

Q.B.MƏMMƏDOV
Q.M.ALLAHVERDİYEVA



QIDA MƏHSULLARI
TEXNOLOGİYALARININ
PROSESLƏRİ VƏ APARATLARI ÜZRƏ
PRAKTİKUM

Q.B.MƏMMƏDOV Q.M.ALLAHVERDİYEVA

**QIDA MƏHSULLARI TEXNOLOGİYALARININ
PROSESLƏRİ VƏ APARATLARI ÜZRƏ
PRAKTİKUM**

(dərs vəsaiti)

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 21 fevral
2014-cü il tarixli 222 sayılı əmri ilə qrif verilmişdir.

Bakı-«Elm»-2014

Elmi redaktorlar: texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent **F.Ə.Namazov**;
texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent **M.M.Tağiyev**

Rəy verənlər: texnika elmləri doktoru, professor **M.H.Fərzəliyev**;
biologiya elmləri doktoru, professor **Ə.Ə.Nəbiyev**; texnika elmləri
doktoru, dosent **C.ƏMəmmədov**; texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
M.M.Cavadov

Məmmədov Q.B., Allahverdiyeva Q.M. Qida məhsulları
texnologiyalarının prosesləri və aparatları üzrə praktikum
(Dərs vəsaiti). - Bakı: Elm, 2014. -176 s

Kitabda qida məhsullarının texnologiyaların prosesləri və həmin proseslərin yerinə yetirilməsində tətbiq edilən aparat və qurğuların işi geniş izah olunur. Müasir qida sənayesində emal edilən xammalın və ondan alınan məhsulların xassəsi və proseslərin həyata keçirilmə üsulları öyrənilir. Xüsusilə qida məhsullarının istehsalında hidromexaniki, istilikdəyişmə, kütlədəyişmə, mexaniki və biokimyəvi proseslərin hesabatına dair praktiki məşğələlərin təhlili və onlara dair məsələlər verilmişdir.

Dərs vəsaitindən qida məhsulları mühəndisliyi və aqrar mühəndislik istiqamətində təhsil alan tələbələr, eləcə də bu sahədə çalışan mühəndislər, texnoloqlar və elmi işçilər istifadə edə bilirlər.

GİRİŞ

Aqrar sahənin qarşısında duran əsas problemərdən biri və vacibi əhalinin ərzaq məhsulları ilə etbiralı təminatıdır. Azərbaycanca əhalinin ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsi qida məhsulları istehsalı və emalında müasir innovasiya texnologiyalarının tətbiqini tələb edir. Qida insanı xarici mühitlə əlaqələndirən ən mühüm amildir.

Qida və qidalanmaq hər bin insanın həyatında əsas rol oynayır. İnsan sağlamlığı üçün yaxşı qida və qidalanmaq mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Müasir dövrdə əhalinin ərzaqla təminatı bəşəriyyətin ən qlobal problemlərindən biridir. Oksigendən başqa hər şeyi insan qida vasitəsilə alır. Qida istehsalı sənayesi qarşısında duran əsas məsələlərdən biri də insanları ekoloji təmiz və təhlükəsiz emal edilmiş məhsullarla təmin etməkdir. Bu məsələləri həll etmək üçün proseslərin intensivləşdirilməsi, yeni nəsillər üçün avadanlıqların konstruksiyası, elm və texnikanın nailiyyətlərindən istifadə edərək itkisiz istehsalın təşkili vacibdir.

Xammalların emalı və qida məhsullarının istehsalı üçün təyin edilmiş yeni növ avadanlıqların, mütərəqqi texnologiyaların işlənilməsi və hazırlanması və tətbiqi bilavasitə aparatlarda bas verən fiziki – kimyəvi proseslərin qanunauyğunluqlarının tədqiqi ilə sıx bağlıdır. Bu tədqiqatların aparılmasında “Qida məhsulları texnologiyalarının proses və aparatları” kursu böyük rol oynayır. Bununla yanaşı müasir qida sənayesi bir çox müxtəlif texnoloji prosesləri əhatə edir ki, bunlar emal edilən xammalın və ondan alınan məhsulların xassəsinə və bu proseslərin həyata keçirilmə üsullarına görə bir – birindən fərqlənir. Bu cəhətdən qida sənayesinin emal müəssisələrindəki müxtəlif qurğuların texnoloji sxemləri də çox müxtəlifdir. Bunların əsaslandırılmasına aid məlumatı qida məhsulları texnologiyalarının proses və aparatları kurslarında tapmaq olar.

Bunun üçün əvvəlcə qida məhsullarının emalı texnologiya-

larında prosesləri, sonra isə həmin prosesləri və emal texnologiyalarını yerinə yetirən aparat və qurğuları bilmək lazımdır.

Qida məhsulları texnologiyalarının proses və aparatları fənninin məqsədi – fiziki-kimyəvi, istilik, hidrodinamik proseslər və bu proseslərin istifadə metodlarından asılı olaraq onların gedişi haqqında və həmin prosesləri yerinə yetirən aparatların quruluşu haqqında bilikləri öyrənməkdir.

