılır. Lakin buna baxmayaraq, bəzi məhsulların istehsalını fasiləsiz aparmaq mümkün olmadığından onları dövrü işləyən aparatlarda aparmaq daha məqsədəuyğundur. Kimya texnologiyasında elə proseslər mövcuddur ki, onun bir və ya bir neçə mərhələsi dövrü olaraq aparılır. Belə proseslərə kombinə olunmuş proseslər deyilir.

## *Maddi və energetik hesablamalar. İstehsal intensivliyi və məhsul çıxımı*

Hər hansı kimyəvi məhsulu istehsal etmək üçün xammal,reagent, enerji ,müasir maşın və aparatlar və işci qüvvəsinin olması vacibdir. Kimyəvi texnoloji prosesləri aparmaq üçün maşın və aparatların səmərəli işləməsini öyrənmək eləcə də, onların aparatlarını xarakterizə edən kəmiyyətlər aşağıdakılardır:

***1.Məhsuldarlıq.*** Vahid zamanda aparata verilən xammalın və yaxud vahid zamandan alınan əsas məhsulun miqdarına məhsuldarlıq deyilir. kq/san, kq/saat, t/gün, t/il, yaxud $m^3$/san, $m^3$/saat, $m^3$/gün, $m^3$/il ilə ölçülür. Aparatın məhsuldarlığı onun qabarit ölçülərindən asılıdır. Yəni bu ölçülər böyük olduqca məhsuldarlıq da yüksək olur. Lakin məhsuldarlıq əsasən aparat daxilində gedən prosesin sürətindən də asılıdır. Aparılan araşdırmalardan prosesin getmə sürəti yüksək olduqca onun məhsuldarlığı da böyük olur.

***2. Aparatın istehsal mintensivliyi.*** Kimya texnologiyasında işlədilən maşın və aparatların səmərəli işləməsini xarakterizə edən əsas kəmiyyətlərdən biri onların ıstehsal intensivliyidir. Aparatın vahid ölçüsünə görə məhsuldarlığına onun istehsal intensivliyi deyilir. Məsələn reaktorun əsas ölçüsü onun reaksiya həcmidir, $V_r$

$1m^3$ reaksiya həcminə görə reaktorun məhsuldarlığı həmin reaktor üçün istehsal intensivliyindən ibarət olur. Başqa sözlə reaktorun hər $1m^3$ həcmindən alınan məhsul miqdarı reaktorun intensivliyini təyin edir. Maşın və aparatların istehsal intensivliyi artdıqca onun məhsuldarlığı da yüksəlir. Istehsal intensivliyini yüksəltmək üçün elmi- texniki yenilikləri istehsala tətbiq etməklə mümkündür.

***3. Məhsul çıxımı.*** Kimyəvi- texnoloji proseslərin səmərəliliyini xarakterizə edən kəmiyyətlərdən biri də məhsul çıxımıdır. Məlumdur ki, prosesə verilən xammalın hamısı tələb olunan məhsula çevrilmir və aşağıdakı sxem üzrə paylanır.

$$A+B \rightarrow A^1+V+C+D$$

burada A- xammal; B- köməkçi reagent (həlleci); $A^1$- prosesdə çevrilməyən xammal; V- prosesdən alınan əsas məhsul; C və D- aralıq yaxud tullantı məhsullardır.

Məhsul çıxımı dedikdə $\beta$, prosesdən alınan məhsul miqdarının ($G_v$) prosesə verilən xammal miqdarına ($G_A$) olan nisbətinin faizlə ifadəsi nəzərdə tutulur.

$$\beta = \frac{G_V}{G_A} 100\%$$

Düstrurdan göründüyü kimi prosesdən alınan məhsul miqdarı prosesə verilən xammal miqdarına nə qədər yaxın olsa, bir o qədər məhsul çıxımı yüksək olar, bunun nəticəsində prosesin səmərəliliyi də yüksələr. Məhsul çıxımını artırmaq üçün göründüyü kimi xammalın çevrilmə dərəcəsini artırmaq ( $A^1$ – i azaltmaq) və tullantı məhsulların çıxımlarını azaltmaq lazımdır. Bu yalnız elmi- texniki tərəqqinin nailiyyətlərindən texnikada istifadə etməklə əldə edilə bilər. Hər hansı texnoloji prosesi aparmaq üçün xammalın sərfini, məhsul çıxımını, aparatın məhsuldarlığını, prosesdə baş verən məhsul itkilərini təyin etmək üçün həmin prosesin maddi balansı tərtib olunur.

## *Kimyəvi aparatların hesablanma üsulları*

Kimyəvi- texnoloji proseslər müxtəlif quruluşa malik olan və müxtəlif ölçülərdə hazırlanan aparatlarda və yaxud maşınlarda aparılır. Həmin aparatları layihə edərkən onların əsas ölçülərini təyin etmək tələb olunur. Kimyəvi aparatların əsas ölçüsü həmin aparat daxilində gedən prosesin kinetik tənliyinə görə hesablanır. Ona görə də aparatın əsas ölçüsü onun daxilində gedən prosesin getmə sürətindən asılıdır. Daha doğrusu kinetik tənlik prosesin sürəti ilə aparatın ölçüsünü əlaqələndirən tənlikdir.

İstənilən prosesin kinetik tənliyini ümumi halda aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$\frac{M}{Fr} = \frac{\Delta}{R}$$

burada M- a) maddələr mübadiləsi proseslərində bir fazadan digər fazaya keçən maddə miqdarı;

b) istilik mübadiləsi proseslərində isti axından soyuq axına verilən istilik miqdarıdır;

d) hidromexaniki proseslərdə təzyiqlər fərqi və, s.;

F- aparatın əsas ölçüsüdür, $m^2$;

a) maddələr mübadiləsi proseslərində fazaların görüşmə səthidir;

b) istilik mübadiləsi proseslərində istilikötürmə səthidir;

$\tau$- prosesin getmə (kontakt) müddətidir;

R- proses nəticəsində baş verən müqavimətlərdir;

$\Delta$- prosesin hərəkətverici qüvvəsidir;

$\frac{M}{F\tau}$ - prosesin getmə sürətidir;

a) vahid zamanda vahid görüşmə səthi ilə bir fazadan digər fazaya keçən paylanan komponentin miqdarıdır( maddələr mübadiləsi proseslərində);

b) istilik mübadiləsi proseslərində vahid zamanda ($\tau$=1 san) vahid səthdən ($F=1m^2$) isti axınnan soyuq axına verilən istilik miqdarıdır. Prosesin getmə sürəti hərəkətverici qüvvə ilə düz, müqavimətlə tərs mütənasibdir.

Prosesdə yaranan müqavimətlərin tərs qiymətinə (1/R) prosesin getmə sürət əmsalı adlanır, K ilə işarə olunur.

$$K = \frac{1}{R}$$

Bunu nəzərə alsaq kinetik tənlik aşağıdakı şəklə düşər

$$\frac{M}{F\tau} = K\Delta \qquad (1)$$

K- texnikada ötürmə əmsalı adlanır:

a)maddələr mübadiləsi proseslərində maddəötürmə əmsalı;

b) istilik mübadiləsi proseslərində istilikötürmə əmsalı;

Aparatın əsas ölçüsünü F təyin edərkən (1) düsturundan istifadə olunur. Onun qiymətini təyin ermək üçün ötürmə əmsalı K –nı hesablamaq tələb edilir, onu hər hansı proses üçün ya təcrübi ya laboratoriya şəraitində və yaxud müvafiq emprik düsturlar vasitəsilə hesablama yolu ilə təyin olunur. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi getmə surəti başlıca olaraq həmin prosesin hərəkətverici qüvvəsindən ($\Delta$) asılıdır. Belə ki, bu qüvvə nə qədər böyük olarsa prosesin sürəti bir o qədər yüksək olar.

Məlumdur ki, bütün texnoloji proseslər o vaxtadək gedir ki, həmin sistemdə tarazlıq halı yaransın. Beləliklə istənilən hər hansı prosesin iki halı ola bilər.

İşçi və tarazlıq halı. Prosesin işçi halında onun hərəkətverici qüvvəsi sıfırdan böyük olmalıdır.

Tarazlıq halında isə hərəkətverici qüvvə ($\Delta$=0) sıfıra bərabər olur.

Fərz edək ki, temperaturu nisbətən yüksək ($t_1$) olan cismlə temperaturu aşağı olan ($t_2$) cism arasında istilik mübadiləsi prosesi gedir. Bu zaman istlik isti cismdən soyuq cismə o vaxtadək veriləcəkdir ki, onların hər ikisinin temperaturu eyni olsun. Belə proseslər üçün hərəkətverici qüvvə onların temperaturları arasıdakı fərqdən ibarətdir:

$$\Delta t = t_1 - t_2 , \ ^0S$$

Hidromexaniki proseslərdə hərəkətverici qüvvə təzyiqlər fərqindən ibarət olur.

$$\Delta P = P_1 - P_2 , \ MPa$$

Maddə mübadiləsi proseslərin hərəkətverici qüvvəsi maddənin fazalardakı qatılıqlar fərqindən ibarət olar.

$$\Delta C = C_1 - C_2$$

Odur ki, sənaye proseslərində çalışmaq lazımdır ki, hərəkətverici qüvvə həmişə yüksək olsun. Bu isə prosesin yüksək sürətlə getməsinə , məhsuldarlığın artmasına, aparatın əsas ölçülərinin kiçilməsinə və eləcə də onun hazırlanması üçün lazım olan material səthinin azalmasına səbəb olur.

Kimya texnologiyasında elə proseslərə rast gəlmək olur ki, onların ötürmə əmsalını (k) hesablamaq mümkün olmur. Belə hallarda həmin aparatların əsas ölçüləri kinetik tənliyin köməyi ilə təyin olunur.

## *Maddələrin əsas fiziki – kimyəvi xassələri*

Mayelərin mexanikasını hidravlika elmi öyrənir. Bu elm mayeləri, qaz və buxarları ümumiləşdirərək onları ümumi halda maye adlandırır və öyrənir. Məlumdur ki, təbiətdə külli miqdarda müxtəlif xassəli mayelər mövcuddur, bunların xassələrini öyrənmək mürəkkəb və çox çətindir. Bu çətinliyi aradan qaldırmaq üçün ideal maye anlayışından istifadə olunur. Təbiətdə və texnikada ideal maye yoxdur, ideal maye dedikdə elə mayelər nəzədə tutulur ki, onlar təzyiqdən sıxılmır, temperaturun təsirindən genişlənmir, daxili sürtünməsi yoxdur və onları bir-biri ilə qarışdırdıqda həll olma istiliyi ayrılmır.

Real mayelər xassələrinə görə ideal mayelərdən az və ya çox dərəcədə fərqlənirlər, onların arasında yaranan bu fərqi təcrübə yolu ilə təyin etmək olar. Bu fərq məlum olduqda onu nəzərə almaqla ideal maye qanunlarını real mayelərə tətbiq etməklə real mayelərin xassələrini öyrənmək olar.

Real mayelər xassələrinə görə iki qrupa bölünür: damcılı və elastik mayelər. Damcılı mayelər təzyiqin təsirindən olduqca az sıxılır və genişlənir ki, onu təcrübi olaraq nəzərə almamaq olar. Ona görə də damcılı mayeləri sıxılmayan maye kimi qəbul etmək olar, lakin temperaturun təsirindən damcılı mayelər nəzərə çarpacaq dərəcədə sıxılır və genişlənir. Ona görə də texnoloji hesablamalarda təzyiqin təsiri nəzərə alınmadığı halda, temperaturun təsirini nəzərə almaq lazımdır.

Elastik mayelər isə qaz və buxarlardan ibarət olub, təzyiq və temperaturun təsiri nəticəsində geniş intevalda sıxılır eləcə də genişlənirlər. Real mayerləri öyrənmək üçün onların bir sıra xassələri ilə tanış olaq:

**Mayelərin sıxlığı**. Vahid həcmin kütləsinə sıxlıq deyilir, $\rho$ ilə işarə olunur

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad kq/m^3$$

burada m – mayenin kütləsidir, kq; V – həcmi sərfidir, $m^3$.

Hesablama zamanı damcılı mayelərin sıxlığına təzyiqin təsiri nəzərə alınmır, temperaturun dəyişməsindən damcılı mayelərin sıxlığı xətti dəyişir və aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$\rho_t = \rho_1 - \alpha(t - t_1), \qquad kq/m^3$$

$\rho_t$ və $\rho_0$ – verilmiş $t_0$ və tələb olunan t temperaturda mayenin sıxlıqlarıdır , $kq/m^3$; $\alpha$ – mayenin həcmi genişlənmə əmsalı olub , karbohidrogenlər üçün Kusakovun emprik düsturu ilə hesablanır

$$\alpha = 1{,}828 - 0{,}00132\rho_{t0}$$

Damcılı mayelərin sıxlıqları onun əsas xassələrindən biridir, təcrübə yolu ilə laboratoriya şəraitində piknometr üsulu ilə təyin olunur və sorğu ədəbiyyatında verilir.

$t_0$ –normal şəraitdə mayenin temperaturudur, $^oS$

**Elastik mayelərin sıxlığı.** Bu mayelərin sıxlığına həm təzyiq həm də temperatur təsir etdiyindən hesablama zamanı bunların hər ikisinin təsirini nəzərə almaq lazımdır.

Mendeleyev - Klapeyron qanununa görə yaza bilərik .

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

burada m – elastik mayenin kütləsidir, kq;

M – həmin mayenin moleul kütləsidir, kq/kmol;

$$P = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{M} \quad , \qquad \frac{m}{V} = \rho \text{ olduğundan}$$

$$P = \rho \frac{RT}{M} \text{ , buradan elastiki mayenin sıxlığı;}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad , \qquad kq/m^3$$

**Mayelərin təzyiqi.** Daxilində maye olan qabın dibinə və divarlarına maye tərəfindən təsir göstərilir və bu təsir təzyiq kəmiyyəti ilə ölçülür. Təzyiq, qabın vahid səthinə düşən qüvvəyə deyilir.Riyazi olaraq aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$P = \frac{\underline{P}}{F} \quad , \qquad Pa$$

burada $\underline{P}$ - mayenin dib səthinə təsir edən qüvvədir, N – lə ölçülür;

F – qabın dibinin səthidir, $m^2$ ;

$$[P] = [\frac{\underline{P}}{F}] = [\frac{N}{m^2}] = [Pa]$$

$1kPa = 10^3 Pa$

$1kPa = 10^6 Pa$

**Mayelərin özlülüyü.** Hərəkətdə olan mayelərdə iki cür sürtünmə müşahidə olunur.Bunlardan biri boru kəmərinin daxili səthi ilə maye səthi arasında baş verən sürtünmədir,bu mexaniki sürtünmədir. Digər sürtünmə, daxili sürtünmə mayelərin ən başlıca fiziki xassələrindən biri olub,özlülük ilə xarakterizə olunur. Mayelərin özlülüyünü aydın başa düşmək üçün hərəkətdə olan maye axınını nəzərdən keçirək. Hərəkətdə olan maye axını sonsuz sayda kiçik qalınlığa malik olan layların bir-birinin üzərində sürüşməsi kimi təsəvvür etmək olar.

Özlülüyün xarakteristikası.

Bu elementar sonsuz kiçik qalınlıqda (dn) olan layların arasında sürtünmə qüvvəsi baş verir. Nyuton qanununa əsasən laylar arasındakı sürtünmə gərginliyi (τ) vahid səthə düşən sürtünmə qüvvəsindən ibarətdir.

$$\tau = \frac{T}{F} \quad , \quad N/m^2$$

burada T- laylar arasında yaranan sürtünmə qüvvəsidir;

N- layların xassələri və temperaturdan asılıdır;

F- sürtünən layların səthidir, $m^2$;

.

## *Maddələr mübadiləsi proseslərinin təsnifatı*

Maddələr mübadiləsi prosesləri bir və yaxud bir neçə fərqli maddələrin hər hansı bir komponentinin bir fazadan digər fazaya keçməsi ilə xarakterizə olunur. Bu proseslərin getmə sürəti maddəvermə və maddəötürmə qanunları əsasında öyrənilir. Bu proseslərin ümumi cəhətləri ondan ibarətdir ki, neft kimya sənayesində maye qarışıqları halında alınan məhsulları texniki komponentlərini ayırmaq üçün tətbiq olunur. Maddələr mübadiləsi prosesləri sənaye texnologiyası uğurlarının əsas hissəsini təşkil edirlər bu texnoloji qurğulara nəzər yetirdikdə onlarda aşağıdakı maddələr mübadiləsi proseslərinin olduğunu görmək olur.

1. ***Distillə və rektifikasiya proseslərinin*** maye qarışıqlarından paylanan komponenti fraksiya halında ayırmaq üçün distillə proseslərində həmin maye qarışılğının tərkibindəki komponenti texniki təmiz komponentlərinə ayırmaq üçün isə distillə prosesinin mürəkkəb növü olan rektifikasiya prosesindən istifadə olunur. Bu proseslər nəticəsində paylanan komponent maye fazada buxar fazaya və eləcədə buxar fazadan maye fazaya keçmış olur.
2. ***Absorbsiya – desorbsiya prosesləri.*** Qaz qarışığının tələb olunan komponentlərini seçici həll edən maye absorbent vasitəsilə qaz sistemlərini ayıran əsas axınlı difuziya prosesinə absorbsiya deyilir. Absorbsiya prosesi zamanı ayrılacaq komponent qaz fazadan maye fazaya keçir. Maye faza absorbentdə həll olunmuş qaz sistemi komponentlərinin ayrılması prosesinə desorbsiya deyilir. Absorbsiya və desorbsiya proseslərində iki faza – qaz və maye fazası iştirak edir. Belə ki, birinci prosesdə paylanan komponent qaz fazadan maye fazaya keçir. Desorbsiya prosesi zamanı isə əksinə maye fazadan qaz fazasına keçir.
3. ***Ekstraksiya prosesi.*** Bərk və maye fazazları seçici (selektiv) təsirli həlledici ilə emal edib həmin fazadan bu və başqa komponentlərin tamamilə və ya qismən ayrılması prosesinə ekstraksiya prosesi deyilir. Ekstraksiya zamanı faza üçün onun paylanan komponentini yaxşı həll edən başqa komponentini qətiyyən həll etməyən həlledici seçilir və komponent bir maye fazadan digər maye fazaya keçir.
4. ***Adsorbsiya – desorbsiya prosesləri***. Qazları, buxarların və ya mayelərin qarışıqlarından tələb olunan ( paylanan) komponentin səthi aktiv bərk maddələrin səthində udularaq ayrılması prosesləri ilə xarakterizə olunur. Adsorbsiya zamanı komponent qaz (buxar) yaxud maye fazadan bərk fazaya keçir. Adsorbsiya prosesinin əksinə gedən prosesə desorbsiya deyilir. Desorbsiya zamanı ayrılan komponent bərk fazadan qaz (buxar) yaxud maye fazaya keçmiş olur.
    1. ***Kristallaşma prosesi.*** Doymuş məhlullarda həll olan maddənin tərkibində olan həlledicini buxarlandıraraq kristallaşma prosesi deyilir. Proses

nəticəsində komponent maye fazadan bərk fazaya keçir, kristallaşma və əzaçılıq sənayesində tətbiq olunur.

2. ***Qurutma prosesi***. Nəm halda bərk maddələri qurutmaq üçün sənayedə tətbiq olunur. Bu zaman nəm maye fazadan buxar fazaya keçir. Göründüyü kimi maddələr mübadiləsi ilə gedən proseslər qarıçıq halda olan məhlulları ayırmaq üçün tətbiq olunurlar və onların normal gedişini təmin etmək mümkündür. Ona görə də maddələr mübadiləsi iki fazanın iştirakı ilə aparılır. Bir fazadan digər fazaya keçən komponentə paylanan komponent və fazadan fazaya yaxaud cüzi miqdarada keçən komponentə daşıyıcı deyilir. Maddələr mübadiləsi prosesləri əks axınlı aparatda aparıldığından anlar difuziyya prosesləri adlanır. Maddələr mübadiləsi prosesləri o vaxtadək gedirlər ki, sistemdə trazlıq halı yaransın. Bu proseslərdə tarazlığın yaranmasını aşağıdakı kimi izah etmək olur.

Fərz edək ki, M maddəsi əvvəlcə qaz G fazasında idi L maye fazası ilə görüşdükdə proses başlanır və M komponenti G fazasından L fazasına keçir G L. Başlanğıcda M komponentinin G qaz fazasında qatılığı yüksək olduğundan keçid yalnız G → L -ə doğru istiqamətdə olacaq və müddət keçdikdən sonra M komponentinin L fazadakı qatılığı artacaq, əks istiqamətdə keçid ( G L) başlanacaqdır. Bu zaman M komponentinin fazalardakı qatılıqlarınadan asılı olaraq G L-ə doğru istiqamətdə keçid getdikcə zəifləyəcək, yenidən L fazadan G – yə doğru istiqamətdə keçid getdikcə sürətlənəcək. Nəhayət elə an yaranacaqdır həmin anda hər iki istiqamətdə keçidin sürəti bərabərləşəcək, nəticədə vahid zamanda ( $\tau = 1\ san$ ) bir fazadan digər fazaya keçən M komponentinin miqdarı sabit qalacaqdır və və bu hala prosesin tarazlıq halı deyilir. Buna uyğun gələn parametrlərə tarazlıq kəmiyyətləri deyilir.

$P^*$ - tarazlıq təzyiqi; MPa ;

$t^*$ -tarazlıq temperaturu; $^0S$ ;

$y^*$ və $x^*$ paylanan komponentin qaz (buxar) və maye fazadakı tarazlıq qatılıqlarıdır.

Maddələr mübadiləsi proseslərinin getmə sürəti fazaların görüşmə səthindən və prosesdə yaranan hərəkətverici qüvvədən asılıdır. Bu hərəkətverici qüvvə və görüşmə səthi nə qədər yüksək olarsa, proses bir o qədər sürətlə gedər.

Maddələr mübadiləsi proseslərinin hərəkətverici qüvvəsi paylanan komponentlərin fazalardakı qatılıqlar fərqindən ibarətdir. Komponentin fazadan fazaya keçmə istiqaməti aşağıdakı kimi izah edilir. Paylanan komponent həmişə qatılığı tarazlıq qatılığından yüksək olan fazadan, qatılığı tarazlıq qatılığından aşağı olan fazaya keçmiş olur.

## *Distillə. Prosesin fiziki mahiyyəti, distillə üsulları, maddi və istilik balasları*

### *Distillə nəzəriyyəsi*

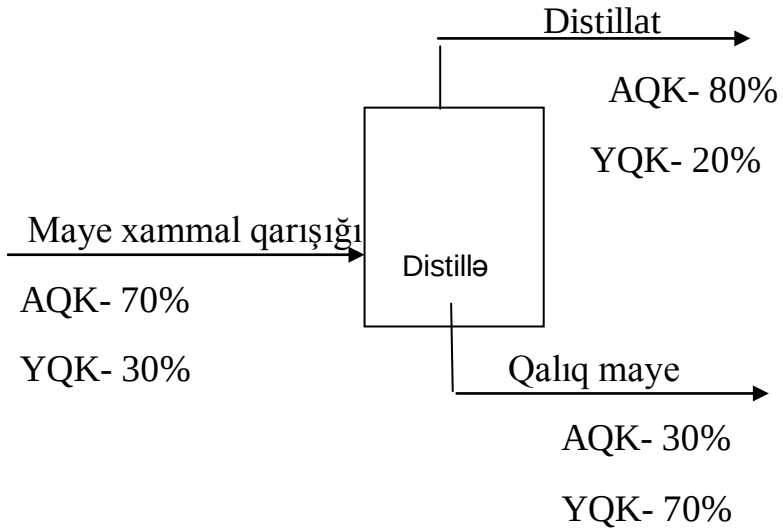
Bütün mayelər istənilən temperaturlarda buxarlanırlar. Mayelərdə buxarlanma prosesi iki cür ola bilər. Əgər mayenin hər hansı temperaturda doymuş buxar təzyiqi $\mathcal{P}$, onu əhatə edən mühitin ümumi təzyiqindən $\underline{P}$ kiçik ($\mathcal{P} < \underline{P}$)

olarsa, bu şəraitdə gedən buxarlanma olduqca kiçik sürətlə gedir və maye yalnız sərbəst səthdən buxarlanır. Maye hər hansı temperaturda doymuş buxar təzyiqi onu əhatə edən mühitin ümumi təzyiqinə bərabər olduqda P= $\mathcal{P}$ belə buxarlanmaya qaynamadeyilir.
Müxtəlif fərdi komponentlər eyni təzyiqdə müxtəlif temperaturda qaynayırlar, ona görə ki, komponentlərin uçuculuq xassələri müxtəlifdir. Uçuculuğu böyük olan komponentlər daha aşağı temperaturda qaynayırlar və əksinə. Eyni təzyiqdə (P=const) komponentlərin qaynama temperaturlarının müxtəlifliyindən istifadə edərək maye qarışıqları distillə yolu ilə komponentlərinə ayırmaq olar. Bundan ötrü distillə nəzəriyyəsi mövcuddur.

Fərz edək ki, tərkibi alçaq qaynayan komponent (AQK) və yüksək qaynayan komponentdən (YQK) ibarət olan iki komponentli maye qarışığı verilmişdir. Bu qarışığı sabit təzyiqdə (P=const) tədricən qızdırılarsa, qarışıq hər hansı t temperaturda qaynamağa başlayar. Distillə nəzəriyyəsinə görə distillə prosesi başladıqda (AQK) tamamilə buxara çevrilir ,YQK isə tamamilə maye halında qalır. Beləliklə distillə prosesində iki tarazlıqda olan maye-buxar fazası yaranır. Buxar mayedən dəfələrlə ($P_{bux}<<<P_{maye}$) yüngül olduğundan asanlıqla maye fazadan ayrılırlar və distillə aparatının yuxarı hissəsindən xaric olur, soyuducu aparatda soyudularaq kondensləşdirilir və alınan kondensator distilat deyilir. Distillə aparatının aşağısında qalan maye aparatın aşağı hissəsindən xaric olur, buna qalıq maye deyilir.

Distillə nəzəriyyəsinə görə prosesdən alınan distilatın tərkibi texniki təmiz AQK-dən, qalıq mayenin tərkibi isə texniki təmiz YQK-dən ibarət olmalıdır. Lakin təcrübələr göstərir ki, maye qarışıqlarını sadə distillə ilə təmiz halda komponentlərinə ayırmaq mümkün deyildir. Bunun səbəbini aşağıdakı kimi aydınlaşdırmaq olar.

Məlumdur ki, mayelər istənilən temperaturda buxarlanırlar, ona görə də distillə zamanı həm AQK və eləcə də YQK hər ikisi buxarlanır. Lakin temperaturlarda AQK daha uçucu olduğundan daha çox buxarlanır, YQK isə nisbətən az uçucu olduğundan az buxarlanır.



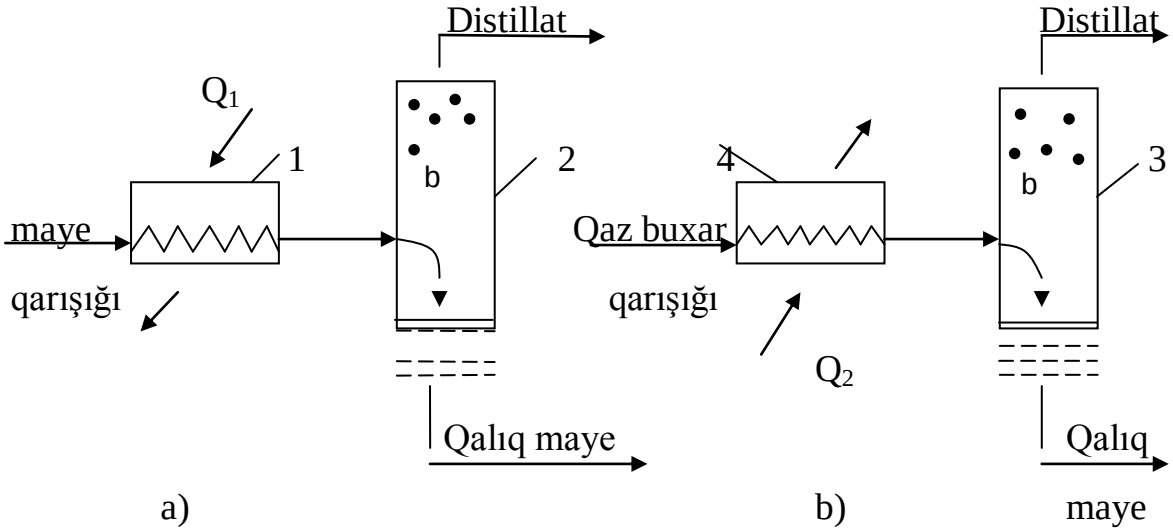
distillə prosesinin maddi axınlarla sxemi

Nəticədə distillə zamanı alınan buxarın (distillatın) tərkibi təmiz AQK-dən deyil, hər iki komponentin qarışığından ibarət olur, lakin qeyd etmək lazımdır ki, distillə prosesindən alınan distillatın tərkibindəki AQK-in qatılığı, distillə prosesinə verilən xammal qarşığına nisbətən yüksək olur.

Distillə prosesi zamanı AQK-in hamısı buxara çevrilmir, onun bir hissəsi maye halında qalır, ona görə də prosesdən alınan qalıq mayenin tərkibi təkcə YQK-dən deyil, hər iki komponentin qarışığından ibarət olur. Lakin prosesdən alınan qalıq mayenin tərkibindəki YQK-in qatılığı xammal qarışığındakına nisbətən yüksək olur. Bu deyilənləri aşağıdakı distillə prosesinin sxemindən daha aydın görmək olar.Distillə nəzəriyyəsi təcrübədə özünü doğrultmur, həqiqətdə isə bu belə deyildir. Əgər sadə distillə prosesindən alınan məhsulları distillat və qalıq mayeni bir neçə dəfə təkrar distillə etsək, xammalın komponentlərini təmiz halda bir-birindən ayırmaq mümkün olar.

## Birdəfəli distillə prosesləri

Bu proses birdəfəli qaynama və birdəfəli kondensləşmədən ibarət olur. Birdəfəli distillə prosesinin təcrübi əhəmiyyəti yoxdur, lakin prosesinin böyük nəzəri əhəmiyyəti vardır. Bu sadə proses üçün çıxarılan qanun və qanunauyğunluqlardan daha mürəkkəb prosesləri öyrənmək olur. Birdəfəli distillə prosesi bizdən asılı olmayaraq istidəyişdirici aparatın boruların daxili səthində maye qarışığını qızdırmaqla gedir. Nəticədə maye qızır onun bir hissəsi buxara çevrilir, maye-buxar tarazlığı yaranır və boruların sonunda bu fazalar bir-birindən ayrılır. Birdəfəli qaynama və kondensləşmə proseslərini sxematik olaraq göstərək.

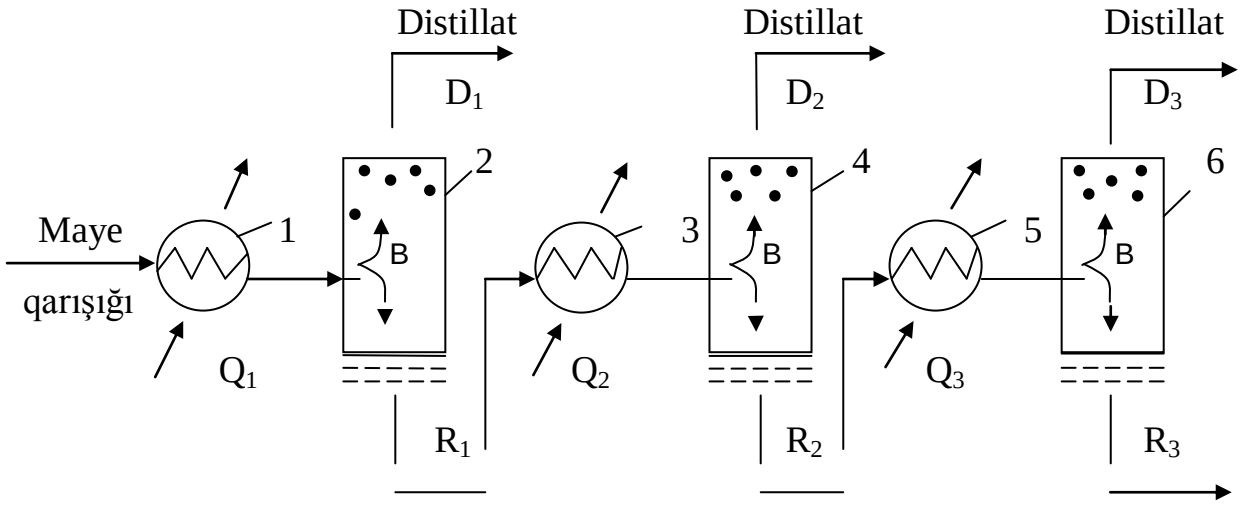



Birdəfəli buxarlanma(qaynama) və a) birdəfəli kondensləşmə b) prosesləri

1-maye qızdırıcısı; 2,3-seperatorlar(ayırıcılar); 4- soyuducu aparat

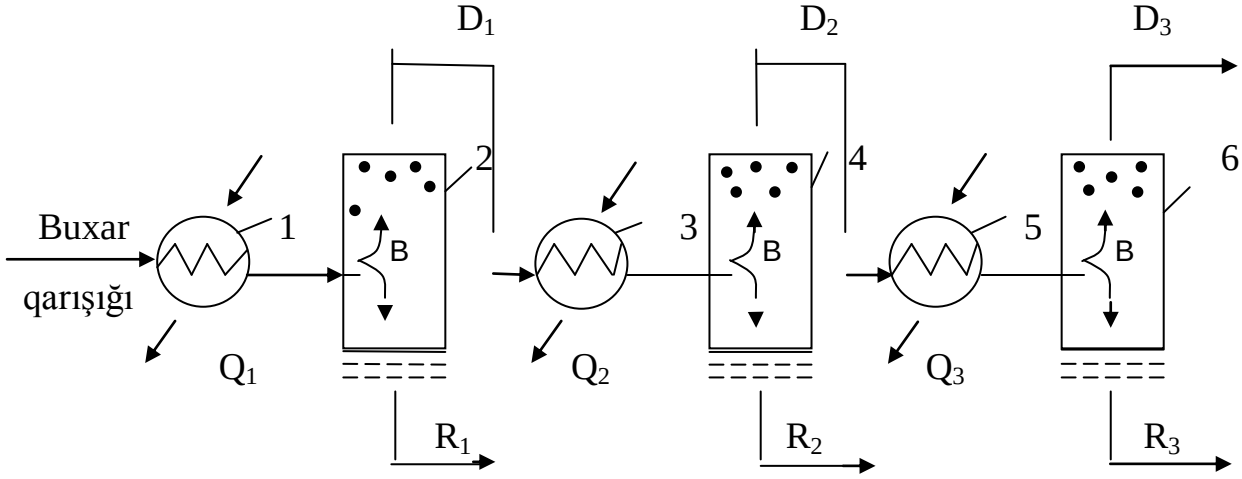
## Çoxdəfəli distillə prosesləri

Bu proses birdəfəli distillə prosesinin bir neçə dəfə təkrarından ibarətdir və kimya texnologiyasında çox böyük əhəmiyyət kəsb edir, ona görə də onun tətbiq sahəsi genişdir. Çoxdəfəli buxarlanma prosesini sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar.




Çoxdəfəli buxarlandırma prosesi. 1,3,5-buxarlandırıcı aparatlar; 2,4,6 -seperatorlar; M-maye faza; B-buxar faza.

Çoxdəfəli kondensləşmə prosesini sxematik göstərək.




***Mayelərin nəql edilməsi. Nasoslar, qurgunun elementləri əsas işçi parametrləri təsnifatı və iş prinsipi.***

Damcılı mayeləri bir aparatdan başqa aparata,bir qurğudan digər qurğuya və daha uzaq məsafələrə nəql etdirmək kimya və neft kimya texnalogiyasında ən geniş yayılmış və vacib proseslərdir. Məlumdur ki,nisbətən yüksək səviyyədə olan maye aşağı səviyyəyə öz axını ilə hərəkət edirlər. Bu zaman yuxarı səviyədə olan mayenin patensial enerjisinin (vəziyət və təzyiq potensial enerjilərinin cəmi)bir

hissəsi kinetik enerjiyə çevrilir və bunun hesabına maye bir səviyədən aşağı səviyəyə heç bir əlavə enerji sərf etmədən öz axını ilə hərəkət edir.

Lakin damcılı mayeləri aşağı səviyyədən yuxarı səviyyəyə və eləcə də harizontal müstəvi üzrə hərəkət etdirmək üçün əlavə enerji sərf etmək tələb olunur.Bu enerji nasoslar vasitəsi ilə sərf olunur.Nasos dedikdə hidravlik maşın nəzərdə tutulur. Nasosa mühərik vasitəsi ilə verilən mexaniki enerjini nasos təzyiq enrjisinə çevirir və bunula mayenin təzyiqi artmış olur.Mayenin bu hərəkəyinə proses kimi baxsaq onda onun hərəkətverici qüvvəsi təzyiqlər fərqindən ibarət olur. Əgər maye A nöqtəsindən B nöqtəsinə doğru hərəkət edirsə A nöqtəsini təzyiqə B nöqtəsini təzyiqindən böyük olmalıdır. $P_1 > P_2$ Daha doğrusu mayenin bu hərəkəti $P=P_1-P_2$ təzyiqlər fərqi hesabına edir və bu fərq nə qədər böyük olarsa maye bir qədər yüksək sürətlə hərəkət edər. Deməli nasosun əsas vəzifəsi mühərikin ona verdiyi mexaniki enerjini təzyiq enerjisinə çevirməklə nəql etdirdiyi mayenin təzyiqini yüksəltməkdən ibarətdir.