Laboratoriya işlərini yerinə yetirdikdə tələbələrin nəzəri bilikləri möhkəmlənir. Tələbə yeni biliklər alır və aldığı biliklər nəticəsində proseslərin eksperimental metodlarla tədqiqini və onlardan təcrübədə istifadə etməyi öyrənirlər.

Qida istehsalının prosesləri və aparatları fənnindən laborator-təcrübi məşğələlər fənnin mühazirəsi ilə paralel tədris olunur. Burada əsas məqsəd yeyinti məhsullarının istehsalında və emalında yerinə yetirilən prosesləri və həmin prosesləri icra edən aparatların quruluşu və iş prinsipini öyrənməkdir. Bunlarla yanaşı mühazirədə tədris olunan nəzəri məsələləri yaxşı mənimsəmək, aldığı biliyi möhkəmləndirmək və onun həqiqiliyini müəyyən etmək məqsədi ilə sərbəst laboratoriya işləri yerinə yetirmək lazım gəlir. Tərtib olunmuş metodiki göstərişlərdən istifadə etməklə fənni tədris edən müəllimlərin rəhbərliyi altında proseslərin aparılmasının təhlili və prosesi yerinə yetirən qurğu və aparatların quruluşu öyrənilir və təcrübi tədqiqatlar yerinə yetirilir. Laboratoriya işlərinin təsviri hissəsində qurğu və aparatların texnoloji və kinematik sxemləri tərtib olunmaqla onların quruluşu, işi, texniki xarakteristikaları, nasazlıqlar və onların aradan qaldırılması yolları qısa göstərilməlidir.

I HİSSƏ

LABORATORİYA İŞLƏRİ



Laboratoriya işi № 1

Bərk hissəciklərin mayədə çökmə prosesinin kinetikasının öyrənilməsi

Məqsəd: Kürəşəkili bərk hissəciklərin müxrəlif mayelərdə çökmə rejiminin təyini. Kürəşəkili bərk hissəciklərin sürətinin hesabı və onun eksperimental yolla alınan sürətlə müqayisəsi.

Ümumi məlumatlar

Suspenziya və tozları ayırmaq üçün qida sənayesində gravi-tasiya qüvvəsi təsirindən çökdürmədən geniş istifadə olunur.

Çökdürmə prosesi narın dispers hissəciklərin ayrılmasını təmin etmir və çökdürmə sürətinin aşağı olması ilə xarakterizə olunur. Çökdürmə prosesinin üstünlüyü sadə avadanlıqda və az enerji sərfi ilə yerinə yetirilməsidir. Proses çökdürücülərdə yerinə yetirilir.

Çökdürmənin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, suspenziya və ya tozun çökdürücüdən keçməsi nəticəsində asılı hissəciklər ağırlıq qüvvəsi təsirindən onun dibinə yığılır. Çökdürmədə aşağıdakı əsas tələbatlar gözlənilməlidir:

- materialın çökdürücüdə qalma müddəti çökmə müddətindən böyük və ya bərabər olmalıdır.

- aparatda axının xətti sürəti çökmə sürətindən nisbətən kiçik olmalıdır.

Çökdürücünün hesabı və seçilməsində əsas parametrlər hissəciklərin çökmə sürətidir. Çökmə sürəti v_0 (m/san) məlum olduqda

verilən saniyəvi məhsuldarlıq üçün V_τ çökmə səthinin sahəsinin F_0 (m^2) hesablamaq olar. Saflaşmış maye üçün (m^3/san)

$$F_0 = \frac{V_\tau}{v_0}$$

orta çökmə sürəti

$$\frac{F_0 h}{V_\tau} = \tau_0$$

burada h - çökmə hündürlüyü.

Çökdürmə sürətini təyin etmək məqsədi ilə hissəciklərin qravitasiya qüvvəsi təsirindən özlü mühitdə hərəkətini nəzərdən keçirək. Hissəciyə ağırlıq qüvvəsi, Arximed qüvvəsi A və sürtünmə qüvvəsi T təsir edəcək.

İstənilən formada hissəciyin həcmi onun xətti ölçüsünün kubuna mütənasibidir:

$$V = k_1 l^3,$$

burada K - hissəciyin formasından asılı olan əmsal;

l – hissəciyin xarakterik ölçüsüdür (diametr).

Əgər hissəciyin sıxlığı ρ_b , mayenin isə ρ_m olduqda onda hissəciyə təsir edən ağırlıq qüvvəsi

$$G = k_1 l^3 \rho_b g$$

Və ağırlıq qüvvəsinin əks istiqamətdə olan qaldırıcı qüvvəsi təsir edir.

$$A = k_1 l^3 \rho_m g$$

Maye tərəfindən hissəciklərin vahid sahəsinə düşən sürtünmə qüvvəsi təsir edir:

$$T = \mu_m \frac{dv}{dn}$$

burada μ_m - mayenin dinamik özlülük əmsəlidir;

$d\nu/dn$ - mayenin hərəkət sürətinin dəyişməsidir.