Nasoslar növlərinə görə iki yerə bölünür.

***Dinamiki (sürət) və həcmi nasoslar***. Kimya sənayesində işlədilən nasosların əsas kostruksiyasını düzgün başa düşmək üçün onun aşağıdakı əsas parametrlərini bilmək lazımdır. Nasosun əsas parametrləri onun məhsuldarlığı basqısı vənasosa verilən faydalı gücdür. 1.Nasosun məhsularlığı vahid zamanda vurma borusuna verilən mayenin həcminə deyilir.Q-ilə işarə edilir, ($m^3$/san) ölçülür. 2.Nasosun yaratdığı basqı 1N ağırlığında mayeyə nasos vasitəsi ilə verilən xüsusi enerjidir.m.su st. ilə ölçülür və H ilə işarə olunur.Nasosun yaratdiğı basqı mayenin xüsusi çəkisindənY ($N/m^3$) və yaxud sıxlığından $\rho$ ($kq/m^3$) asılı deyildir. 3.Nasosun faydalı gücü dedikdə mayeni hərəkət edirmək üçün sərf olunan faydalı güc nəzərdə tutulur və nasosun yaradığı basqı H ilə məhsuldarlığı Q hasilinə bərabərdir. N□ ilə işarə edilir və Vt-la ölçülür.

$$N_{□}=\gamma HQ=\rho gHQ \text{ ,Vt} \qquad (3.1)$$

Nasosların növündən və konstruktiv quruluşundan asılı olaraq onların f.i.ə müxtəlif olur.məsələn- aşağı və orta məhsuldarlıqlı mərkəzdənqaçma nasoslarının f.i.ə təcrübi olaraq $\eta_H$=0,6-0.7, porşenli nasoslar üçün $\eta_H$=0,8-0.9 və yüksək məhsuldarlıqlı müasir tipli təkminləşdirilmiş nasoslar üçün $\eta_H$=0,93- 0,95 qəbul edilir.

## *Mərkəzdənqaçma nasosların quruluşu və işləmə prinsipi.*

Kimya texnologiyasında istifadə edilən damcılı mayelərin əksəriyyəti mərkəzdənqaçma nasosları vasitəsilə nəql etdilir. Odur ki, bu nasoslar geniş tətbiq olunurlar.Onların aşağıdakı üstün cəhətləri vardır. Nasoslar iti gedişli olduqları üçün yüksək məhsuldarlığa malik olurlar, yığcam olduğundan az yer tuturlar, mərkəzdənqaçma nasoslarını istənilən materialdan hazırlamaq olar, onlar

üçün nisbətən möhkəm özül tələb olunmur, odur ki, onları istənilən mərtəbədə quraşdırmaq mümkündür.

Mərkəzdənqaçma nasosları Bernulli tənlikləri əsasında hazırlanırlar. Bu nasosların əsas hissəsi gövdə və onun daxilində yerləşən işçi çarxdan ibarətdir. İşçi çarx gövdə daxilində valın üzərində yerləşir və elə yerləşir ki, çarxın xarici çevrəsi ilə gövdənin divarı arasında en kəsiyi getdikcə genişlənən spiral kanal yaranmış olsun. İşçi çarx iki dairəvi lövhədən ibarətdir, bu lövhələr arasında kürəklər qoyulur. Maye nasosa mərkəzi ox istiqamətində daxil olur və yüksək sürətlə fırlanan işçi çarx mayeni də özü ilə fırladır. Firlanma hərəkəti nəticəsində mərkəzdənqaçma qüvvəsi yaranır. Həmin qüvvə mayeni çarxın çevrəsinə toxunan istiqamətində (gövdənin divarına tərəf) itələyir. Nəticədə maye en kəsiyə malik divara itələnir və spiral kanala düşür və yüksək sürətlə hərəkət etməyə başlayır. Kanalın en kəsik sahəsi getdikcə genişləndiyindən mayenin sürəti azalır və ona uyğun olaraq kinetik enerjisi $\omega^2 /2g$ azalır, onun hesabına mayenin xüsusi təzyiq enerjisi $P/\rho g$ artır və beləliklə mayenin təzyiqi artır.Təzyiqi yüksəlmiş maye vurma borusuna itələnərək nasosdan xaric olur. Sorma borusu dərinlikdə olan mərkəzdənqaçma nasoslarını işə salarkən nasosu və eləcə də onun sorma borusunu vurulacaq maye ilə doldurmaq lazımdır. Əks halda nasos mayeni dərinlikdən sora bilməz. Nasos işə salındıqda onun daxilindəki maye vurma borusuna itələnir və bununla vakuum (boşluq) yaranır. Sorma tutumundakı təzyiq (atmosfer təzyiqi ) nasosun daxilindəki qalıq təzyiqindən böyük olduğu üçün yaranmış olan təzyiqlər fərqi hesabına maye tutumdan nasosa sorularaq daxil olur. Bu proses olduqca ani gedir ki, onu fasiləsiz olaraq sormaq və vurmaq kimi təsəvvür etmək olar. Nasosu sxematik göstərək.

1.Nasosun gövdəsi 2.Nasosun işçi çarxı; 3.İşçi çarxın radial kürəkləri; 4.Dəyişən en kəsik sahəsi spral kanal 5.Sorma borusu; 6.Əks klapan; 7.Sorma çəni; 8.Burma borusu;

Mərkəzdənqaçma nasoslarının məhsuldarlığı onun dövrlər sayından asılıdır. Belə ki, dövrlər sayı artdıqda nasosun məhsuldarlığı yüksəlir.

Mərkəzdənqaçma nasoslarının çatışmayan cəhətlərindən biri onların çox yüksək təzyiq yarada bilməməsidir. Nasosun yaratdığı basqını (təzyiqi) yüksəltmək üçün onun pillələrinin sayını artırmaq tələb edilir. Daha doğrusu nasosun gövdəsi daxilində eyni val üzərində, bir neçə ədəd işçi çarxlar quraşdırılır və bu çarxların sayı qədər pillələr yaranır. Çarxlar paralel olaraq yerləşdirilir, hər çarx mayenin təzyiqini özündən əvvəlki çarx qədər yüksəldə bilir. Beləliklə nasosun məhsuldarlığı sabit qalmaqla onun yartdığı basqı pillələrin sayı dəfə yüksəlmiş olur. Mərkəzdənqaçma nasoslarını istismar etməzdən əvvəl onların xarekteristikasını çıxarmaq lazımdır. Nasosun xarekteristikasını çıxarmaqda əsas məqsəd onun səmərəli işini təmin etməkdir. Odur ki, həmişə lazımdır ki, aparatlar, maşınlar avadanlıqlar o cümlədən nasoslar da mümkün qədər səmərəli işləsinlər.

Qeyd etdiyimiz kimi nasosun məhsuldarlığı, onun yaratdığı basqısı, tələb olunan faydalı gücü və faydalı iş əmsalı (f.İ.Ə.) onun dövrlər sayından asılıdır. Odur ki,nasosu elə dövrlər sayı ilə işlətmək lazımdır ki, istədiyimiz məhsuldarlıq və yaratdığı basqı əldə edilməklə yanaşı o qədər az güc tələb olunsun, ondan başqa nasosun f.i.ə. maksimum f.i.ə.- na yaxın olsun. Nasos qurğusunda alınan nəticələr əsasında onun xarakteristik qrafiki qurulur.

## *Porşenli nasosların quruluşu və işləmə prinsipi.*

Özlülüyü böyük, yanğın və partlayış təhlükəsi olan maye məhsulları nəql etdirmək üçün porşenli nasoslardan istifadə edilir. Bu nasosların əsas ölçüsü silindir və onun içərisində irəliyə və geriyə hərəkət edən porşendən ibarətdir və hərəkət nasosa elektrik mühərrikilə val vasitəsilə verilir. Elektrik mühərikinin valındakı firlanma hərəkəti Krivo-Şatun mexanizmasının köməyi ilə irəli geri hərəkətə çevirir və beləliklə də nasosun valına ötürülür.

Porşenli nasoslar konstruksiyalarına görə bir təsirli və ya iki təsirli olurlar onları sixematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar.

1.nasosun silindiri; 2.porşen; 3.sorma klapanı; 4.vurma klapanı ,vurma borusu; 5. əyri dirsəkli şatun; 6.Nasosun valı ;

Sxemdən göründüyü kimi bir təsirli nasosun porşenin yalnız bir tərəfi təsir göstərir, iki təsirli nasoslarda isə hər iki tərəfi təsir göstərir. Bundan əlavə bir təsirli nasoslardan bir dövr ərzində nasos bir dəfə sorur və bir dəfə də vurur. İki təsirli nasoslar isə bir dövr ərzində iki dəfə sorur və iki dəfə vurur. Ona görə də eyni diametrli porşeni olan iki təsirli nasosun məhsuldarlığı bir təsirliyə nisbətən təxmini olaraq iki dəfə böyük olur.

Porşen soldan sağa hərəkət etdikcə silindr daxilində boşluq yaranır və həmin vakuum hesabına sorma klapanı açılır, maye nasosun silindrinə dolur. Porşenin sağdan sola hərəkəti nəticəsində silindrdə yığılan maye sıxılmağa başlayır və onun hesabına sorma klapanı bağlanır, vurma klapanı isə açılır. Nəticədə maye vurma borusuna itələnir. Porşenli nasoslarda porşen silindrin içərisinə kip yerləşdirilir. Onun kipliyi porşenin uclarındakı elastik həlqələrin köməyi ilə yaradılır və porşen silindr daxilində vurulan maye vasitəsilə yağlanır.

Bəzi hallarda porşenli nasosların əvəzinə plunjerli nasoslardan istifadə olunur. Bu nasoslar porşenli nasoslarla eyni quruluşa malikdir. Lakin burada porşen yox plunjerdən istifadə edilir və plunjerin səthi ilə silindr səthi arasında müəyyən qədər boşluq olur.

Nasosun silindri; Plunjer; Sorma borusu;Vurma borusu;Mexanizmi;Nasosun valı;

Porşenli və plunjerli nasoslarda yaranan təzyiq nasosun məhsuldarlığından asılı deyildir. Porşenli nasoslarda olduğu kimi bu nasoslarda iki və üç (pilləli) təsiri olur. Üç təsirli plunjerli nasosu sxematik olaraq aşağldakı kimi göstərmək olar

1. Silindr; Plunjer; Dirsəkli val; Ştuser; Sorma borusu; Vurma borusu.

Üç təsirli plunjerli nasosların iş prinsipi bir pilləli nasoslar kimidir. Ancaq dirsəkli valın bir dəfə dövrü nəticəsində maye üç dəfə sorulur və üç dəfədə vurulur. Üç təsirli nasosun məhsuldarlığı sadə nasosun məhsuldarlıqları cəminə bərabərdir. Porşenli nasoslar dövrlər sayına görə üç yerə bölünürlər . Sakit gedişli (n=45÷60 dəqiqə), normal gedişli (n=60÷120 dövr/dəq) və iti gedişli (n=120÷180 dövr/dəq).

## *Qazların filtrləmə ilə təmizlənməsi*

Sənayedə alınan qazların təmizlənməsi kimya istehsalının ən vacib məsələlərindən biridir. Buna görə də qazların təmizlənməsi kimya texnologiyasında geniş yayılmış proseslərdəndir. Sənaye qazlarının asılı halda olan bərk və maye hissəciklərdən təmizlənməsi aşağıdakı məqsədlər üçün həyata keçirilir:

1. Atmosfer havasının çirklənməsinin qarşısını almaq üçün

2. Qazlardan qiymətli məhsulları ayırmaq üçün

3. Qazlardan zərərli qarışıqları ayırmaq üçün. Bu zərərli qarışıqlar qazların sonrakı emalına mənfi təsir göstərir ( katalizatorun aktiv səthini örtür, onu zəhərləyir, alınan məhsula qarışaraq onu çirkləndiri və s.) və ya avadanlığı aşındıraraq sıradan çıxarırlar;

Sənayedə qazların çirklənməsi aşağıdakı hallarda baş verə bilər:

1) Bərk maddələrin xırdalanması, ölçülərinə görə fraksiyalara ayrılması və pnevmatik nəql edilməsi.

2) Bərk yanacaqların yandırılması zamanı.

3) Qaz və bərk fazalar arasında gedən katalitik proseslər zamanı və s.

Bu proseslərdən alınan tozlu qazların tərkibində asılı halda olan bərk hissəciklərin ölçüləri 3÷70 mkm olur. Dumanın əmələ gəlməsi qazın tərkibindəki buxarların kondensləşməsi və ya qaz axının maye layından keçməsi nəticəsində baş verir. Dumanın tərkibindəki maye damcıları çox kiçik (0,001÷1 mkm) olurlar.

Qazların təmizlənməsi üçün aşağıdakı üsullardan istifadə edilir.

1) Ağırlıq qüvvəsi təsiri altında çökdürmə

2) Mərkəzdənqaçma qüvvəsi təsiri altında çökdürmə

3) Fltrləmə ilə təmizləmə

4) Nəm üsulla təmizləmə

5) Elektrik qüvvələri təsiri altında çökdürmə.

Qazların təmizlənməsi proseslərinin səmərəliliyi (f.i.ə.) təmizləmə dərəcəsi deyilən kəmiyyətlə xarakterizə olunur və aşağıdakı düsturlarla təyin edilir.

$$\eta = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 10$$

burada $G_1$ və $G_2$ uyğun olaraq çirkli və təmizlənmiş qazlarda hissəciklərin kütlə sərfi, kq/saatla

Qazları tələb olunan yüksək təmizliyə çatdırmaq üçün çox vaxt onların ardıcıl olaraq kobud, orta və incə təmizləmə üsullarının köməyilə bir neçə mərhələdə təmizləyirlər. Qazların filtrləmə ilə təmizləmək üçün qaz filtrlərindən istifadə olunur. Onlara verilən tozlu qaz məsaməli arakəsmədən keçir, bərk hissəciklər isə arakəsmənin səthində tutulur. Qaz filtrləri arasında ən geniş tətbiq olunan əlcəkli filtrlərdir. Bu filtrlərə tozlu qaz ventilyator vasitəsilə vurulur, giriş ştuserindən (1) keçərək qazpaylayan kameraya (2) daxil olur və filtrlərin əlcəkləri (3) arasında paylanır. Əlcəklərin yan səthi deşikli borulardan ibarət olub filtrləyici arakəsmə içərisində geydirilir və aşağı ucları boru şəbəkəsində (4) kip bərkidilir. Filtrləyici arakəsmədən keçən qaz çıxış borusu (5) ilə aparatdan xaric olur, bərk hissəciklər isə arakəsmənin səthində yığılır və müəyyən vaxtdan bir filtr dayandırılır və toz xaric edilir. Filtr üçün fasiləsiz iş şəraiti yaratmaq məqsədilə onları çox şöbəli düzəldirlər və şöbə ilə bunların biri işləyir, digəri tozdan təmizlənir. Əlcəkli filtrlərdə yüksək təmizləmə dərəcəsi (98 – 99 %) əldə etmək olur.

Əlcəkli filtrlərin mənfi cəhətlərindən filtrləyici materialın tez yeyilərək sıradan çıxmasını və materialın məsamələrinin tutulmasıdır.

Əlcəkli filtrlər üçün əlcək materialın seçilməsi onun mexaniki möhkəmliyi, temperaturu və kimyəvi yeyiciliyə qarşı davamlılığı ilə təyin edilir. Filtrin əlcəkləri pambıq, yun parçalarından, sintetik parçalarından, şüşə və silikat polimerləri materiallarından saxsı və metal-saxsılardan hazırlanırlar. Bəzən tozlu qazları xırdalanmış şlak, koks, kvars qumu laylarından keçirməklə filtrləyirlər.

**Qazların nəm üsulla təmizlənməsi**

Qazların ən kiçik hissəciklərdən təmizləmək üçün nəm üsuldan istifadə edilir. Bu üsul qazların su və ya başqa maye ilə yuyulmasından ibarətdir. Qazların

nəm üsulla təmizlənməsi o vaxt faydalı olur ki, qazın soyudulması və nəmlənməsi iqtisadi və texnoloji çətinliklər törənməsin, həmcinin qazdan ayrılan hissəciklər qiymətli məhsul olmasın. Səthi məsaməli olan bərk hissəciklər maye ilə görüşdükdə yaxşı islanır və ağırlaşırlar. Beləliklə ən kiçik hissəciklərin qazdan ayrılması asanlaşır.

Həmin üsulla qazların təmizlənməsi üşün sədə aparat doldurma tip skrubberlərdir. Aparatın aşağı hissəsindən tozlu qaz verilir, və yuxarıdan su ilə suvarılır. Işlənmiş su skruberin aşağısından suspenziya halda xaric olur (şəkil7.7) təmizlənmiş qaz isə skrubberin yuxarısından xaric olur. Doldurma tip skrubberlərdə qazın təmizlənmə dərəcəsi 75-85% çatır. Tozu qazları daha dəqiq təmizləmək üçün Venturi skrubberlərdən istifadə edilir (şəkil 7.8)

Tozlu qaz Ventiri borusundan (1) keçməklə tsiklon separatoruna (3) verilir Venturi borusunda axının en kəsik sahəsi kəskin olaraq keçilir və bu sahədə sürəti 60-150 m/san çatır. Daraldılmış bu en kəsikdə qaz axını yuyucu maye ilə qarışdırılır. Bu kəsikdə qazdakı bərk hissəciklərlə maye damlaları arasında toqquşmalar baş verir və bu qarşılıqlı zərbələr nəticəsində hissəciklər maye damcılarında udularaq iriləşirlər. Bu damcılar qazla birlikdə giriş ştuserinə (2) verilir bə burada onun sürəti getdikcə azalaraq 20-25 m/san çatır, tsiklon separatoruna daxil olduqda isə 4-5 m/san olur. Tsiklonda yaranan mərkəzdəzqaçma qüvvəsinin təsiri altında içərisində iriləşmiş hissəciklər olan maye damcıları qazdan asanlıqla ayrılırlar və seperatorun aşağı hissəsindən suspenziya halda xaric olur, köçdürücü aparata (4) yığılır, orada çökərək sudan ayrılır və təmiz su nasos (5) vasitəsilə yenidən prosesə qaytarılır.

Venturi srkubberlərində təmizləmə dərəcəsi 99%-ə catır .

Tozlu qazları təmizləmək üçün bəzən baraban taclı toztutanlardan-köpüklü aparatdan istifadə olunur (şəkil 7.9). Bu aparatlar silindrik gövdədən (1) və içərisindəki deşikli boşqabdan (2) ibarətdir. Aparata su və ya başqa yuyucu maye ştuserdən (3) boşqabın üstünə, tozlu qaz isə ştuserlə (4) boşqabın altına verilir. Qaz boşqabın deşiklərindən keçərək maye içərisinə daxil olur və burada intensiv qarışma-barbataj hadisəsi və bunun nəticəsində maye köpüklənir. Qazın tərkibində

## *Çökdürmə prosesi*

Bircinsli olmayan sistemlərdəki hissəciklərin ağırlıq qüvvəsi təsiri altında mühitdən ayrılması prosesinə çökdürmə deyilir. Çökdürmə prosesi suspenziyaları, emulsiyaları və tozları ayırmaq üçün tətbiq olunur. Bu üsul nisbətən kiçik sürətə malikdir və burada ən kiçik hissəcikləri ayırmaq mümkün olmur. Ona görədə bu üsuldan bircinsli olmayan sistemlərin ilkin kobud təmizlənməsi üçün istifadə edilir.

Bu üsulun müsbət cəhətlərindən aparatın çox sadə olmasını və enerji sərfinin az olmasını göstərmək olar. Çökdürmə prosesinin fiziki mahiyyəti isə aşağıdakılardan ibarətdir: suspenziya və ya emulsiya, çökdürmə kamerasından keçirilir bu zaman bərk və ya maye hissəcikləri öz ağırlıq qüvvələri təsiri altında çökərək kameranın dibinə yığılırlar:

Çökdürmə zamanı iki əsas tələb gözlənilməlidir:

1) bircinsli olmayan qarışığın aparatda qalma müddəti hissəciyin çökməsi üçün tələb olunan müddətdən böyük olmalıdır:

2) bircinsli olmayan axının aparatda xətti sürəti hissəciyin çökmə sürətindən çox-çox kiçik olmalıdır.

Birinci tələbi gözləmədikdə hissəciyin çökməyə vaxtı çatmadığından çökə bilmir; ikinci tələbi gözləmədikdə isə aparatda yaranan burulğan çökmüş hissəcikləri yenidən qaldıraraq mayeyə qarışdırır.

**Çökdürücülərin quruluşu və işləmə prinsipi**

Çökdürmə prosesini aparmaq üçün işlədilən aparatlara çökdürücülər deyilir. Bu aparat dövrü, yarımfəsiləsiz və fasiləsiz işləyən çökdürücülərə bölünürlər.

Sənayedə ən çox fasiləsiz işləyən çökdürücülərdən istifadə edilir. Şəkildə fasiləsiz işləyən çökdürücünün sxemi (şəkil 5.2) verilmişdir. Çökdürücü çox hündür olmayan silindirik çəndən (1) və konusvari dibdən (2) ibarətdir. Aparatın yuxarı hissəsinin daxili səthinə dairəvi nov (3) qaynaq olunur. Aparatın içərisində mexaniki qarışdırıcı (4) qoyulur və onun pərləri üzərində sıyırıcı kürəklər (5) bərkidilir. Qarışdırıcı 0,02-0,5 dövr/dəqiqə kiçik sürətlə fırlandıqca pərlər üzərindəki kürəklər aparatın dibinə çökərək yığılan çöküntü sıyrılır və mərkəzi çıxış yoluna (6) yönəldilir. Ayrılacaq suspenziya aparata fasiləsiz olaraq giriş borusu (7) ilə silindrik gövdənin orta hissəsinə verilir. Alınan şəffaf maye sıxışdırılaraq nova tökülür və çıxış ştuseri (8) ilə aparatdan xaric olur. Qatı suspenziya halında alınan çöküntü (tərkibində bərk maddənin qatılığı 35-55% kütlə) aparatın aşağısından diafraqmalı nasosun köməyi ilə xaric edilir.

Sənaye şəraitində bu çökdürücülər daha səmərəli sayılırlar. Ona görə ki, onlar çox böyük məhsuldarlığa malik olmaqla (3000 t/gün çöküntü qədər) onların işi tam avtomatlaşdırılır. Bu aparatların çatışmayan cəhətlərinə gəldikdə onların çox böyük olmalarını və çox ərazi tutmalarını dametri 1,8 m-dən 3 m-ə qədər göstərmək olar. Bu çatışmayan cəhəti aradan qaldırmaq məqsədilə fasiləsiz çökdürücüləri çoxmərtəbəli hazırlayırlar ki, bu da bir neçə ədəd kiçik diametri çökdürücünün biri birinin üstündə quraşdırılmasından ibarətdir.

Emulsiya qarışıqlarını ayırmaq üçün ən çox fasiləsiz işləyən çökdürücülərdən istifadə edilir. Çökdürücü şaquli silindrik tutumundan ibarət olub giriş və çıxış boruları ilə təchiz edilir. Emulsiya geniş borusu ilə aparatın orta hündürlüyünə verilir. Burda iki ədəd deşikli(1 və 2) arakəsmə yerləşdirilir. Maye qarışığı laylara

ayırdıqdan sonra yüngül maye aparatın yuxarısından, ağır maye isə aşağıdan çıxış borusu ilə xaric edilirlər. Çökdürülmüş yüngül və ağır mayelərin çıxım hündürlükləri aşağıdakı nisbətdə olmalıdır.

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

## *Filtrləmə haqqında ümumi məlumat*

Filtrləmə suspenziyaları məsaməli arakəsmənin köməyilə ayırmaq prosesinə deyilir. Bu zaman suspenziyanın maye hissəsi filtirləyici arakəsmənin məsamələrindən keçir, bərk hissəciklər isə onun səthində tutulur. Suspenziyaların bu üsulla ayrılması filtirlərdə gedir. Bu aparatlar müxtəlif quruluşlu tutumlardan ibarət olub içərisində məsaməli arakəsmə yerləşdirilir. Filtirləyici arakəsmə filtiri iki hissəyə ayırır. Arakəsmənin üstündəki $P_1$ və altındakı $P_2$ təzyiqlər fərqi

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

filtrləmə prosesinin hərəkətverici qüvvəsidir və həmin qüvvənin təsiri altında maye arakəsmənin məsamələrindən keçir, bərk hissəciklər isə arakəsmənin səthində ilişib qalırlar. Beləliklə suspenziya qarışığı şəffaf mayeyə və nəm çöküntüyə ayrılır. Şəffaf mayeyə filtirat deyilir. Filtirləmə prosesi maye suspenziya qarışığını bərk hissəciklərdən tam ayırır və buna görə də filtirləmə çökdürmə posesinə nisbətən böyük üstünlüyə malikdir.

Filtirləmə prosesi o vaxt keyfiyyətli gedir ki, filtirləyici arakəsmə məsamələrinin ölçüləri suspenziyadakı bərk hissəciklərin ölçülərindən kiçik olsun. Əks halda hissəciklər maye ilə birlikdə məsamələrdən keçib gedər və heç bir ayrılma getməz. Adətən bu hal az da olsa filtirləmə prosesinin başlanğıcında baş verir və onun nəticəsində filtirat əvvəlcə bulanıq alınır. Lakin müəyyən müddət keçdikdən sonra filtirat şəffaflaşır. Bunun səbəbi çöküntü layının əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır. Çöküntü layı ən yaxşı filtirləyici arakəsmədir. Onun məsamələrinin ölçüləri daha kiçik olur və heç bir hissəciyi buraxmır. Odur ki, filtirləmə prosesində başlıca rolu çöküntü layı oynayır. Filtirləyici arakəsmənin vəzifəsi isə çöküntü layını yaratmaqdır.

Filtirləmə prosesinin hərəkətverici qüvvəsi təzyiqlər fərqidir.

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

Prosesi sürətləndirmək məqsədilə $\Delta P$-ni artırmaqdan ötəri ya $P_1$ təzyiqini artırmaq və ya $P_2$ təzyiqini azaltmaq lazım gəlir.

Filtirləyici arakəsmənin üstündəki $P_1$ təzyiqini artırmaq üçün bir neçə üsul vardır: 1) Filtirləyici arakəsmənin üstündəki suspenziya layının hündürlüyünü artırmaqla hidrostatik təzyiqi $P_1$ artırmaq olar. Lakin bu üsulla $P_1$ təzyiqini çox artırmaq olmur.

2)Zavod şəraitində $P_1$ təzyiqini artırmaq üçün suspenziya filtrə sıxılmış hava və ya nasos vasitəsilə yüksək təzyiq altında vurulur. $P_2$ təzyiqini azaltmaq üçün filtirləmə prosesi vakkum altında aparılır. Bundan ötəri filtiratın üstündə vakkum nasosun köməyilə seyrəklik yaradılır.

Filtrləmə prosesi təkcə suspenziyanın filtrata və çöküntüyə ayrılmasından ibarət deyildir. Bu prosesə çöküntünün yuyulması, hava ilə üfürülməsi və qurudulması mərhələlərinə daxildir. Çöküntünün yuyulması ideal sıxışdırılıb çıxarma üsulu ilə həyata keçirilir. Bundan ötəri nəm çöküntü layı təzyiq altında yuyucu maye (su) verilir. Yuyucu maye çöküntü layından keçərkən suspenziya mayesini sıxışdıraraq çöküntünün kapilyarlarından çıxarır və ona qarışır. Çöküntünü qazla üfürməklə onu tam qurutmaq olmur, yalnız artıq mayeni oradan çıxarırlar. Çöküntünü qurutmaqdan ötəri üfürücü hava (qaz) əvəzinə isti hava (qaz) verilir və çöküntü tələb olunan quruluq dərəcəsinə qədər qurudulur. Çöküntünün hava (qaz) ilə üfürülməsi onun tərkibində qalan yuyucu mayenin oradan çıxarılması üçün aparılır. Bundan ötəri adətən havadan və bəzən azot, karbon qazı kimi təsirsiz qazlardan da istifadə olunur.

Filtirləyici arakəsmə azbest parça, pambıq parça, yun parça, sintetik şüşə parçalardan hazırlanırlar. Bunlardan əlavə arakəsmə saxsı, metal, kvars, kömür materiallarından da hazırlanır. Filtirləyici arakəsmənin materialı filtirləmə prosesinin şəraitindən (məsamələrin ölçülərindən, hidravlik müqavimətindən, temperatur və təzyiqdən, mühitin kimyəvi yeyiciliyindən və s.) asılı olaraq seçilir.

## Filtirlərin quruluşu və işləmə prinsipi

İşləmə prinsipinə görə müasir filtrləri dövri və fasiləsiz işləyən filtrlərə bölmək olar. Onlarda təzyiqlər fərqi yaratmaq üsullarına görə isə filtrlər vakkum altında işləyən və təzyiq altında işləyən filtrlərə ayırırlar. Dövri işləyən filtrlərə Nutç-filtrlərini, filtr presi kisəli filtrləri və s. filtrləri aid etmək olar. Nutç filtrləri şaquli silindrik tutumdan ibarət olub, içərisində üfiqi vəziyyətdə filtrləyici arakəsmə yerləşdirilir. Bu filtrlər vakkum altında, hidrostatik təzyiq altında və nasosun köməyilə yaradılmış təzyiq altında işləyirlər. Təzyiq altında (3 atm. qədər) işləyən Nutç filtrləri böyük filtrləmə sürətinə malik olurlar. Onlarda zəhərli və yanğına qarşı təhlükəli məhsul qarışıqlarını filtrləmək mümkündür. Filtr-preslər dövri filtrlərin ən geniş işlədilən növüdür. Bu filtrlər çox incə dispersli və hətta kalloid hissəcikli çətin filtrlənən suspenziyaları ayırmaq üçün işlədilir.

Çərçivəli filtr-pres növbə ilə yığılmış plitə və çərçivələrdən ibarət olurlar. Piltə və çərçivələrin arasında filtrləyici arakəsmə qoyulur. Filtrə suspenziya təzyiq altında verildiyindən prosesin başlanğıcında filtrləmənin sürəti yüksək olur, lakin getdikcə yavaşıyır. Arakəsmənin səthində çöküntü layının qalınlığı artdıqca onun hidravlik müqavimətidə artır və nəticədə prosesin sürəti azalır. Bu filtrlərin müsbət cəhətlərindən onların böyük filtrləyici səthə malik olmalarını və hərəkət edən hissələrin olmalarını göstərmək olar. Mənfi cəhətlərindən isə onun istismarında əl

əməyindən çox istifadə olunmasını göstərmək olar. Bu filtrlərin təkmilləşdirilmiş növü avtomatlaşdırılmış filtr-presdir. Bu filtrlərdə plitələrin sıxılması, filtrləmə, çöküntünün yuyulması, onun üfürülməsi, çöküntünün boşaldılması və s. mərhələlərin aparılması avtomatlaşdırılmışdır.

Kisəli filtrlər müəyyən sayda filtr elementindən ibarətdir və onlar bir ümumi gövdənin içərisində yerləşdirilir. Hər bir element metallik karkasdan ibarət olub, filtrləyici parçadan tikilmiş kisənin içərisinə geydirilir. Filtr elementlərinin daxilinə keçən filtrat ayrıca çıxış ştuserlə çıxış yoluna yönəldilir və beləliklə filtrdən xaric olur. Kisələrin səthinə yığılan çöküntü isə dövrü olaraq təmizlənir.

Kimya sənayesində əsasən fasiləsiz işləyən filtrlərdən istifadə edilir. Bu filtrlər suspenziyanın filtrlənməsi və alınan çöküntünün yuyulması, qurudulması, boşadılması və filtrləyici arakəsmənin regenerasiyası mərhələləri eyni vaxtda fasiləsiz olaraq həyta keçirilir. Fasiləsiz işləyən filtrlərə misal olaraq barabanlı və lentvari vakkum filtrləri göstərmək olar. Barabanlı vakkum-filtr fasiləsiz işləyən aparat olub vakkum altında işləyir və filtrlərdə filtratın ağırlıq qüvvəsilə hərəkət istiqaməti bir-birinin əksinə yönəldilir. Alınan təzyiqlər fərqi hesabına filtrat sovrularaq arakəsmənin məsamələrindən keçir, bərk hissəciklər isə həmin səthdə tutulur və beləliklə çöküntü layı əmələ gəlir. Çöküntü layı yuyulduqdan sonra bıçaqla(4) baraban səthindən çıxarılır. Bərk hissəciklərin çökməsi üçün çanaq mexaniki (5) ilə təchiz olunur. Xüsusən arakəsmələr vasitəsilə barabanın daxilində bir sıra şöbələr yaradılmışdır və onlar müxtəlif kanallarla əlaqələndirilmişdir. Bu kanallar vasitəsilə şöbələrdən filtrat və yuyucu su xaric edilir. Həmçinin onların köməyilə çöküntünü bıçaqdan (4) qabaq üfürmək üçün buxar verilir. Belliklə baraban bir dövr etdikdə o, ardıcıl olaraq filtrləmə $\alpha$ , ilkin qurutma $\beta$, yuma $\gamma$, ikinci qurutma $\Delta$, sıxılmış hava ilə üfürmə $\varepsilon$ və buxarla regenerasiya $\mu$ zonalarından keçir, hər bir zonada filtrləmə prosesinin müvafiq mərhələləri həyata keçirilir nəticədə filtrdən fasiləsiz olaraq filtrat və çöküntü alınır.

## *Kompessorlar, onların işçi parametrləri, təsnifatı, tipləri və iş pri nsipləri. Qazların pilləli sıxılması.*

Kimya və neft kimya texnologiyasında qaz və buxar halında olan qarışıqları tələb edən təzyiqə qədər çıxmaq və bir yerdən başqa yerə nəql etdirmək geniş yayılmış proseslərdir. Bu proseslər kompressor maşınları vasitəsilə həyata keçirilir. Kompressor maşınları qaz və ya buxar axınlarını $P_1$ təzyiqində sorur, onu $P_2$

təzyiqinə qədər sıxır və kompressorun sıxılma dərəcəsi adlanır. Sıxılma dərəcəsinə görə kompressor maşınları aşağıdakı qruplara bölünür.

***1)Ventilyatorlar*** – Bu kompressor maşınlarının sıxılma dərəcəsi $P_2/P_1 < 1,5$ olur. Ventilyatorların köməyi ilə böyük həcmli qazların yaxın məsafələrə hidravlik müqavimətləri nisbətən az olan boru köməyi ilə nəql etdirirlər.

***2) Qaz üfürücülər və ya hava üfürücülər***. – Bu kompressor maşınlarından qaz qarışıqlarının aşağı təzyiq altında nisbətən böyük müqavimətli boru kəməri ilə yaxın məsafələrə nəql etdirmək üçün istifadə edilir. Qaz üfürücülərinin sıxılma dərəcəsi 1,1 – dən böyük olur.

$$1,1 < \frac{P_2}{P_1} < 3$$

***3) Kompressorlar***. – Bu maşınlar qazları yüksək təzyiqlərə qədər sıxmaq və nəql etdirmək üçün istifadə edilirlər və onların sıxılma dərəcəsi $P_2/P_1 > 3$ olur.

***4) Vakuum nasoslar.*** – Bu maşınlar qaz qarışıqları və ya buxarları vakuum şəraitindən soraraq atmosferə vururlar və beləliklə texnoloji prosesləri aparmaq üçün aparat və avadanlıqlarda vakuum yaratmaq məqsədi ilə tətbiq edilir.

Bildiyimiz kimi qazlar sıxıldıqda onların aqreqat halı dəyişir, onların təzyiqi yüksəlir, həcmi kiçilir və temperaturu artır. Təzyiqi təxminən 1MPa qədər olan qazların halı Mendeleyev-Klapeyron tənliyinə görə təyin edilir. Lakin bu tənlik real qazlar üçün tətbiq edilir. Real qazlar 1 MPa təzyiqə qədər özlərini real qaz kimi aparır və bunlara real qaz qanunu tətbiq etmək mümkündürsə 1 MPa təzyiqdən yüksək təzyiqlərdə real qazlar bu qanuna tabe olmurlar, yəni Van-der-vals qanununa əsaslanırlar. Ona görə də təzyiqi yüksək olan qazların halını öyrənmək üçün real qaz qanunlarından istifadə olunur.Lakin təcrübədə ən çox T-S termodinamik diaqramdan istifadə edirlər. Bu dioqram əsasında aparılan hesablanmalar daha dəqiq nəticələr verirlər. Bu onunla əlaqədardır ki, hər bir real qaz komponenti üçün təcrübə yolu ilə T-S dioqramı qurularaq, hazır şəkildə verilmişdir. Bu dioqramı aşağıdakı kimi göstərmək olar.

Texnoloji prosesləri apararkən üç müxtəlif sıxılma proseslərinə rast gəlmək mümkündür.

1. **İzotermik sıxılma prosesi**. Bu üsul ilə sıxılan qaz ətraf mühitlə sıx əlaqədə olur və qazın sıxıldığı yerlə ətraf mühit arasında intensiv olaraq istilik mübadiləsi gedir. Nəticədə qazın sıxılmasından ayrılan istilik ətraf mühitə verilir və qazın temperaturu sabit qalır.

$$T_{izoter} = const$$

2. **Adiobatik sıxılma prosesi**. Bu üsul ilə sıxılan qazla ətraf mühit arasında bütün əlaqələr kəsilir, onların arasında heç bir istilik mübadiləsi getmir. Qaz $P_1$ təzyiqindən $P_2$ təzyiqinə qədər sıxıldıqda ayrılan istilik sıxılmış qazın

qızmasına sərf olunur, nəticədə onun temperaturu $T_A$ – dan $T_D$ – yə qədər yüksəlir.