Sürtünmə qüvvələrinin cəmi T hissəciyin səthinin sahəsindən $k_2 l^2$ - dən asılı olub (burada k_2 - hissəciyin formasını nəzərə alan əmsəldir) aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$T = k_2 l^2 \mu_m \frac{d\nu}{dn}.$$

Mexanikanın ikinci qanununa əsasən ağırlıq qüvvəsi qaldırıcı və sürtünmə qüvvələrinin əvəzləyicisi hissəciyin kütləsi ilə təcilinə bərabərdir:

$$k_1 l^3 (\rho_b - \rho_m) g - k_2 l^2 \mu_m \frac{\partial \nu}{\partial n} = k_1 l^3 \rho_b \frac{d\nu}{d\tau}. \quad (1.1)$$

Bu tənlik hissəciklərin ağırlıq qüvvəsinin təsiri nəticəsindən çökməsinin diferensial tənliyidir.

(1.1) tənliyini ümumi halda həll oluna bilməz, buna görə hissəciklərin çökmə sürətini təyin etmək üçün onu kriteriya tənliyinə çevirmək lazımdır.

(1.1) tənliyindən oxşarlıq nəzəriyyəsi metodları ilə kriteriya tənliyini alırıq:

$$Re = A(\psi Ar)^n, \quad (1.2)$$

burada A - əmsəldir;

n – eksperiment yolu ilə təyin edilən göstəricidir.

$$Re = \frac{\nu l \rho_m}{\mu_m} = \frac{\nu l}{\nu} - \text{maye ilə əhatə olunan hissəciyin}$$

hidrodinamik oxşarlığını xarakterizə edən Reynolds kriterisidir.

Ar – ağırlıq və qaldırıcı qüvvələrin fərqi qaldırıcı qüvvəyə nisbətini xarakterizə edən Arximed kriterisidir və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$Ar = g \frac{l}{\nu^2} \cdot \frac{\nu^2 l^2}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_b - \rho_m}{\rho_m} = g \frac{l^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_b - \rho_m}{\rho_m}$$

burada ν - kinematik özlülükdür.

Hissəciklərin mayedə çökmə rejimləri aşağıdakı kimi təyin olunur:

- laminar ($Re \leq 0,2$),
- keçid ($0,2 \leq Re \leq 500$),
- turbulent ($Re > 500$).

Hər bir rejim üçün eksperimental yolla asılılıqlar təyin edilir:

- laminar rejim üçün

$$Re = \frac{1}{18} \psi Ar; \quad Re \leq 1,85 \text{ və ya } \psi Ar < 0,33; \quad (1.3)$$

- keçid rejimi üçün

$$Re = 0,152(\psi Ar)^{0,715}; \quad 1,85 \leq Re \leq 500 \text{ və ya} \\ 33 < \psi Ar < 83 \cdot 10^3; \quad (1.4)$$

- turbulent rejim üçün

$$Re = 1,74(\psi Ar)^{0,5}; \quad Re > 500 \text{ və ya } \psi Ar > 83 \cdot 10^3. \quad (1.5)$$

Reynolds kriterisinin qiymətinə görə hissəciklərin ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında mayedə çökmə sürəti təyin edilir:

$$\nu_0 = \frac{Re \mu_m}{l \rho_m}. \quad (1.6)$$

Laminar hərəkətdə bu (1.3) tənliyində dəyişikliklər etməklə alınan Stoks tənliyi ilə təyin edilə bilər:

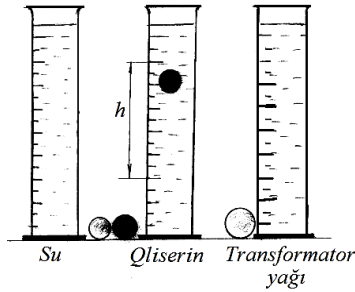
$$\nu_0 = \frac{1}{18} \frac{gd^2(\rho_b - \rho_m)}{\mu_m}, \quad (1.7)$$

burada d - hissəciyin diametridir.

(1.7) tənliyi düz sferik formalı bərk hissəciklər üçündür. Forması düz olmayan hissəciklərin çökmə sürəti aşağı olmaqla formanın faktorundan asılı olur.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Eksperimental qurğu üç şüşə kolbadan ibarətdir (şək.1.1). Kolbalar müxtəlif mayelərlə doldurulur: su, qliserin məhlulu, transformator yağı və ya başqa mayelərlə. Kolbanın yuxarı və aşağı hissələrində hissəciyin h (m) məsafəsinin keçmə vaxtını təyin etmək üçün işarələr vardır.



Şək1.1. Eksperimental qurğu

Hissəciklər qismində müxtəlif materiallardan olan müxtəlif diametrlə küreciklərdən istifadə olunur.

Hissəciyin (küreciyin) hündürlüyü h olan maye sütununda hərəkət müddəti saniyəölçənlə ölçülür.

Eksperimentin aparılması, eksperimental qiymətlərin işlənməsi və hesabının tərtib edilməsi

Eksperimentin əvvəlində küreciklərin materiallarının sıxlığını ρ_b təyin edirik. Bunun üçün onlar analitik tərəzidə çəkilir və onların diametri ştangenpərgar vasitəsilə ölçülür.

Kürəciklərin sıxlığı aşağıdakı tənliklə hesablanır:

$$\rho_b = \frac{M}{V}, \text{ kq/m}^3$$

burada M - kürəciklərin kütləsi, kq;

V - kürəciyin həcmi, m^3 .

Kürəciklər ehtiyatla bir-bir qülləyə salınır və saniyəölçənlə onların işarələrarası məsafəni h keçmə vaxtı təyin edilir.

Termometrə mayenin temperaturu ölçülür və əlavə 7-dən onun fiziki xassələri təyin edilir. Nəzərə almaq lazımdır ki, qliserinin özlülüyü onun konsentrasiyasından asılıdır.

Bərk hissəciklərin (kürəciklərin) h məsafəsini keçmə müddətindən istifadə edərək onların çökmə sürəti tapılır:

$$v_0 = \frac{h}{\tau_0},$$

burada h - qüllədə işarələr arası məsafə, m;

τ_0 - kürəciklərin çökmə müddəti, san.

Hissəciklərin çökməsinin hesabat sürətinin təyini aşağıdakı kimi yerinə yetirilir.

Hissəciklərin məlum diametrlərinə görə Arximed (Ar) kriterisini tapırıq, Ar qiymətinə görə (1.3), (1.4), (1.5) düsturlarının birindən çökmə rejimini təyin edirik, kürəşəkilli hissəciklər üçün $\psi = 1$ qəbul edərək Re kriterisini hesablanır və hissəciklərin çökmə sürəti təyin edilir:

$$v_{oh} = Re \cdot \frac{\mu_m}{d \cdot \rho_b}$$

Təcrübi çökmə sürəti hesabat sürəti ilə $Re = f(Ar)$ tənliyinə uyğun müqayisə edilir.

Kürəciklərin xarakteristikası aşağıdakı kimi təyin edilir:

Kürəciyin diametri $d_k =$

$$\text{Kürəciyin həcmi} \quad V_k = \frac{\pi d^3}{6} =$$

$$\text{Kürəciyin kütləsi} \quad G_k =$$

$$\text{Kürəciyin sıxlığı} \quad \rho = \frac{G_k}{V_k} =$$

Qliserin və transformator yağının özlülüyü və sıxlığı

$$\rho_m = 900 \text{ kq/m}^3, \quad \mu_m = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{san.}$$

Alınan qiymətlər cədvəl şəklində tərtib olunmuş protokola yazılır (cədvəl 1.1).

Cədvəl 1.1

Protokol

№	Hissəciyin xarakteristikası və ölçüsü, d, m	Hissəciyin sıxlığı, ρ_r , kq/m ³	Çökmə müddəti, τ_o , san	Çökmə sürəti (təcrübi) v_o , m/san	Arxi-med(Ar) kriteriyasının qiyməti	Çökmə rejimi	Reynolds(Re) kriteriyasının qiyməti	Çökmə sürəti (hesabat) v_o , m/san
Distillə olunmuş su								
1								
2								
3								
Qliserin məhlulu								
1								
2								
3								
Yağ								
1								
2								
3								

Qliserin məhlulunun sıxlığı aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$\frac{1}{\rho_m} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2},$$

burada x_1 və x_2 – su və qliserinin kütlə payları;

ρ_m, ρ_1, ρ_2 - məhlulun, suyun və qliserinin sıxlıqları.

Yoxlama sualları

1. Hansı qeyri yekcins sistemləri çökdürmə yolu ilə ayırırlar?
2. Çökmə kinetikasını ifadə edən kriteri tənlikləri hansılardır?
3. Reynolds kriterisi Re nəyi xarakterizə edir?
4. Arximed kriterisi Ar nəyi xarakterizə edir?
5. Çökmə sürəti necə təyin edilir?
6. Çökdürücülərin hesabı nədən ibarətdir?
7. Çökməni intensivləşdirmə üsulları hansılardır?

Laboratoriya işi № 2

Səpələnən materialların fiziki-mexaniki xassələrinin tədqiqi

Məqsəd: səpələnən materialların eksperimental tədqiqi. Laboratoriya işinin yerinə yetirilməsi nəticəsində səpələnən materialların fiziki-mexaniki xassələrinin təyin etmə metodikasının öyrənilməsi.

Səpələnən materialların fiziki-mexaniki xassələrinin təyini

1. Səpələnən materialların həcmi kütləsini təyin edək;
2. Səpələnən materialların ölçü xarakteristikasının qurulması (bütöv dənələr);
3. Səpələnən materialların sıxlığının təyin edilməsi;
4. Səpələnən materialların qarışıqlarının sıxlığının təyin edilməsi;

5. Yekcins səpələnən materialların məsaməliyinin təyin edilməsi ;
6. Səpələnən materiallar qarışığının həcmi kütləsinin təyin edilməsi;
7. Səpələnən materiallar qarışığının məsaməliyinin təyin edilməsi.