3. **Politropik sıxılma prosesi.** Bu üsulla sıxılan qaz ilə ətraf mühit arasında istilik mübadiləsi yaradılır. Lakin sıxılma nəticəsində ayrılan istilik hamısı ətraf mühitə verilmir. Daha doğrusu istiliyin bir hissəsi ətraf mühitə verilir, qalan hissəsi isə sıxılmış qazın qızmasına sərf edilir və onun temperaturu $T_A$ adiobatik sıxılma prosesləri ideal proseslərdir və texnikada bunlardan istifadə olunur. Daha doğrusu bu ideal sıxılma proseslərin təcrübi əhəmiyyəti yoxdur, lakin nəzəri əhəmiyyətə malikdirlər. Politropik sıxılma prosesi təcrübi üsuldur və texnikada yalnız bu üsuldan istifadə olunur.

## *Porşenli kompressorlar*

Kimya texnologiyasinda və eləcə də qaz sənayesində qaz qarışıqlarını nisbətən yüksək təzyiqə qədər sıxmaq və nəql etdirmək üçün porşenli kompressorlardan geniş istifadə olunur.Porşenli kompressorların quruluşu porşenli nasoslarda olduğu kimidir. Lakin burada silindir üzərindəki porşenin kipliyi daha yüksək dərəcədə olur,porşen xüsusi yağlarla yağlanır.Sxemdən göründüyü kimi porşenli kompressorlar da bir və iki təsirli olurlar .Bir təsirli porşenli kompressorlarda porşenin birtərəfi təsir göstərirsə, iki təsirli kompressorlarda porşenin hər iki tərəfi təsir göstərir,ona görə də 2 təsirli porşenli kompressorlarda məhsuldarlıq bir təsirliyə nisbətən iki dəfə böyük olur . Porşenli kompressorlar konustruksiyasina görə üfiqi və şaquli olurlar.Qeyd etmək lazımdır ki, şaquli silindirli kompressorların məhsuldarlığı üfüqi silindirli kompressorlara nisbətən böyük olur.

Bu onunla izah edilir ki, üfiqi vəziiyyətdə olan porşenin ağırlığı silindirin alt divarına düşür və porşenin irəli -geri hərəkəti nəticəsində onun divarı sürtünməyə məruz qaldığından erroziyaya uğrayır, tez sıradan çıxır. Odur ki, üfüqi kompressorlardan böyük dövrələr sayı ilə işləmək mümkün deyildir, onların dövrlər sayı n=100÷240 dövr/dəq. Lakin şaquli kompressorlarda porşenin ağırlığı aşağıya doğru yönəldiyindən silindrin divarları arasından bərabər paylanır,ona görə də bu kompresssorlarda dövrlər sayı nisbətən yüksək olur, yəni n=300÷500 dövr/dəq.

Porşenli kompressorlar bir və iki silindrli olurlar. Bu kompressorlarda təzyiq $P_2$ artmır, bir silindrlidəki qədər qalır, lakin onun məhsuldarlığı iki dəfə artır. Porşenli və eləcə də digər kompressorlar bir pilləli və çox pilləli olurlar. Bəzi prosesləri apararkən qazları $P_1$ təzyiqindən $P_2$ təzyiqə qədər bir pillədə sıxmaq mümkün olmur, ona görə ki, $P_1$ ilə $P_2$ təzyiqlər fərqi çox olur. Belə hallarda qazı bir neçə pillədə sıxmaq lazımdır. Tutaq ki, I pillədə $P_1 \rightarrow P_2'$-ə, II pillədə $P_2' \rightarrow P_2''$-ə və III pillədə $P_2'' \rightarrow P_2$ -ə qədər sıxmaq olur. Bu zaman çox pilləli kompressorda məhsuldarlıq dəyişmir, yalnız qazın təzyiqi getdikcə yüksəlir. Bildiyimiz kimi qaz sıxılarkən istilik ayrılır və bu istilik qazın genişlənməsinə sərf olur, odur ki, bunu aradan qaldırmaq üçün sıxılmış qazın əvvəlki temperaturaya qədər soyutmaq

lazım gəlir. Bunun üçün hər pillədən sonra qazı soyuducuda soyutmaq lazımdır. Qeyd etmək lazımdır ki, sıxılmış qazın soyuducuda bir hissəsi kondensləşir və onu sonrakı pilləyə vermək olduqca təhlükəlidir. Ona görə ki, kondensat damcılı maye olub sıxılmır. Əgər maye kompressora düşdükdə partlaya bilər. Belə olmaması üçün hər pillədən sonra kondensator ayıran seperator qoyulur. Porşenli kompressorlardan başqa kimya texnologiyasında rotorlu, mərkəzdənqaçma , oxlu və s. Kompressorlardan da geniş istifadə edilir.

## *İstilik mübadiləsi prosesləri haqqında ümumi məlumat*

Kimya texnologiyasının əsas prosesləri yalnız müəyyən olunmuş sabit temperatur şəraitində tələb olunan istiqamətdə gedirlər. Bu sabit temperatur şəraitini əldə etmək üşün isə ya prosesə xaricdən istilik vermək və yaxud da prosesdən istilik xaric etmək lazım gəlir. İstilik proseslərində iki müxtəlif temperaturlu cism (mühit, axın) qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bunlardan birinci temperaturu nisbətən yüksək ($t_{ist}$), digərinin temperaturu isə ($t_{soy}$) nisbətən alçaq olur. Temperaturu yüksək olan cismə isti istidayışıcı və yaxud da qızdırıcı agent deyilir. Temperaturu nisbətən aşağı olan cismə isə soyuq istidayışıyıcı və yaxud da soyuducu agent deyilir. Müxtəlif temperaturlu cismlər arasında istilik şəklində enerjinin verilməsinə istilik mübadiləsi və ya istilikötürmə prosesi deyilir.

İstilik mübadiləsi prosesinin hərəkətverici qüvvəsi isti və soyuq istidaşıyıcılar arasındakı aşağıdakı temperaturlar fərqidir Δt

$$\Delta t = t_{ist} - t_{soy}, \ ^\circ C$$

Bu temperaturlar fərqi mövcud olduqda termodinamikanın ıı qanununa əsasən istilik öz axını ilə isti cismdən soyuq cismə verilir. Təbiətdə və eləcədə texnikada istiliyin isti cisimdən soyuq cismə verilməsi üç yol ilə həyata keçirilir.

*1.İstilikkeçirmə yolu ilə; 2.Konveksiya yolu ilə 3.Şualanma yolu ilə;*

***1. İstiliyin istilikkeçirmə yolu ilə*** isti cismdən soyuq cismə verilməsi əsasən bərk cismlərə aiddir. Lakin bu yol ilə istiliyin verilməsi nisbi sükunətdə olan və lominar rejimlə hərəkət edən maye və qazlara da aiddir. İstiliyin istilikkeçirmə ilə verilməsi bərk cism hissəciklərinin nizamlı irəli-geri hərəkəti, nisbi sükunətdə və lominar rejimli hərəkətdə olan maye və qaz hissəciklərinin zəif xaotik hərəkətləri nəticəsində baş verir. Cismlərin bu cür hərəkəti zamanı onun mikrohissəcikləri bir-birinə toxunur və onların arasındakı temperaturlar fərqi oldugundan isti hissəcikdən istilik soyuq hissəyə keçir və beləliklə istilik bütün mikro hissəciklər arasında paylanır.

***2. İstiliyin konveksiya yolu ilə*** verilməsi yalnız turbilent rejimlə hərəkət edən maye və qazlara aiddir. Bu cür hərəkətdə olan maye və qazların mikrohissəcikləri intensiv xaotik hərəkətlə müxtəlif istiqamətlərdəki hissəciklərlə tez-tez toxunurlar. Onların aşağıdakı temperaturlar fərqi hesabına istilik isti hissəcikdən soyuq

hissəciyə verilir və beləliklə istilik bütün hissəciklər arasında paylanır ki, bunun nəticəsində istiliyin konveksiya yolu ilə verilməsi maye və qazların bütün həcmində baş vermiş olur.

***3. İstiliyin şualanma yolu ilə*** verilməsi yüksək temperaturlu közərmiş cismlərə aiddir. Bu cismlərdən şua enerjisi əvvəlcə elektromaqnit dalğalarına çevrilir, bu dalğalar müəyyən sahəni keçir və hansı cism üzərinə düşürsə orada udulur və yenidən istilik enerjisinə çevrilir.

Bu göstərilən istiliyin verilmə üsulları tək halda deyil, ikinsi və ya üçü bir yerdə eyni zamanda fəaliyyət göstərirlər. Texnikada ən çox istilikkeçirmə-konveksiya yolu ilə və ya şualanma-istilikkeçirmə-konveksiya yolu ilə istilikötürmə proseslərinə rast olunur. Texnikada və texnologiyada istilik mübadiləsi prosesləri iki üsulla həyata keçirilir:

*1.Qarışdırma üsulu ilə 2.İstilikötürən səth vasitəsilə;*

***1. Qarışdırma üsülü ilə*** istilik mübadiləsi zamanı isti ilə soyuq axınlar arasında bir-birilə birbaşa qarışdırılır. Bu üsulun mexaniki cəhətdən sadə və asan olmasına, iqtisadi cəhətdən əlverişli olmasına baxmayaraq ondan nadir hallarda istifadə edilir. Ona görə ki, çox vaxt isti və soyuq axınlar müxtəlif məhsullardan ibarət olurlar, onları qarışdırdıqdan sonra ayırmaq lazım gəlir. Bu məhsulların bir-birindən təmiz halda ayrılması isə mürəkkəb və baha başa gələn proseslərdir.

2. Texnikada əsasən ikinci üsuldan istifadə edilir. Bundan ötrü müxtəlif quruluşa malik olan istilik mübadiləsi aparatlarından istifadə edilir ki, bunlara istilikdəyişdirici aparatlar deyilir. Səthli istidəyişdirici aparatlarda isti və soyuq axınlar ayrı-ayrı kanallarla hərəkət edirlər və onların arasında qoruyucu divar qoyulur. Bu divar axınların qarışmasının qarşısını alır, istiliyi isti axından soyuq axına ötürür. Ona görə də bu divar istilikötürmə səthi adlanır.

İstilik mübadiləsi proseslərinə məhsulların soyudulması, qızdırılması, maye məhsulların qaynadılaraq buxarlandırılması, buxar və qazların soyudularaq kondensləşdirilməsi (mayeləşdirilməsi) aiddir. Ona görə də istidəyişdirici aparatları uyğun olaraq soyuducular, qızdırıcılar, buxarlandırıcılar və kondesatorlar adlandırırlar. İstilikdəyişdirici aparatların istilik məhsuldarlığı onların istilik yükü adlanır. İstilik yükü dedikdə vahid zamanda aparat daxilində isti axından soyuq axına verilən istilik miqdarı nəzərdə tutulur. İstilik yükü istilikdəyişdirici aparatın əsas parametri olub, onun əsas ölçüsü məhz bu parametrdən asılıdır. İstilikdəyişdirici aparatın istilik yükü onun daxilində gedən istilik prosesinin istilik balans tənliyindən tapılır. İstilikdəyişdirici aparatın əsas ölçüsü onun istilikötürmə səthidir. Bu ölçü istilikdəyişdiricinin əsas tənliyinə görə hesablanır.

## *İstiliyin konveksiya yolu ilə verilməsi. Nyuton qanunu*

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, konveksiya ilə istilikvermə trubulent rejimlə hərəkət edən maye və qazlara aiddir. Onların intensiv qarmaqarışıq hərəkəti nəticəsində qonşu hissəcikləri bir-birinə toxunur. Toxunan hissəciklərin temperaturları müxtəlif olduğundan onların arasında temperaturlar fərqi yaranır və bu temperaturlar fərqi hesabına istilik isti hissəcikdən soyuq hissəciyə verilir, nəticədə istilik maye və qaz axınının bütün həcminə yayılır. Konveksiya ilə istilikvermə isti maye (qaz) mühiti ilə divar arasında və ya əksinə isti divarla soyuq maye (qaz) mühiti arasında baş verir. Bu yol ilə istilik isti mayedən soyuq divara və yaxud da isti divardan soyuq mayeyə verilir. Bildiyimiz kimi divarın səthində həmişə lominar rejimlə hərəkət edən nazik maye təbəqəsi olur. Qalınlığı δ olan bu lominar sərhəd layından istilik istilikkeçirmə yolu ilə verilir. Beləliklə, konveksiya ilə istilikvermə zamanı istilik əsasən konveksiya və müəyyən qədər istilikkeçirmə yolu ilə verilir.

İstehsalatda baş verən praktiki halların əksəriyyətində istilik isti maye axınından soyuq axına istidəyişdirici aparatların istilikötürən divar vasitəsilə ötürülür. Bu halda istilik maye axının nüvəsindən divara və əksinə isti divardan soyuq meya axınının nüvəsinə eyni zamanda həm konveksiya yolu ilə və həm də istilikkeçirmə yolu ilə verilir. İstiliyin bu iki üsulların birlikdə iştirakı ilə verilməsinə konvektiv istilikvermə və ya sadəcə olaraq istilikvermə deyilir.

Konvektiv istilikvermənin sürəti başlıca olaraq istidaşıyıcı axının (isti və soyuq axınların) hərəkət sürətlərindən asılıdır. Maye axının nüvəsində sürət böyük olduğundan turbulentlik də yüksək olur və nəticədə mayenin bütün hissəcikləri yaxşı qarışır, onların arasında istilik mübadiləsi sürətli olur və bütün bunlardan asılı olaraq nüvədə temperatur praktiki olaraq sabit qalır. Temperaturun kəskin dəyişməsi divar səthləri üzərindəki sərhəd laylarında (δ qalınlıqda) baş verir. Bu laylarda mayenin hərəkəti lominar olduğundan sürət kiçik olur, qarışma getmir və layda istilik istilikkeçirmə yolu ilə paylanır. Qeyd etmək lazımdır ki, istiliyin konveksiya yolu ilə paylanması istilikkeçirmə yolu ilə paylanmasından çox-çox sürətli olur. Ona görə də istilikötürmə prosesini sürətləndirmək üçün konvektiv istilikverməni sürətləndirmək, istilikkeçirməni isə zəiflətmək tələb olunur. Bundan otrü lominar sərhəd layının qalınlığını azaltmaq lazımdır ki, bu da isti və soyuq axınların hərəkət sürətini artırmaq yolu ilə əldə olunur. Beləliklə, istidəyişdirici aparat daxilində isti və soyuq axınların hərəkət sürətləri nə qədər böyük olarsa aparatda istilikötürmə prosesi bir o qədər yüksək olar. Daha doğrusu istilikvermə axının hidrodinamik şəraitindən, sürətdən (ω) və Reynolds ədədindən (Re) asılıdır. İstilikvermə yolu ilə verilən istilik miqdarı Nyuton qanununa görə təyin edilir.

Bu qanuna görə isti axından divar səthinə və ya isti divar səthindən soyuq axına konveksiya yolu ilə verilən elementar istilik miqdarı $dQ'$ , istidəyişdirici səth $dF$, zamanla $d\tau$ və maye ilə səth arasındakı temperaturlar fərqi $\Delta t$ ilə düz mütənasibdir.

Nyuton qanununun riyazi ifadəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$dQ=\alpha\, dF\, d\tau\, \Delta t, \qquad Cl$$

### *Kirhxof və Stefan-Bolsman qanunları*

Şualanma istiliyi dedikdə istiliyin elektromaqnit dalğaları halında paylanması nəzərdə tutulur. Cismi təxminən 600°C temperaturdan yüksək temperaturlara qədər qızdırdıqda közərib ətrafa şua buraxır. Beləliklə, şualanma istiliyi elektromaqnit dalğaları halında ətraf mühitə yayılır. Bu hadisəyə cism şualanır və ya şua buraxır deyilir. İstilik mübadiləsi üçün ən əhəmiyyətli şualar infraqırmızı və işıq şualarıdır. Bu şualar cismlərin səthinə düşdükdə orada udulur və yenidən istilik enerjisinə çevrilir. Şualanan cism tərəfindən buraxılan şua enerjisi $Q_Ş^{?}$ hər hansı soyuq cismin səthinə düşdükdə onun bir hissəsi $Q_A^{?}$ udulur, bir hissəsi $Q_R^{?}$ sınaraq qayıdır və bir hissəsi $Q_D^{?}$ dəyişmədən cismdən keçib gedir.

Bu hal üçün istilik balans tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$Q_Ş^{?} = Q_A^{?} + Q_R^{?} + Q_D^{?}$$

Təbiətdə mütləq qara, mütləq ağ və mütləq şəffaf cism yoxdur. Lakin onlara yaxın cismlər vardır. Məsələn neft məhsullarının yandırılmasından alınan hiss şua dalğalarının 90÷95% -ni udur və mütləq qara cismə yaxınlaşır; yüksək keyfiyyətli cilalanmış səthi hamar cismlər şuaların əksəriyyətini sındıraraq qaytarır; qazlar (üç və daha çox atomlu qazlardan başqa) şua enerjisini tamamilə keçirir. Təbiətdə mövcud olan cismlərin əksəriyyəti səthinə düşən şua enerjisinin bir hissəsini udur, bir hissəsini sındıraraq qaytarır və qalan hissəsini isə keçirir. Belə cismlərə boz cismlər deyilir.

## *Istidəyişdirici aparatların təsnifatı əsas konstruksiyaları, texnoloji və konstruktiv hesablama sxemi*

### *İstidəyişdirici aparatların əsas konstruksiyaları*

İstilik ötürmə üsulundan asılı olaraq istidəyişdirici aparatlar iki qrupa ayrılır.

***1.Səthli istidətişdirici aparatlar***

Bu tip aparatlarda isti və soyuq istidəyişdirici axınlar müxtəlif kanallarla hərəkət edirlər. Onların arasında qoruyucu divar yerləşir. Bu divar axınların bir-biri ilə qarışmasına qoymur. İstilik isti axından soyuq axına qoruyucu divarın səthindən keçərək verilir. Ona görə də bu divarın səthlərinə istilikötürücü səth deyilir.

***2.Qarışdırma tip istilikötürücü aparatlar.***

Bu aparatlarda istilik mübadiləsi aparılarakən isti və soyuq axınlar birbaşa qarışdırılır. Kimya texnologiyasında əsasən səthli istidəyişdiricilərdən istifadə olunur. Bu aparatlar müxtəlif materiallardan ( karbonlu poladdan, lənmiş poladdan, çuğundan, misdən, titandan, qurğuşundan və s.) və eləcə də bir sıra qeyri metal materiallarından ( qrafitdən, teflondan və s.) hazırlanırlar. İstidəyişdirici aparatları hazırlamaq üçün tələb olunan materialın seçərkən onun aparatdakı mühitin göstəricilərinə davamlı və istilikkeçirməyi, temperatur və təzyiq nəzərdə tutulur.