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

İşi yerinə yetirmək üçün aşağıdakı avadanlıqlar nəzərdə tutulur:

- 1) Tərəzi ;
- 2) Litrlük qab;
- 3) 200 ml həcmli ölçü silindri;
- 4) Ştangenpərgar;
- 5) Ələklər dəsti.

Laboratoriya işində səpələnən material qismində bütöv və xırdalanmış dənərdən istifadə olunur.

1. Litrlük qab vasitəsilə xırdalanmış dənələrin həcmi kütləsinin təyin edilməsi (şəkl.2.1). Hazırlanmış qaba dənə doldurulur. Qabın həcmi 1l (dm³) təşkil edir. Dənə dolu qabı çəkərək dənənin həcmi kütləsini tapırıq.

Təcrübəni 3 dəfə təkrar edirik. Alınan qiymətləri cədvəl 2.1-ə yazırıq.

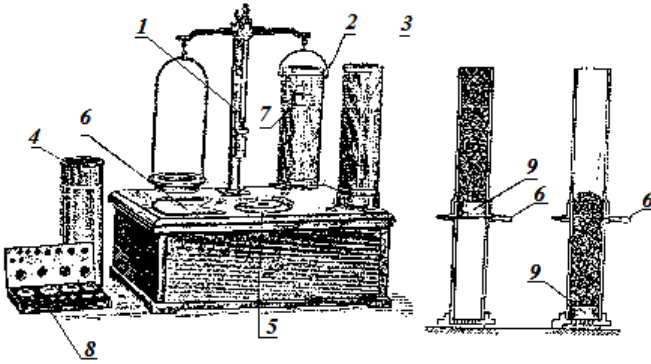
2. Dənələrin ölçü xarakteristikası dənənin əsas ölçüsünü ölçməklə (uzunluğunu, qalınlığını, enini) ştangenpərgah və ya ələklər dəsti vasitəsilə yerinə yetirilir. Ölçmələrin nəticələri (100 dənə üçün) cədvələ yazılır. Dənələri 10...12 sifə ayıraraq verilən intervalda yerləşən dənələrin miqdarı və ya çəkisi tapılır. Alınan qiymətlər əsasında dənələrin ölçülərə görə paylanma histoqramı qurulur. Orta çəki kəmiyyəti və orta kvadratik meylectmə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$a_{or} = \frac{\sum a_i \cdot n_i}{N}, \quad (2.1)$$

burada a_i - sinfin dənlərinin orta ölçüsü;
 n_i - həmin sinfdə dənlərin miqdarı;
 N - ölçmələrin ümumi miqdarı.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (a_{or} - a_i)^2 \cdot n_i}{N}}, \quad (2.2)$$

burada σ – orta kvadratik meyletmə.
 Alınan qiymətlər əsasında gistogram qurulur.



Şək.1. Dənlərin həcmi kütləsinin təyin edilməsi üçün avadanlıq:

1 – tərəzi; 2 – ölçü qabı; 3 – doldurucu; 4 – silindr; 5 – ölçü qabı yerləşdirmək üçün yer; 6 – bıçaq; 7 – bıçaq taxmaq üçün yarıq; 8 – tərəzi daşları; 9 – düşən yük

3. Dənlərin sıxlığının təyin edilməsi. Dənin sıxlığını ölçmək üçün 100 dənin çəkisi 0,1 q dəqiqliyi ilə təyin edilir. Sonra 200 ml ölçü qabına 100 ml benzin tökülür. Bu qaba çəkisi məlum olan dənələr tökülərək mayenin səviyyəsi qeyd olunur. Alınan həcm dənələrin həcminə uyğundur. Alınan qiymətlər düstur (2.3)-də yerinə yazılaraq dənələrin sıxlığı tapılır:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.3)$$

burada ρ - dənələrin sıxlığı, q/sm³;
 m - dənələrin çəkisi, q;
 V - dənələrin həcmi, sm³.

Dənin ekvivalent diametri d_d kürənin diametri kimi hesablanır:

$$d_d = \sqrt[3]{\frac{6V_d}{\pi}}, \quad (2.4)$$

Təcrübənin qiymətləri 3 dəfə hesablanır və alınan qiymətlər hesabatda qeyd edilir.

4. Bütöv dənin məsaməliliyinin təyini. Səpələnən materialın məsaməliyi materialın boşluqlarının həcmnin materialın həcminə nisbəti olub aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\varepsilon = \frac{V_b}{V_d}, \quad (2.5)$$

burada V_b - boşluqların həcmi, m³;
 V_d - səpələnən materialın həcmi, m³.

Boşluqların həcmi V_b təyin etmək üçün əvvəlcə boşluqlar nəzərə alınmadan səpələnən materialın hissəciklərinin həcmi və sıxlığı tapılır (100 dən üçün yuxarıda qeyd edilən üsulla). Boşluqların həcmi aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$V_b = V_m - V_h \quad (2.6)$$

5. Səpələnən materiallar qarışığını tutuşdurduqda əsas materialda qarışıqların (xırdalanmış dənin) kütlə payını seçmək lazımdır. Sonra tərəzi vasitəsilə tələb olunan komponentlərin miqdarı (bütöv və xırdalanmış dənələr) çəkilərək germetik qabda silkələnərək qarışdırılır.

Qarışığın sıxlığını təyin etdikdə ondan müəyyən miqdarda nümunə götürülür.

Ölçmələr 3 dəfə aparılır. Ölçmələrin nəticələri cədvəl 2.1-də qeyd edilir.

Səpələnən materialların fiziki-mexaniki xassələri

Göstəricilər	Material	
	Bütöv dən	Xırdalanmış dən
1. Həcmi, sm ³		
2. Kütləsi, q		
3. Kütlə həcmi, q/sm ³		
4. 100 ədəd dənin kütləsi, q		
5. Xırdalanmış dənin kütləsi, q		
6. Sıxlıq, q/sm ³		
7. Məsaməlik		

İşin sonunda dənə müxtəlif əlavələr daxil etdikdə onun fiziki - mexaniki xassələrinin dəyişməsi barədə nəticə çıxarılır.

Yoxlama sualları

1. Səpələnən materialın həcmi kütləsi onun sıxlığından nə ilə fərqlənir?
2. Səpələnən materialın məsaməliyi necə təyin edilir?
3. Səpələnən materialın hissəciklərinin orta kvadratik meyletməsi ni nə xarakterizə edir?
4. Bütöv dənlərə xırdalanmış dənlər əlavə edəndə qarışıqın həcmi kütləsi necə dəyişir?

Laboratoriya işi № 3**Separatorlar**

Məqsəd: xamaayırcı separatorun təyinatının, quruluşunun və iş prinsipinin öyrənilməsi.

Ümumi məlumatlar

Süd separatorları təyinatına görə xamaayıranlara və südtəmizləyicilərə, normallaşdırıcılara və dəyişdirilən barabanlı univer-

sal separatorlara ayrılır. Südün verilməsinə, məhsulların ayrılmasına görə isə separatorlar açıq, yarımaçıq və qapalı olurlar.

Boşqablı separatorlar emulsiyaları və suspenziyaları ayırmaq üçün nəzərdə tutulur. Bu aparatların rotorunda konusvari boşqabların quraşdırılması hesabına maye axını çoxlu sayda nazik laylara ayrılır, laminar axın rejimini təmin edir və çökmə yolunu azaldır.

Boşqablı separator polad korpusdan, konusdan, boşqab tutucudan, konusvari boşqablar dəstindən, ayrılan məhsulları yığmaq üçün çənlərdən və s. ibarətdir.

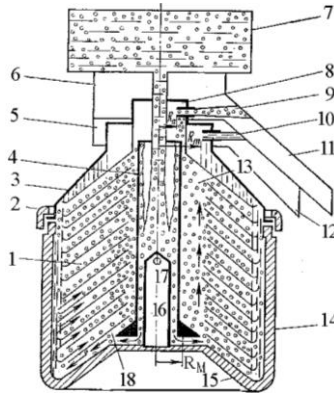
Müxtəlifcinsli məhlul qəbuledicidən keçərək, tərpənməyən boru vasitəsilə barabanla birləşən fırlanan mərkəzi boruya daxil olur və alt hissəyə tökülən maye mərkəzdənqaçma qüvvəsi təsirindən kənarlara sıxılır. Mayenin sonrakı yolu boşqabların konstruksiyasından asılı olur. Məsələn, südayırıcı separatorlarda boşqablarda hər 120°-dən bir dəşiklər (yarıq) yerləşir. Maya separatorlarında dəşik olmur.

Dəşikli separatorada boşqablar dəsti elə yığılır ki, dəşiklər üst-üstə düşür və nəticədə üç şaquli kanal əmələ gəlir. Üst boşqabda dəşik olmur. Boşqabların iç tərəfində 120°-dən bir, hündürlüyü 0,3...0,4 mm olan çıxıntılar yerləşir. Boşqablar bir-birinin üzərində elə yerləşir ki, onların arasında çıxıntının hündürlüyünə bərabər araməsafəsi qalır (şək.3.1).

Məhlul şaquli kanallarla (yarıqlarla) qalxaraq mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsirindən boşqabların arasında paylanır. Boşqablararası məsafədə mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsirindən ağır komponent barabanın kənarına tərəf, yüngül komponent isə mərkəzə tərəf yönəlir. Bunun nəticəsində boşqablararası yarıqda iki əks istiqamətli axın yaranır: a) alt boşqabın xarici səthi ilə fırlanma oxuna tərəf yönələn yüngül məhsul axını; b) boşqabın daxili səthi ilə kənarlara tərəf yönələn ağır məhsul axını.