İstidəyişdirici aparatın konstruksiyası aşağıdakı tələblərə cavab verməlidir:

- Tələb olunan istilik yükünü həyata keçirməlidir;
- Mühitin kimyəvi (korroziyasına) qarşı dözümlü olmalıdır;
- Temperatur və təzyiqə qarşı davamlı olmalıdır;
- İstidəyişdirici axınların aqreqat halına fiziki xassələrinə qarşı uyğun olmalıdır;
- İstilikvermə şəraiti mümkün qədər keyfiyyətli olmalıdır;
- Aparatın işçi səthi mümkün qədər az çirklənməlidir.

İstidəyişdirici aparatların konstruksiyalarını seçərkən onun quruluşunun sadə olması, aparatın yığcam olması, quraşdırma və təmir işlərinin asan olması, işçi səthin çirklənməsinin hidravlik müqavimətin olması, metal sərfinin az olması və mekaniki-iqtisadi göstəricilərinin qənaətbəxş olması nəzərdə tutulur. Səthli istidəyişdirici aparatdan bir ..... quruluşunu və işləmə prinsipi ilə tapmış olaq.

**Köynəkli istidəyişdirici aparatlar**

Kimyəvi reaksiya aparatlarını və başqa aparatları qızdırmaq və yaxud da soyutmaq üçün bəzən həmin aparatın divarı vasitəsilə istilikötürmə prosesini həyata keçirirlər. Bundan ötəri aparatın gövdəsi köynəklə təchiz olunur. Bu zaman aparatın gövdəsi (1) ilə onun köynəyi (2) arasında qapalı sahə yaranır. Bu sahəyə qızdırmaq üçün yuxardan aşağıya doğru qızdırıcı su buxarı verilir. Aparatı soyutmaq lazım gəldikdə isə həmin sahəyə aşağıdan yuxarıya doğru soyuducu su verilir. Köynəkli istidəyişdirici aparatlarda istilikvermə əmsalını yüksəltmək məqsədi ilə aparat daxilindəki soyudulacaq və ya isidiləcək maye məhsul mexaniki qarışdırıcı (3) vasitəsilə intensiv olaraq qarışdırılır. Aparat və onun köynək səthlərinin çirklənmə şəraitindən asılı olaraq köynək aparatın gövdəsinə söküləbilən halda filək birləşdirici ilə (a) bərkidilir və yaxud qaynaq (b) edilir. Köynək adətən 6÷10 atm təzyiqə hesablanır. Yüksək təzyiqlərdə işləmək lazım gəldikdə xüsusi quruluşa malik olan köynklərdən istifadə olunur. Qeyd etmək lazımdır ki, köynəkli istidəyişdiricilərin istilikötürmə səthi çox böyük olmur.

**ilanvari-borulu istidəyişdirici aparatlar**

Bu aparatların əsas hissəsi ilanvari borulardır və onlar 15÷75 mm ölçülü borulardan hazırlanır. Bundan ötəri borular ilanvari halda (sipral şəklində) əyrilir. Soyuducular dan kondensatorların distillə aparatlarının kubunda, buxarlandırma aparatlarında və s. aparatlarda yerləşdirilir. Spiral halında hazırlanan borular bu aparatlarda elə yerləşdirilir ki, min borular aparatdakı mayenin içərisinə daxil olur və buna görə də çox vaxt bu tip istidəyişdiricilərə "mayeyə batırılmış" ilanvari aparatlar deyilir. Içərisində ilanvari borular yerləşən aparatı en kəsik sahəsi nisbətən böyük olduöundan bu sahədən keçən axının ( borulararası sahədən keçən II axının) hərəkət sürəti kiçik olur və ona görə də bu sahədə istilikvermə əmsalı aşağı olur. Nəticədə istilikötürmə əmsalı kiçilir. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, düz borulara nisbətən spiral borularda istilikötürmə əmsalı yüksək olur. Ona görə ki, eyni sürətlə hərəkət edən maye axınının turbilentliyi düz borrulardakına nisbətən ilanvari borularda daha yüksək olur. II axının sürətini artırmaq üçün çox vaxt ilanvari borular yerləşən sahədə xüsusi istəkan yerləşdirilir. Bu istəkan II axın keçən sahənin en kəsiyini kskin azaldır və beləliklə axının surəti çoxalır.Ilanvari borulu istidəyişdirici aparatlar aşağıdakı üstünlüklərə malikdirlər: sadə quruluşa malikdirlər, onları asanlıqla düzəltmək, təmir etmək və təmizləmək mümkündür; yüksək tzyiqlərdə işləyəbilir, onları kimyvi yeyici mühitə qarşı dözümlü olan materiallardan düzəltmək olur. Bu üstün cəhətlərlə yanaşı çatışmayan cəəhətləri də var: bu aparatların istidəyişdirici səthləri çox böyük olmur. Onların sthi 10÷15 $m^2$ böyük olur.

**suvarma tip istidyişdirici aparatlar**

Bu aparatlar düz borulardan hazırlanır. Müəyyən standar uzunluğa və diametrə malik olan borular bir-birinin üstündə paralel olaraq yerləşdirilir. Onların ucları bir-birinə əyri dirsəklər vasitəsilə birləşdirilir. Bu boruların daxili ilə isti axın ( I axın) aşağıdan yuxarıya doğru hərəkət edir. Boru dəstəsinin üstündə xüsusi su səpələyici tərtibat quraşdırılır. Bu tərtibata soyuducu su fasiləsiz olaraq daxil olur və onun altındakı xırda deşiklərdən boruların səthinə bərabər olaraq səppələnir. II axın beləliklə boruların xarici səthi suvarılır. Yuxarıdan aşağıya doğru səpələnən soyuducu su boruları soyudaraq qızır və nəticədə suyun bir hissəsi (~2%-ə qədəri) buxarlanır. Odur ki, isti axından ayrılan istiliyin təxminən yarısı suyun buxarlanmasına, qalanı isə suyun qızmasına sərf olunur. Ona görə də başqa soyuduculara nisbətən suvarma aparatlarda soyuducu suyun sərfi az olur. Suvarma tip istidəyişdirici aparatlar başlıca olaraq soyuducu kimi və kondensatıor kimi işləyirlər. Bu istidəyişdirici aparatlarda istilikötürmə əmsalı mayeyə batırılması ilanvari-borulu aparatlara nisbətən yüksək olur. Suvarma tip istidəyişdirici aparatlar aşağıdakı üstün cəhətlərə malikdir: soyuducu suyun sərfi az olur, quruluşu sadədir, onları düzəltmək, təmir etmək və təmizləmək üsulları asandır, metal sərfi azdır. Bununla yanaşı aparatların aşağıdakı mənfi cəhətləri vardır: onlar çox böyük həcmə malik olur və böyük əraizi tuturlar, bunların hamısı ilə bərabər yuvarlaşırlar, xüsusən aşağıdakı boruların səthi su ilə pis suvarılır və bu borularda istilik mübadiləsi keyfiyyətsiz olur; soyuducu suyun bir

hissəsi buxarlandırıcıdan atmosfer havası nəmləşir və qonşu avadanlıqların karroziya olunmasını sürətləndirir.

## *Buxarlanma prosesinin tətbiq sahələri və buxarlanma üsulları*

## *Buxarlandırma haqqında ümumi məlumat*

Buxarlandırma kimya texnologiyasının ən geniş yayılmış proseslərindəndir.Bu onunla izah olunur ki,çoxlu kimya məhsulları zəif sulu məhlullar halında istehsal olunur və sonradan onları qatılaşdırmaq tələb olunur. Buxarlandırma prosesi ,praktiki uçucu olmayan maddələrin məhlullarından həlledicinin bir hissəsini qaynama temperaturunda buxarlandıraraq ayırmaqla məhlulun qatılaşdırılması prosesinə deyilir. Kimya sənayesində bərk maddə məhsulları (başlıca olaraq qələvi və duzların, çox atomlu spirtlərin və s. sulu məhlulları )və həmçinin yüksək temperaturlarda qaynayan maddə məhlulları (bir sıra mineral və üzvi turşuların ,çox atomlu spirtlərin və s sulu məhlulları.) buxarlandırılır.Buxarlandırma prosesinin mahiyyəti proses zamanı ancaq həlledicinin bir hissəsinin buxar halına keçməsidir. Buxarlandırma yalnız zəif məhlulları qatılaşdırmaq üçün deyil,onun köməyi ilə kristallaşma yolu ilə məhlullardan bərk maddələri ayırırlar.Eləcə də ,buxarlandırma yolu ilə məhlullardan təmiz halda həlledicilər ayırırlar. Dəniz suyundan içməli suyun alınmasını buna misal göstərmək olar. Bu proseslər kimya və yeyinti sənaye sahələrində və eləcə də xalq təsərrufatının başqa sahələrində böyük əhəmiyyət kəsb edirlər. Buxarlandırma prosesini qızdırmaq üçün müxtəlif qızdırıcı agentlərdən istifadə edilir.Lakin əksər hallarda bu məqsəd üçün doymuş su buxarından istifadə edilir ki ,buna da qızdırıcı buxar və ya birinci buxar deyilir. Buxarlandırma zamanı qaynayan məhlulldan alınan su buxarına təkrar buxar deyilir.

Buxarlandırma üçün tələb olunan istilik, məhlulu qızdırıcı agentdən ayıran divar vasitəsilə verilir. Buxarlanma prosesi aşağıdakı üsullarla aparılır.Buxarlandırma prosesləri vakkum altında ,təzyiq altında və atmosfer təzyiqində aparılır. Buxarlandırmanı vakkum altında aparmaq prosesin nisbətən aşağı temperatur şəraitində getməsinə imkan yaradır.və bu da maddələrin yüksək temperaturlarda termiki parçalanmasının qarşısını alır.Prosesə vakkumun tətbiqi yüksək temperaturlarda qaynayan məhlulları nisbətən aşağı temperaturlu qızdırıcı agentlərin köməyilə qaynayaraq qatılaşdırmaq mümkün olur.Bu hal buxarlandırma qurğusunun özündə alınan təkrar buxarlardan qızdırcı buxar kimi istifadə etməyə imkan verir və bunun nəticəsində qızdırcı buxarın xüsusi sərfi azalmış olur.Bunlardan başqa buxarlandırma prosesində vakuum qızdırıcının tətbiqi agent və qaynayan məhlulun temperaturları arasındakı fərqi artırır ki, bu da aparatın qızdırıcı səthini azaltmağa və yaxudda aparatın ölçülərini azaltmağa imkan verir.

Vakkum altında buxarlandırmanın əsas mənfi cəhəti əlavə vakkum avadanlığı tətbiq etməklə qurğunun mürəkkəbləşməsi,bahalaşması və eləcə də əlavə istismar xərclərin yaranmasıdır. Atmosfer təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə işləyən

buxarlandırma qurğularından alınan təkrar buxarlardan həm qurğunun özündə və həm da başqa məqsədlər üçün (məsələn:binaları qızdırmaq üçün və başqa təsərrüfat sahələrinin qızdırcı qurğularında )qurğudan kənarda istifadə edilə bilər.Buxarlandırma qurğusundan alınan təkrar buxarların qurğudan kənarda istifadə olunan hissəsinə ekstra –buxar deyilir.

Göründüyü kimi izafi təzyiq altında işləyən buxarlandırma qurğularının təkrar buxarlarının istiliyindən vakuum –buxarlandırmadakına nisbətən daha yaxşı istifadə edilir.Lakin ,təzyiq altında buxarlandırma prosesində məhlulun qaynama temperaturu artır.Odur ki,bu üsula termiki dözümlü nəm maddələrin məhlulları buxarlandırılır.Bundan başqa təzyiq altında aparılan buxarlandırma prosesi daha yüksək temperaturlu qızdırıcı agent tələb edir.

Atmosfer təzyiqi altında aparılan buxarlandırmadan alınan təkrar buxardan istifadə olunmur və adətən atmosferə buraxılır.Bu üsul ilə gedən buxarlandırma prosesi konstruktiv cəhətdən çox sadə olduğuna baxmayaraq iqtisadi cəhətdən əlverişli deyildir. Sənaye miqyasında buxarlandırma prosesləri ya bir aparatda (bir korpuslu buxarlandırma qurğusunda) və yaxud iqtisadi cəhətdən əlverişli sayılan ardıcıl birləşdirilmiş bir neçə aparatlarda (çox korpuslu buxarlandırma qurğusunda ) həyata keçirilir.

Bu qurğuların adətən birinci korpusu bir qədər izafi təzyiq altında ,axırıncı korpusu isə vakuum altında işləyirlər.Qurğuda vakuum barometrik kondensatorun və vakuum-nasosun köməyi ilə yaradılır.Təzyiqin birinci korpusdan axırıncı korpusa doğru getdikcə azalması elə nisbətdə olmalıdır ki,əvvəlki korpusdan alınan təkrar buxar özündən sonrakı korpusda qızdırıcı buxar kimi istifadə oluna bilsin.Bundan ötrü korpuslar arasında təzyiqlər fərqi elə saxlanmalıdır ki ,əvvəlki korpusdan gələn təkrar buxarın temperaturu ilə sonrakı korpusda qaynayan məhlulun temperaturu arasındakı fərq (faydalı temperaturlar fərqi )7-10$^{o}$ C –dən aşağı olmasın.

## Çoxkorpuslu buxarlandırma qurğuları

Müasir buxarlandırma qurğularında çox böyük miqdarda həlledici su buxarlandırılır.Təxmini olaraq müəyyən edilmişdir ki ,bir korpuslu aparatlarda 1 kg suyun buxarlandırılmasına 1kq-dan çox qızdırıcı buxar sərf olunur.Lakin buxarlandırma prosesini çoxkorpuslu qurğuda aparmaqla qızdırcı buxarın sərfini kifayət qədər azaltmaq mümkün olur.Bu qurğularda qızdırıcı buxara qənaət etmək qızdırıcı səthin artırılması hesabına əldə edilir.Bu səthi həm də elə artırmaq lazımdır ki,qızdırıcı buxarın istiliyindən bir dəfə deyil,bir neçə dəfə -korpusların sayı qədər istifadə olunsun. Çoxkorpuslu buxarlandırma qurğularında korpusların sayı artdıqca qızdırıcı buxarın birinci korpusda verdiyi istilikdən istifadə olunması dəfələrlə artır və beləliklə də qızdırıcı buxarın xüsusi sərfi dəfələrlə azalır.

1- buxara çəkilən xərclər. 2-amartizasiya xərcləri. 3- buxarlanmaya çəkilən ümümi xərclər. Qızdırıcı buxarın xüsusi sərfi 1 kg həlledici suyun buxarlandırılmasına sərf

olunan qızdırıcı buxarın kg-la miqdarına deyilir və qurğuda korpusların sayından aslı olaraq aşağıdakı kimi dəyişir.

Birkorpuslu buxarlandırma qurğusunda .....1,1 Kg/Kg buxar su

İkikorpuslu _____,,_____ _____,,_____0,57_____,,_____

Üçkorpuslu _____,,_____ _____,,_____0,40_____,,_____

Dördkorpuslu _____,,_____ _____,,_____0,30_____,,_____

Beşkorpuslu _____,,_____ _____,,_____0,27_____,,_____

Bu təcrübi dəlillərdən göründüyü kimi qurğuda korpusların sayı artdıqca qızdırıcı buxarın xüsusi sərfi əvvəlcə sürətlə azalır,sonradan isə bu azalma getdikcə kiçilir.Ona görə də çoxkorpuslu qurğularda korpusların sayını təyin etmək vacib məsələdir. Bundan ötəri iki üsul vardır - texnoloji üsul və texniki –iqtisadi üsul.

Buxarlandırma qurğusunda korpusların sayını təyin edən əsas amillərdən biri hər bir korpusda qızdırıcı buxarla qaynayan məhlul arasındakı faydalı temperaturlar fərqidir.Qurğuda korpusların sayı artdıqca temperatur itkiləri də artır,nəticədə faydalı temperaturlar fərqi azalmış olur.Lazımi səviyyədə istilikötürmə yaratmaq üçün korpusların sayını elə seçmək lazımdır ki,qurğunun hər bir korpusunda faydalı temperaturlar fərqi 5-7$^0$C –dən aşağı olmasın. Qurğuda korpusların optimal sayının təyini hesabına texniki-iqtisadi nöqteyi nəzərcə yanaşmaq lazım gəlir.Təcrübi dəlillər əsasında korpusların sayı ilə qızdırcı buxarın dəyəri və amartizasiya xərcləri arasında asılılıq qrafiki qurulmuşdur.

1.Zəif xammal tutumu 2.Xammal nasosu 3.xammal qızdırıcı (sıfır korpus) 4.Buxarlandırıcı aparatlar(korpuslar) 5.Qatı məhlul tutumu 6.Barometrik kondensator 7.Barometrik boru

Çoxkorpuslu buxarlandırma qurğularında korpusların sayı adətən ikidən az və beşdən çox olmamaq şərtilə seçilir.Əksər hallarda bu qurğularda 3 korpus quraşdırılır. Qatılaşdırılacaq məhlulun qurğuya verilməsi istiqamətindən aslı olaraq çoxkorpuslu buxarlandırma qurğuları düzaxınlı və əks axınlı olurlar.Lakin,kimya sənayesində əsasən üçkorpuslu düzaxınlı vakuum-buxarlandırma qurğularından istifadə edilir.Bu qurğularda məhlul və qızdırcı buxarlar düzaxınlı sxem üzrə hərəkət edirlər.

Zəif xammal məhlulu 1-ci korpusa verilir,ardıcıl olaraq 2-ci korpusa,oradan da 3-cü korpusa daxil olur və nəhayət 3-cü korpusdan tələb olunan qatılıqda hazır məhlul kimi xaric olur.Qızdırıcı buxarlar da qurğuda həmin istiqamətdə hərəkət edirlər.Qurğuda təzyiq 1-ci korpusdan 3-cü korpusa doğru getdikcə azaldığından qatılaşan məhlul bir korpusdan digərinə təzyiqlər fərqi hesabına öz axını ilə nəql etdirilir və əlavə nasos qurğusu tələb olunmur.Qurğuda təzyiqin getdikcə azalması ($P_z > P_1 > P_2 > P_3$ ) ilə əlaqədar olaraq qatılaşan məhlulun qaynama temperaturlarına uyğun olaraq korpuslarda aşağı düşür( $t_1 > t_2 > t_3$) .Bu halda məhlul 2-ci və 3-cü korpuslara qaynama temperaturlarından yüksək

temperaturlarda daxil olurlar.Bunun nəticəsində məhlul daxil olduğu korpusda (2-ci və ya 3-cü) qaynama temperaturuna qədər soyuyur.Məhlulun soyuması isə buxarlanma hesabına əldə olunur və bu zaman ayrılan istiliyin hesabına müəyyən qədər əlavə təkrar buxar əmələ gəlir.Bütün korpuslarda (1-cidən başqa) baş verən bu hadisəyə öz-özünə buxarlanma hadisəsi deyilir. Zəif xammal məhlulunun qaynama temperaturuna qədər qızdırılması ayrıca aparatda (sıfır korpus) həyata keçirilir ki, bu da 1-ci korpusda qızdırıcı səthin çox böyüməsinin qarşısını alır.