Məhsul konusvari boşqablarla hərəkət etdikdə dispers fazanın hissəcikləri bir laydan digərinə keçir, bu səbəbdən də layların konstruksiyası və qalınlığı müxtəlif olur. Mərkəzi borunun yaxın-

lıgında yüngül komponent deşiklərdən bölüşdürücü boşqabın altına keçir, sonra mərkəzi boru və bölüşdürücü boşqabın silindrik qurtaracağında yerləşən həlqəvi deşikdən çənə yığılır və buradan da qəbulediciyə axıdılır. Korpusun divarlarına yönələn ağır məhsul yuxarı qalxır və bölüşdürücü boşqabın xarici səthi ilə konusvari qapağın arasına dolur, sonra yığıcı çənə verilərək oradan da çıxarılır.



Şək.3.1. Boşqablı separatorun sxemi:

1-boşqablar; 2-həlqə; 3-konus; boşqablar; 2-həlqə; 3-konus; 4-mərkəzi borucuq; 5, 6-ayrılan məhsullar üçün çən; 7-qəbuledici çən; 8-borucuq; 9, 10-ayrılan məhsulları çıxarmaq üçün deşiklər; 11, 12-çıxarma qısaboruları; 13-kanallar; 14-polad korpus; 15- dib; 16-qalılı divarlı boru; 17-deşik; 18-boşqab tutucu

Separator barabanının yığılma sxemi şəkil 3.2-də verilir.

Çökdürücü aparatlarla müqayisədə separatorlar aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

1) separatorun fırlanma tezliyi orta hesabla 5000...6000 dövr/dəq, barabanların diametri 250...300 mm olduğundan onların mərkəzdənqaçma təcili min dəfələrlə qravitasiya təcilindən çox olur, yəni çökmə sürəti də min dəfələrlə artıq olur. Belə ki, süd separatorlarında rotorun radiusu $R_2=64$ və $R_1=155$ mm, fırlanma tezliyi $n=6000$ dövr/dəq olduqda hissəciklərin çökmə sürəti çökdürücünün çökmə sürətindən 4000 dəfə çox olacaqdır.

2) separatorlarda çökmə səthinin nisbətən çox olması boşqabların miqdarının çox olması və araməsafəsinin kiçik olması ilə təmin olunur. Belə böyük səth separatorların yüksək məhsuldarlığını təmin edir. Separatorların tutduğu sahə min dəfələrlə çökdürücülərin tutduğu sahədən kiçik olur. Bundan başqa separatorlarda ayırma prosesi həm tez, həm də steril şəraitdə baş verir.

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

1. Separatorun ümumi quruluşunun öyrənilməsi. Xama ayırıcı separatorun xüsusiyyətlərinin qeyd edilməsi.

2. Separatorun barabanını sökməsi və onun quruluşunun öyrənilməsi.

3. Sxemdən istifadə edərək şaquli valın quruluşunun öyrənilməsi.

4. Separatorun barabanını çıxarmaq, qaykasını açmaq, qapağını, ayırıcı boşqabı, aralıq boşqablarını, boşqabtutucunu və kipləşdirici həlqəni çıxarmaq. Çıxarılan hissələrin konstruksiyasını nəzərdən keçirmək. Separator barabanında südün ayrılma prinsipinin və xamanın yağıllığının nizamlanmasının öyrənilməsi.

5. Təhlükəsizlik texnikası və separatorun istismar qaydaları ilə tanış olmaq.

6. Separatorun işə hazırlanması.

7. Müəllimin nəzarəti ilə qəbul çənini çıxararaq separatoru işə salmaq və barabanın düzgün fırlanmasını yoxlamaq. Üstdən

8. Barabanın işçi fırlanma tezliyinə çatma müddətinin yoxlanılması. Bu müddət 1...4 dəq təşkil etməlidir.

9. Süddən alınan xamanın və üzsüz südün miqdarının hesablanması aşağıdakı düsturla yerinə yetirilir:

$$G_x = \frac{G_s(Y_s - Y_{ü.s.})}{Y_x - Y_{ü.s.}},$$

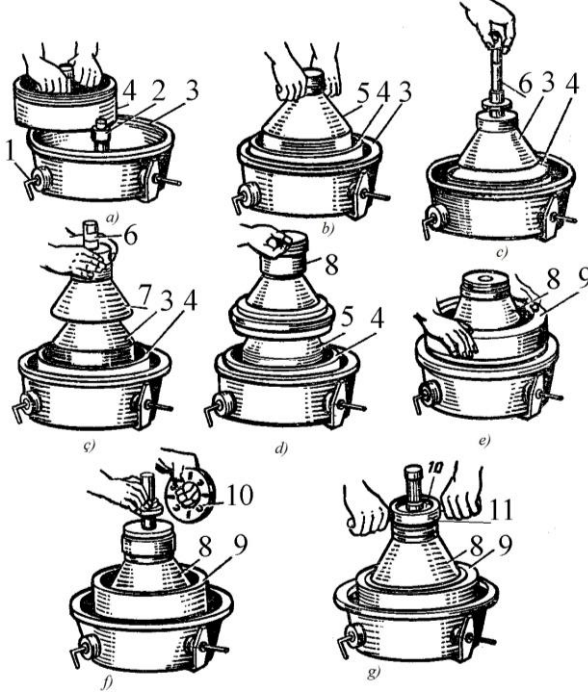
burada Y_s, Y_x - uyğun olaraq südün və xamanın yağıllığı, %;

G_s - separatora verilən südün miqdarı, kq;

$Y_{ü.s.}$ - üzsüz südün yağlılığıdır, $Y_{ü.s.} = 0,04\%$ qəbul edirik.