Axırıncı korpusdan çıxan təkrar buxar barometrik kondensatora verilir və burada buxarın soyuducu su ilə qarışaraq kondensləşdirilməsi tələb olunan vakuumu yaratmağa imkan verir.

Soyuducu su ilə və boru kəmərlərinin kip olmayan birləşmələrindən qurğuya hava daxil ola bilən,istilikötürmə prosesini kəskin yavaşıdan hava və eləcə də kondensləşməyən qazlar vakuum-nasos ilə sistemdən sorulur və damcıtutan aparatdan keçməklə atmosferə verilir. Düzaxınlı sxemin mənfi cəhətlərindən başlıcası odur ki,qurğunun axırıncı korpusunda məhlulun qaynama temperaturu nisbətən aşağı olur və bu korpusda ən qatı məhlul buxarlandırılır.Eyni zamanda məhlulun temperaturunun azalması və qatılığının artmasının özlülüyün kəskin artmasına və bununla əlaqədar olaraq istilikötürmə əmsalının azalmasına səbəb olur;buna görə də düz axınlı sxem üzrə işçi qurğunun birinci korpusundan sonuncuya doğru getdikcə istilikötürmə əmsalı azalır.

## *Bir və çoxdəfəli buxarlandırma qurğuları, buxarlandırıcı aparatların təsnifi ilə əsas ölçülərinin təyini .*

## *Buxarlandırıcı aparatların quruluşu və işləmə prinsipi*

Kimya texnologiyasında müxtəlif quruluşlu buxarlandırıcı aparatlardan istifadə olunur. Aşağı məhsuldarlıqla işləyən istehsalat sahələrində nisbətən kiçik ölçülü buxarlandırıcı aparatlardan istifadə olunur.Bu aparatlarda qızdırıcı səth ilanvari-boru dəstəsi və ya buxar köynəyi halında olur. Böyük məhsuldarlığa malik olan istehsalat sahələrində isə başlıca olaraq yüksək məhsuldarlığa və yüksək istehsal intensivliyə malik olan böyük ölçülü buxarlandırıcı aparatlardan istifadə edilir.Bu yüksək intensivliklə işləyən təkmilləşdirilmiş buxarlandırıcı aparatlar müasir aparatlar olub,dövretdirmə prinsipilə işləyirlər. Dövretmənin tətbiqi üsullarından asılı olaraq bu müasir aparatlar iki halda hazırlanır-təbii dövretdirmə ilə işləyən və məcburi dövretdirmə ilə işləyən buxarlandırıcı aparatlar. Onu da qeyd edek ki, kimya texnologiyasında təbii dövretdirmə ilə işləyən buxarlandırıcı aparatlar daha geniş tətbiq olunurlar.

Təbii dövretdirmə ilə işləyən buxarlandırcı aparatlar əsasən aşağıdakı hissələrdən ibarətdirlər.

**Qızdırcı kamera**

Qızdırcı kamera aparatın qızdırıcı səthini təşkil edir və bu kamera birgedişli,sərt tipli və şaquli vəziyyətdə yerləşdirilmiş gövdəli-borulu istidəyişdirici aparatdan ibarətdir.Qızdırıcı boru dəstəsi N sayda Φ25x25, Φ38x2 və Φ57x3.5 mm ölçülü standart borulardan hazırlanır.Qızdırıcı boruların hündürlüyü 4m,5m,6m və hətta 7m olurlar.Boruların aşağı və yuxarı ucları boru şəbəkələrində vərdələmə üsulu ilə kip bərkidilir. Borulardaxili səth ilə aşağıdan yuxarıya doğru istiqamətdə buxarlandırılacaq məhlul müəyyən sürətlə hərəkət edir. Borulararası sahə isə yuxarıdan qızdırıcı (təkrar) buxar verilir və kondensləşmə istiliyini məhlula verərək kondensləşir və borulararası səthinin aşağı hissəsində kondensat halda xaric olur. Onu da qeyd edək ki, məhlul qızdırcı kameranın borularında yalnız qızır,özü də iftar qızır,lakin qaynaya bilmir. Qızdırıcı kamera buxarlandırcı aparatın əsas gövdəsinə eyni bir ox üzrə və ya kənara çıxarılmış halda birləşir. Qızdırıcı kamera aparatın gövdəsinə sökülə bilən halda birləşdirilir ki ,bu da təmir işlərini müəyyən qədər yüngülləşdirir.

## Qaynadıcı kamera

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi məhlul qızdırıcı borularda qaynamır,yalnız qızır və özü də ifrat dərəcədə qızır.Bu məhlul borulardan qaynadıcı kameraya daxil olur və orada intensiv olaraq qaynayır. Qaynadıcı kamera çox hündür olmayan geniş diametrli borudan ibarət olub,qızdırıcı kameranın üstündə yerləşir.Bu kamera çox vaxt konusvari hazırlanır,yəni onun diametri yuxarıya getdikcə genişlənir.Qaynadıcı kameraya daxil olan məhlul orada şiddətli qaynayır,nəticədə məhlulun tərkibindən həlledicinin bir hissəsi buxara çevrilir və məhluldan ayrılır.

## Damcıqaytaran

Qaynadıcı kamerada məhlul şiddətli qaynadığı üçün məhlul damcıları kameranın ətrafına səpələnir və bu damcılar qaynamadan alınan təkrar buxara qarışır.Alınan təkrar buxara məhlul damcıları az qarışsın deyə kameranın üstündə çətir şəkilli damcıqaytaran quraşdırılır.Bundan əlavə təkrar buxarlar damcıqaytaranın altından çıxarkən öz istiqamətini kəskin dəyişdirir,nəticədə ətalət qüvvəsi yaranır və qüvvənin təsiri altında məhlul damcılarının bir hissəsi təkrar buxardan ayrılır. Beləliklə,təkrar buxarın məhlul damcılarından 1-ci və kobud təmizlənməsi damcıqaytaranın köməyilə həyata keçirilir.

## Separator

Separator buxarlandırıcı aparatın əsas gövdəsini təşkil edir. Separat geniş diametrli silindirik hissədən ibarət olub,aşağı hissəsi konusvari hazırlanır,yuxarı hissəsi isə sferik diblə qapanır.Onun aşağı hissəsində qaynadıcı kamera və damcıqaytaran yerləşir.Yuxarısında isə hidrosiklon quraşdırılır,qızdırıcı kamera özü də separatorun aşağısına bərkidilir və bundan başqa separatorla qızdırıcı kameranın aşağı ucları dövretdirici boru ilə əlaqələndirilir. Qaynadıcı kamerada alınan təkrar buxar separator boyu yuxarıya doğru hərəkət edir.Separatorun en kəsik sahəsi geniş olduğundan buxarın hərəkət sürəti çok kiçik olur ki,bu da məhlul damcılarının öz ağırlıq qüvvəsi təsiri altında çökərək təkrar buxardan

ayrılması üçün şərait yaradır. Beləliklə,təkrar buxarın məhlul damcılarından 2-ci dəfə təmizlənməsi separatorun daxilində gedir.

**Hidrotsiklon**

Hidrotsiklon təmizləyici aparat olub ,separatorun daxilində -onun yuxarı hissəsində quraşdırılır.Hidrotsiklona təkrar buxar separatordan böyük sürətlə (20-30 m/san )daxil olur və buxar hidrotsiklon daxilində fırlanma hərəkəti edir.Nəticədə mərkəzdənqaçma qüvvəsi yaranır.Yaranan mərkəzdənqaçma qüvvəsi təsiri altında təkrar buxar məhlul damcılarından maksimum dərəcədə təmizlənir.Beləliklə,təkrar buxarların məhlul damcılarından 3-cü dəfə təmizlənməsi hidrotsiklonda başa çatır.

**Dövretdirici boru**

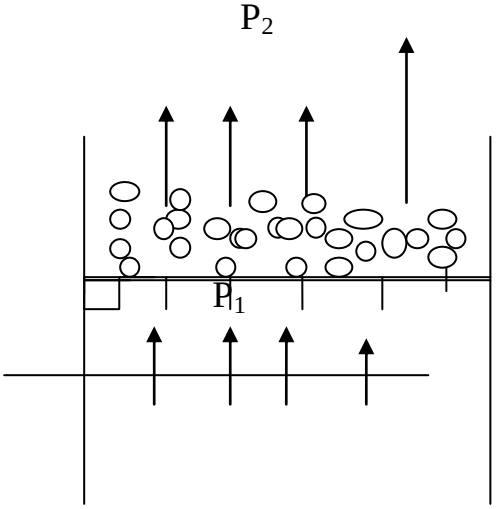
Bu boru standart diametrli borulardan hazırlanır və separator ilə qızdırıcı kameranın aşağı hissələrini əlaqələndirir.Bu boru ilə çox böyük miqdarda məhlul (korpusdan korpusa verilən məhluldan 15-20 dəfə çox) separatorla qızdırıcı kamera arasında fasiləsiz olaraq dövretdirilir.Bunun nəticəsində qızdırıcı borularda məhlulun sərfi və eləcə də hərəkət sürəti yüksəlir.Məhlulun hərəkət sürətinin artması boruların daxili səthindən məhlula istilikvermə əmsalı ($\alpha$)yüksəlir və bununla da korpuslarda ümumi istilikötürmə əmsalı (K) yüksəlir.Nəticədə korpuslarda istilik mübadiləsi sürətlənir və onun hesabına aparatın istehsal intensivliyi (vahid zamanda aparatın $1m^2$ qızdırıcı səthindən buxarlanan həlledicinin miqdarı artır).Nəticədə aparatın ümümi məhsuldarlığı yüksəlir.

Beləliklə,buxarlandırıcı aparatın istehsal intensivliyi dövretdirici borunun hesabına yüksəlir.

## *Qaynar layın hidrodinamikası. Psevdoqaynama rejimi.*

Son zamanlar bir sıra kimyəvi texnoloji proseslər bərk maddələrin iştirakı ilə aparılır.Bu maddələr həmin proseslərdə katalizator,adsorbent,quruducu agent,yanacaq və s. rolunu oynayırlar. Belə proseslərin getmə sürəti prosesdə iştirak edən bərk maddələrin səthindən asılıdır.Onların səthini artırmaq üçün bərk maddələri xırdalamaq tələb olunur.Lakin bərk maddələrin iştirakı ilə gedən proseslərin sürətini bu üsulla çoxda yüksəltmək mümkün olmadığından prosesi “qaynar lay” da aparmaq məqsədə uyğundur.Bərk maddə layının qaynar hala keçməsi nətcəsində kimyəvi texnoloji prosesin sürətini artırırlar.Daha doğrusu prosesin intensivliyinin artması nəticəsində aparatın məhsuldarlığı yüksəlmiş olur. Fərz edək ki,şaquli silindirik aparat verilmişdir,onun daxilində üfiqi vəziyyətdə tor şəkilli dayaq yerləşdirilmişdir.Bu dayağın üzərində müəyyən hündürlükdə bərk maye layı yerləşir və lay isə kiçik ölçülü hissəciklərdən ibarətdir. Aparatın aşağı hissəsindən qaz axını elə sürətdə verilir ki,layı təşkil edən bərk maddə hissəcikləri öz yerlərini dəyişməyərək tərpənməz halda qalmış olsun.Bu laydan keçən qaz axını

ilə bərk maddə səthi arasında yaranan görüşmə nəticəsində baş verən proses müəyyən bir sürətlə getmiş olur.




Aparata verilən qaz axının sürətini təqribən artırsaq elə bir kritik($\omega_{kr}$) sürət əldə etmək olar ki,layın dayanıqlılığı pozulur və layı təşkil edən hissəciklər müxtəlif istiqamətlərdə hərəkət etməyə başlayırlar, yəni layda xaotik (qarmaqarışıq) hərəkət rejimi yaranır.Bunun hesabına laydakı hissəciklər arasında məsafə böyüyür,qaz qabarcıqlar təşkilində laydan xaric olur və bütün bunlar qaynayan mayeni xatırladırlar ki, buna texnikada " qaynar lay" və yaxud psevdo-qaynar lay deyilir. Qaz axının sürətinin sonrakı artırılması laydaki hissəciklərin xaotik hərəkətlərinin yüksəldilməsi ilə nəticələnir və beləliklə layda turbulentlik güclənir.Bu da texnoloji prosesin sürətlənməsinə səbəb olur.Prosesin sürətinin artması onunla izah edilir ki, qaynar layda ölü həcmlər aradan çıxır, qaz axını ilə bərk səthlər tez-tez təzələnir və bunun hesabına qaz ilə bərk maddələrin görüşməsi intensivləşir ki, onların arasında gedən prosesin sürətlənməsinə səbəb olur.Qaz axının bu sürətinə qaynar layın başlancıq sürəti deyilir.$\omega_{q.l}$ ilə işarə olunur. Aparata verilən qaz axının hərəkət sürətini artırmaqda davam etsək elə bir sürət əldə etmək olar ki,bu zaman qaynar lay pozular və bərk maddə hissəcikləri yalnız bir istiqamətdə hərəkət etmiş olar.Yəni qazın hərəkət istiqamətində qazla birlikdə aparatdan xaric olacaqdır.

Qaz axının bu sürətinə nəql etmə sürəti deyilir və $\omega_{nəq}$ ilə işarə edilir.Bu sürətdən istifadə etməklə kiçik ölçülü bərk maddələri bir aparatdan başqa aparata pnevmatik üsulla nəql etmək olar.

## *İdeal sistemlərdə maye-buxar tarazlığı*

İki və daha çox komponentlərdən ibarət olan maye qarışıqlarına məhlul deyilir. Ən Sadə qarışıq olan iki komponentli məhlulların texniki təmiz məhsullara ayrılması prosesinin xüsusiyyətlərini öyrənəcəyik. İki komponentli məhlullar bir-birində həll olunmalarına görə üç yerə bölünür.

***1. Komponentləri bir-birində istənilən nisbətdə həll olan məhlullar.***

***2. Komponentləri bir-birində qismən həll olan məhlullar.***

***3. Komponentləri bir-birində praktiki həll olmayan məhlullar.***

Sənaye proseslərində komponentləri bir-birinə istənilən nisbətən həll olan real mayelərin xassələrini tətbiq edilməsi daha məqsədəuyğundur. Bu cür real məhlulları öyrənmək bir sıra çətinliklərlə qarşılaşır, ona görə ki, bu məhlullar çoxdur və müxtəlif xassələrə malikdirlər. Onların hamısı üçün eyni qanun və qanunauyğunluqlar yoxdur. Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq məqsədilə ideal məhlul anlayışından istifadə olunur. İdeal məhlul dedikdə, elə məhlul nəzərdə tutulur ki, onun üzərində doymuş buxar təzyiqi (P) maye fazadakı molyar qatılığı (x) xətti funksiyası olsun; ideal məhlulları qarışdırdıqda onların həcmi sıxılmasın və genişlənməsin; bu məhlulları bir-biri ilə qarşılaşdırdıqda həll olma istiliyi ayrılmasın.

Təbiətdə mövcud olan real məhlullar xassələrinə görə az və ya çox dərəcədə ideal məhlullardan fərqlənirlər. Bu fərqi təcrübə yolu ilə təyin etmək mümkün olur. Fərq məlum olduqda onu nəzərə almaqla ideal məhlul qanunlar, real məhlullara tətbiq etmək olur. Lakin təbiətdə elə real məhlullar vardır ki, onlar xassələrinə görə ideal məhlullardan çox az fərqlənirlər, belə məhlullara normal məhlullar deyilir. Normal məhlullara kiçik xəta ilə ideal məhlul qanunlarını tətbiq etmək olur. Normal məhlullara tərkibi karbon (c) və hidrogendən (H) ibarət olan maye neft məhsullarını göstərmək olar.

İdeal məhlul qanunlarından biri Raul qanunudur. Bu qanuna görə hər hansı temperaturada (t) verilmiş məhlulun i komponentinin porsial təziqi $P_i$, onun doymuş buxar təziqi $P_i$ maye fazadakı molyar qatılığı $x_i$ hasilinə bərabərdir.

Raul qanununun riyazi ifadəsi aşağıdakı kimidir.

$$P_i = P_i x_i$$

Bu maye faza ilə tarazlıqda olan buxar fazası üçün Dalton qanunu vardır. Dalton qanununa görə tarazlıqda olan maye-buxar sistemin hər hansı $i$ komponentinin t temperaturada parsial təziqi $p_i$ , sistemin ümumi təzyiqi p ilə buxar fazadakı molyar qatılığı y hasilinə bərabərdir.

## *Rektifikasiya prosesi. Rektifikasiya prosesinin fiziki mahiyyəti.*

Xammal texnoloji proseslərdən alınan aralıq əsas məhsullar əksər hallarda maye və qaz qarışıqlarından ibarət olurlar. Bu qarışıqları texniki təmiz halda komponentlərinə ayırmaq tələb olunur. Yuxarıda tədqiq edilən buxarlanma və kondensləşmə proseslərdən heç biri alçaq qaynayan və ya yüksək qaynayan komponentləri praktik cəhətdən istənilən miqdarda və kifayət qədər xalis halda almağa imkan verir. Bu məsələ yalnız rektifikasiya kalonları deyilən aparatlarda

aparılan rektifikasiya prosesi vasitəsi ilə həll oluna bilər və bəzən çoxdəfəli buxarlandırma və kondensləşmə yolu ilə qatılığın ayrılması kimi izah edilir.

Rektifikasiya prosesi eyni təzyiq şəraitində P=const şəraitində komponentlərin müxtəlif temperaturlarda qaynamalarına əsaslanır. Bu proses əks axınlı kalon tipli aparatlarda aparılır ki, bunlara rektifikasiya kalonları deyilir.

Fərz edək ki,єaquli silindrik aparat verilmişdir, onun daxilində müəyyən hündürlükdə n sayda kontakt tərtibatları (doldurmalı,boşqablı) quraşdırılmışdır. Kalonun aşağı hissəsindən yuxarıya doğru istiqamətdə buxar axını yuxarıdan aşağı istiqamətdə isə maye axını hərəkət edir. Kalon boyunca əks istiqamətlərdə hərəkət edən bu axınlar kontakt tərtibatlarının səthində görüşürlər, onların arasında aşağıdakı üç ardıcıl proses gedir.

***1. Mexaniki proses.*** Bu proses maye və buxar fazalarının mexaniki qarışmasından ibarətdir. Belə ki, kontakt tərtibatı səthində (üzərində) olan maye səviyyəsindən buxar səviyyəsinə keçərkən intensiv qabarcıqlı qarışma prosesi yaranır, buna texnikada barbataj hadisəsi deyilir.

***2. İstilik mübadiləsi prosesi.*** Buxar və maya fazanın qarışması nəticəsində bu axınlar arasında istilik mübadiləsi baş verir. Ona görə ki, buxar axını nisbətən yüksək temperatura, maye axını isə nisbətən aşağı temperatura malik olurlar ($t_b>t_m$), nəticədə buxar ilə maye arasında temperaturlar fərqi yaranır. $\Delta t=t_b-t_m$,$^oC$. Bu temperaturlar fərqi hesabına onlar arasında istilik mübadiləsi gedir, başqa sözlə isti buxar istiliyinin bir hissəsini aşağı temperaturlu mayeyə verir.

***3. Maddələr mübadiləsi prosesi.*** Görüşən buxar və maye axınları arasında aşağıdakı prinsip üzrə maddə mübadiləsi gedir. Bu görüşən axınlar arasında gedən istilik mübadiləsi maddələr mübadiləsi ilə nəticələnir. Belə ki, buxar axını üz istiliyinin bir hissəsini mayeyə verərək, müəyyən qədər soyuyur, qismən kondensləşir və alınan kondensat maye axınına qarışır. Kondensləşən hissə tərkibcə əsasən yüksək qaynayan komponentdən (AQK) ibarət olur. İstiliyi alan maye isə müəyyən qədər qızır, qaynayır və bir hissəsi buxara çevrilir, buxar axınına qarışır. Buxarlanan hissə tərkibcə alçaq qaynayan komponentdən ibarət olur. Beləliklə hər bir kontakt tərtibatı səthində görüşən buxar və maye axınları arasında nəzərdən keçirilən üç proses ardıcıl gedir, onların sonuncu nəticəsi axınlar arasında komponent mübadiləsi ilə nəticələnir.

## Fasiləsiz işləyən rektifikasiya qurğusunun sxemi

Müasir rektifikasiya qurğuları aşağıdakı sxem üzrə işləyir.

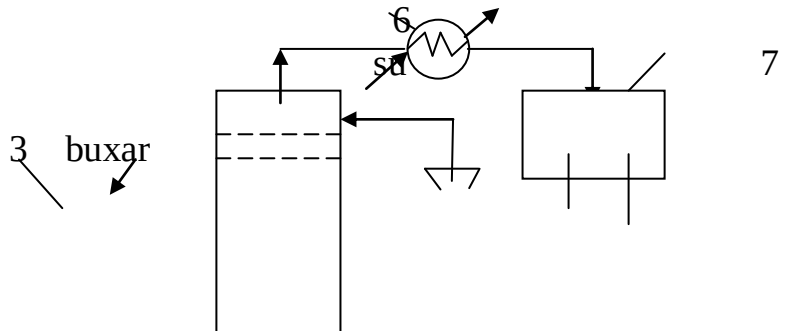
Xammal kalona P=const sabit təzyiqdə aşağıdakı hallarda verilə bilər:

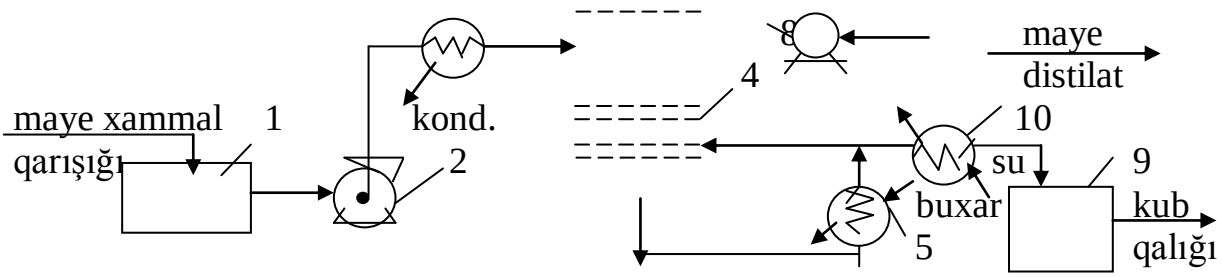
1.Sabit təzyiqdə və qaynama temperaturda maye halında;

2.Qaynama temperaturunda maye- buxar qarışığı halında

3.Doymuş buxar halında

Fasiləsiz işləyən rektifikasiya qurğusunu sxematik göstərək.






Fasiləsiz işləyən rektifikasiya qurğusunun sxemi

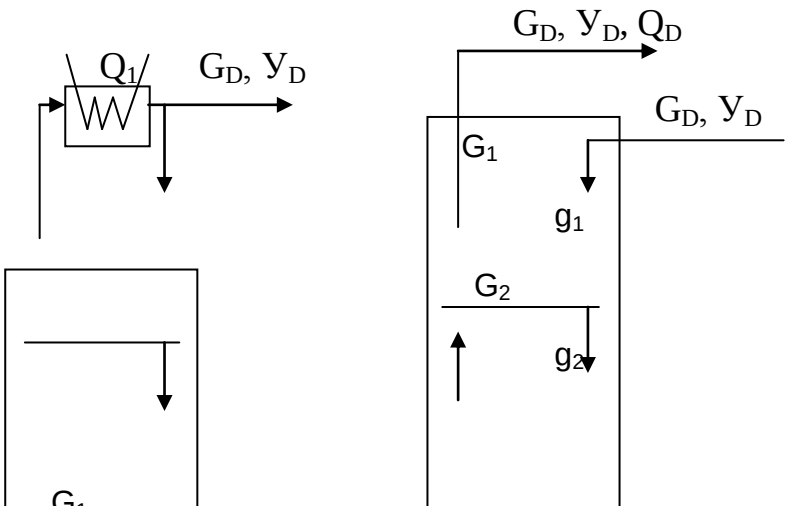
1-Xammal tutumu; 2-xammal nasosu; 3-Xammal qızdırıcısı; 4-tam rektifikasiya kalonu; 5-Kalonun qaynadıcısı; 6-kondensator-soyuducusu; 7-distilat tutumu; 8-maye fleqma nasosu: 9-Kub qalığı tutumu.

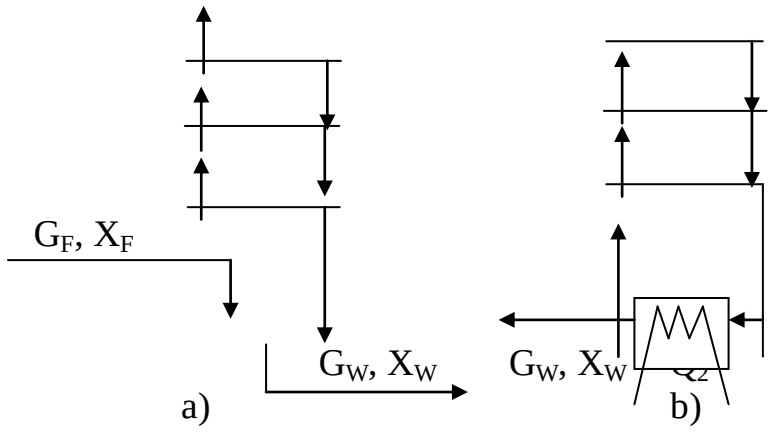
Maye xammal qarışığı tutumdan 1 xammal nasosu 2 ilə xammal qızdırıcısında 3 qaynama temperaturunadək qızdırılaraq rektifikasiya kalonunun 4 qidalanma şöbəsinə verilir, buxar faza kalonun 4 yuxarısına doğru hərəkət edərək AQK zənginləşər, kondensator- soyuducuda 6 kondensləşərək distillat tutumuna 7yığılır, oradan distillatın bir hissəsi maye fleqma nasosu 8 ilə kalona maye fleqma(suvarma) halında qaytarılır, qalan hissəsi maye distilat tutumuna 7 yığılır. Kalonun aşağı hissəsinə hərəkət edən kub qalığının tərkibi YQK-lə zənginləşir, qaynadıcıda 5 bir hissəsi buxara verilərək kalona 4 qaytarılırqalan hissəsi soyuducuda 10 soyudularaq kub qalığı tutumuna 9 verilir.

**Natamam rektifikasiya kalonları**

Kimya sənayesində elə maye xammal qarışıqlarına rast gəlmək olur ki, onları ayırmaq üçün tələb olunan rektifikasiya kalonlarında kontakt tərtibatlarının sayı çox olur və nəticədə aparat olduqca hündür olur, belə kalonları quraşdırmaq, təmir istismar işləri aparmaq çətinləşir və təhlükəli olur. Belə hallarda tam rektifikasiya kalonu qidalanma şöbəsindən iki hissəyə bölünürlər və iki sərbəst kalon halında hazırlanırlar. Bu kalonlar yanaşı olaraq quraşdırılır, bunlardan birincisinə natamam qovucu kalon, ikincisinə isə natamam qatışdırıcı kalondur. Natamam qovucu kalonun qaynadıcısı olur, kondensatoru isə olmur. Natamam qatışdırıcı kalonun isə əksinə kondensatoru olur, qaynadıcısı olmur. Natamam qovucu kalona xammal qaynama temperaturundamaye halında, yuxarı hissədən verilir, bu maye xammal həm də kalon üçün fleqma rolunu oynayır.

Yalnız qovucu şöbədən və ya yalnız qatışdırıcı şöbəsindən ibarət olan kalonlara natamam rektifikasiya kalonları deyilir. Onları sxematik olaraq göstərək.






a) qatılaşdırıcı kalonu; b) qovucu kalonu.

Yalnız qatılaşdırıcı şöbəsindən ibarət olan (şəkil10.4a) natamam kalonun qidalandırıcı şöbəsi lap aşağıda olur ki, buraya əsas etibarilə buxar halda olan xammal verilir. Bu natamam kalonları qatılaşdırma kalonları adlanır.

Yalnız qovucu şöbədən ibarət olan natamam kalonların (şəkil 10.1 b) qidalandıcı şöbəsi lap yuxarıda olur ki, buraya verilən xammal ,əsas etibarilə maye fazadan ibarət olur. Bu kimi natamam kalonlara qovucu kalonlar deyilir.

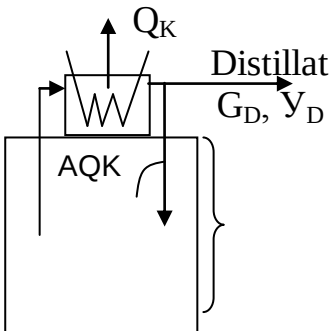
Beləliklə, demək olar ki, qatılaşdırıcı kalonları buxar halında olan xammal rektifikasiyası üçün , qovucu kalonlar isə maye xammalın rektifikasiyası üçündür.

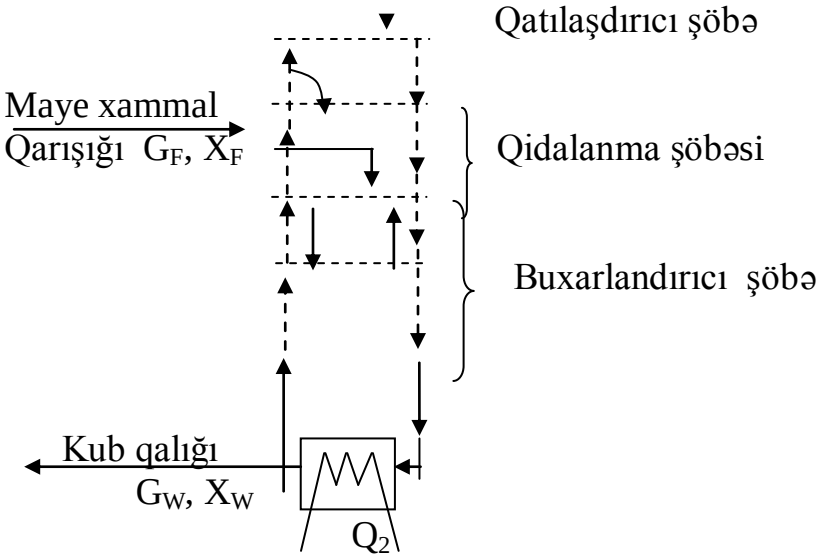
**Tam rektifikasiya kalonunun sxemi**

Xammal verilən yerə qidalandırma bölməsi deyilir.

Kalonun qidalanma şöbəsindən yuxarıda olan hissəsi əsas etibarı ilə bu hissəyə gələn buxar axının rektifikasiyası üçün dür, bu hissə qatılaşdırıcı şöbə adlanır. Kalonun qidalandırıcı şöbəsindən aşağıda olan hissəsi əsas etibarı ilə buraya gələn maye axınının rektifikasiya edilməsi üçündür, bu hissə buxarlandırıcı şöbədir. Kalonun sxemindən göründüyü kimi yuxarıdan aşağıya doğru hərəkət edən buxar axını kalon boyunca kontakt tərtibatlarını keçdikcə YQK-dən azad olur, AQK ilə zənginləşir, maye axını isə əksinə kalon boyu aşağıdan yuxarıya doğru hərəkət edən buxar axını kalon boyu kontakt tərtibatlarını keçdikcə YQK-dən azad olur, AQK ilə zənginləşir. Maye axını isə əksinə kalon boyu yuxarıdan aşağıya doğru hərəkət edərək, kontakt tərtibatlarını keçdikcə tədricən AQK-dən azad olub YQK ilə zənginləşir.

Rektifikasiya kalonuna o qədər sayda kontakt tərtibatı qarışdırmaq lazımdır ki, ən yuxarı boşqabdan xaric olan buxar axınının tərkibi texniki təmiz AQK-dən ən aşağıdakı kontakt tərtibatından xaric olan maye axınının tərkibi texniki təmiz YQK-dən ibarət olsun






Tam rektifikasiya kalonunun sxemi

Kalonun yuxarısından xaric olan buxar axını onun yuxarısında qarışdırılan kondensatora daxil olur və soyuducu agentin köməyi ilə soyudulur və tam kondensləşir. Alınan kondensatın bir hissəsi hazır məhsul kimi sənaye tutumuna yığılır, bu məhsula distillat və ya rektifikat deyilir. Kondensatın digər hissəsi isə maye suvarması (fleqması) kimi kalona qaytarılır.

Kalonun aşağısından xaric olan maye axını isə kalonun aşağısında quraşdırılan qaynadıcıya verilir, qaynadıcıya xaricdən verilən istilik ($Q_2$) hesabına maye axını qızır, qaynayır və müəyyən hissəsi buxara çevrilir. Buxara çevrilən hissə kalonun aşağı hissəsinə buxar suvarması kimi kalona qaytarılır. Maye axınının qalan hissəsi maye halda xaric olur və hazır məhsul kimi tutuma yığılır, bu məhsul texnikada kub qalığı adlanır.

Tam rektifikasiya kalonunun sxemindən göründüyü kimi prosesin əsas aparatı rektifikasiya kalonudur, köməkçi aparatları isə kondensator və qaynadıcıdır. Bu üç aparat birlikdə fəaliyyət göstərirlər. Belə ki, kalonda maye axını kondensatorun köməyi ilə yaradılır. Demək kondensatorun əsas vəzifəsi maye axını fleqma yaratmaqdır. Bundan ötrü kalonda kondensatorun köməyi ilə $Q_k$ kVt istilik xaric edilir. Kalonda buxar eslərində fazaların görüşmə səthidir;

b) istilik mübadiləsi proseslərində istilikötürmə səthidir;

$\tau$- prosesin getmə (kontakt) müddətidir;

R- proses nəticəsində baş verən müqavimətlərdir;

$\Delta$- prosesin hərəkətverici qüvvəsidir;

$\frac{M}{F\tau}$ - prosesin getmə sürətidir;

a) vahid zamanda vahid görüşmə səthi ilə bir fazadan digər fazaya keçən paylanan komponentin miqdarıdır( maddələr mübadiləsi proseslərində);

b) istilik mübadiləsi proseslərində vahid zamanda ($\tau$=1 san) vahid səthdən ($F=1m^2$) isti axınnan soyuq axına verilən istilik miqdarıdır. Prosesin getmə sürəti hərəkətverici qüvvə ilə düz, müqavimətlə tərs mütənasibdir.

Prosesdə yaranan müqavimətlərin tərs qiymətinə (1/R) prosesin getmə sürət əmsalı adlanır, K ilə işarə olunur.

$$K = \frac{1}{R}$$

Bunu nəzərə alsaq kinetik tənlik aşağıdakı şəklə düşər

$$\frac{M}{F\tau} = K\Delta \qquad (1.6)$$

K- texnikada ötürmə əmsalı adlanır:

a)maddələr mübadiləsi proseslərində maddəötürmə əmsalı;

b) istilik mübadiləsi proseslərində istilikötürmə əmsalı;

Aparatın əsas ölçüsünü F təyin edərkən (1.6) düsturundan istifadə olunur. Onun qiymətini təyin ermək üçün ötürmə əmsalı K –nı hesablamaq tələb edilir, onu hər hansı proses üçün ya təcrübi ya laboratoriya şəraitində və yaxud müvafiq emprik düsturlar vasitəsilə hesablama yolu ilə təyin olunur. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi getmə surəti başlıca olaraq həmin prosesin hərəkətverici qüvvəsindən (Δ) asılıdır. Belə ki, bu qüvvə nə qədər böyük olarsa prosesin sürəti bir o qədər yüksək olar.

Məlumdur ki, bütün texnoloji proseslər o vaxtadək gedir ki, həmin sistemdə tarazlıq halı yaransın. Beləliklə istənilən hər hansı prosesin iki halı ola bilər.

İşçi və tarazlıq halı.

Prosesin işçi halında onun hərəkətverici qüvvəsi sıfırdan böyük olmalıdır.

Tarazlıq halında isə hərəkətverici qüvvə (Δ=0) sıfıra bərabər olur.

Fərz edək ki, temperaturu nisbətən yüksək ($t_1$) olan cismlə temperaturu aşağı olan ($t_2$) cism arasında istilik mübadiləsi prosesi gedir. Bu zaman istlik isti cismdən soyuq cismə o vaxtadək veriləcəkdir ki, onların hər ikisinin temperaturu eyni olsun. Belə proseslər üçün hərəkətverici qüvvə onların temperaturları arasıdakı fərqdən ibarətdir:

$$\Delta t = t_1 - t_2 , \ {}^0S$$

Hidromexaniki proseslərdə hərəkətverici qüvvə təzyiqlər fərqindən ibarət olur.

$$\Delta P = P_1 - P_2 , \ MPa$$

Maddə mübadiləsi proseslərin hərəkətverici qüvvəsi maddənin fazalardakı qatılıqlar fərqindən ibarət olar.

$$\Delta C = C_1 - C_2$$

Odur ki, sənaye proseslərində çalışmaq lazımdır ki, hərəkətverici qüvvə həmişə yüksək olsun. Bu isə prosesin yüksək sürətlə getməsinə , məhsuldarlığın artmasına, aparatın əsas ölçülərinin kiçilməsinə və eləcə də onun hazırlanması üçün lazım olan material səthinin azalmasına səbəb olur.