Hesablamalar dəftərə qeyd edilir.

Baxanda baraban saat əqrəbi istiqamətində fırlanmalıdır.



Şək.3.2. Separator barabanının yığılma sxemi:

a - barabanın özülünün oxu oturdulması; *b* - boşqablar dəstinin yerləşdirilməsi; *c* - mərkəzi borucuğun yerləşdirilməsi; *ç* - ayırıcı boşqabın yerləşdirilməsi; *d* - barabanın qapağının yerləşdirilməsi; *e* - böyük həlqənin burularaq yerləşdirilməsi; *f* - üzsüz süd qəbul edən boşqabın yerləşdirilməsi; *g* - kiçik sıxıcı həlqənin taxılması; 1- dayandırıcı; 2 - ox; 3 - özül; 4 - barabanın özülü; 5- boşqablar dəsti; 6 - mərkəzi borucuq; 7 - ayırıcı boşqab; 8 - qapaq; 9, 11- həlqə; 10- üzsüz süd qəbul edən boşqab.

10. 1 kq xama almaq üçün tələb olunan südün miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$G'_s = \frac{Y_x - Y_{ü.s.}}{Y_s - Y_{ü.s.}}, \quad G'_s = \frac{G_s}{G_x}.$$

Əgər $G'_s = 6,5$ qəbul etsək, onda xama və üzsüz südün nisbəti 1:5,5 olacaqdır.

11. Xamanın çıxımını nizamlamaq üçün separatora 5...6 kq süd verilir, xama ayrılmağa başlayanda (2...3 dəqiqə sonra) ölçmələr aparılır, sonra xama və üzsüz süd arasındakı nisbət təyin edilir. Əgər işçi və faktiki nisbətlər üst-üstə düşürsə, separasiya davam etdirilir, əgər işçi nisbət hesabat nisbətindən kiçikdirsə, onda nizamlayıcı vint bağlanılır, əgər işçi nisbət hesabat nisbətindən böyükdürsə, onda separasiya axıra kimi aparılır, sonra xamaya nisbət uyğunlaşana qədər üzsüz süd əlavə edilir.

12. İş başa çatdıqda aşağıdakıları yerinə yetirmək lazımdır: separatoru dayandırmadan barabandan 2...3 kq üzsüz süd, sonra 4...5 kq isti su keçirmək ki, separator xamadan təmizlənsin, separator barabanından bir neçə kq soyuq su (15...18⁰C) keçirmək lazımdır. Elektrik mühərrikini söndürmək; separatorun qəbul-çıxış qurğusunu sökmək, yumaq və qurutmaq və separatoru yığmaq.

Yoxlama sualları

1. Separatorun təyinatı nədən ibarətdir?
2. Separator təsnifatına görə hansı qruplara ayrılır?
3. Süd təmizləyən və xamaayıran separatorların fərqi nədədir?
4. Xamaayıran separatorun əsas işçi orqanları hansıdır?
5. Süddən xamanın çıxımı necə nizamlanır?
6. 1 kq xamanı almaq üçün nə qədər süd tələb olunur?

Laboratoriya işi № 4

MB-6 mikserin (çalan maşının) işinin öyrənilməsi

Məqsəd: MB-6 mikserin konstruksiyasının, quruluşunun və iş prinsipinin öyrənilməsi.

MB-6 mikserin (çalan maşının) quruluşu və işi

Maşının əsaslı və konsollu hazırlanan tökmə korpusu 1 var. Burada sürüngəcə quraşdırılan elektrik mühərriki 13, pazvari qayış ötürməsi (variator), silindrik 9 və konuslu 7 reduktor və planetar ötürücü yerləşdirilir. Elektrik mühərrikinin çıxış valında qasnaq 17 yerləşdirilir. O, çalan maşının intiqalının 11 aparıcı valında yerləşən qasnaqla pazvari qayış vasitəsilə birləşir (şək4.1).

Hərəkətli qasnaq iki kəsik konusdan ibarətdir. Bunlardan biri hərəkətsiz, digəri isə yay 12 vasitəsilə sıxılan hərəkətlidir. Çalanın fırlanma tezliyini dəyişmək üçün elektrik mühərriki dəstək 14 və vintli çarxlar 15 vasitəsilə hərəkətə gətirilir. Bu zaman çarxların mərkəzlər arası məsafəsi dəyişir, iki hissədən ibarət aparan çarx uyğun olaraq aralanır və ya yaxınlaşır, qayış onun işçi səthinin başqa diametrini tutur.

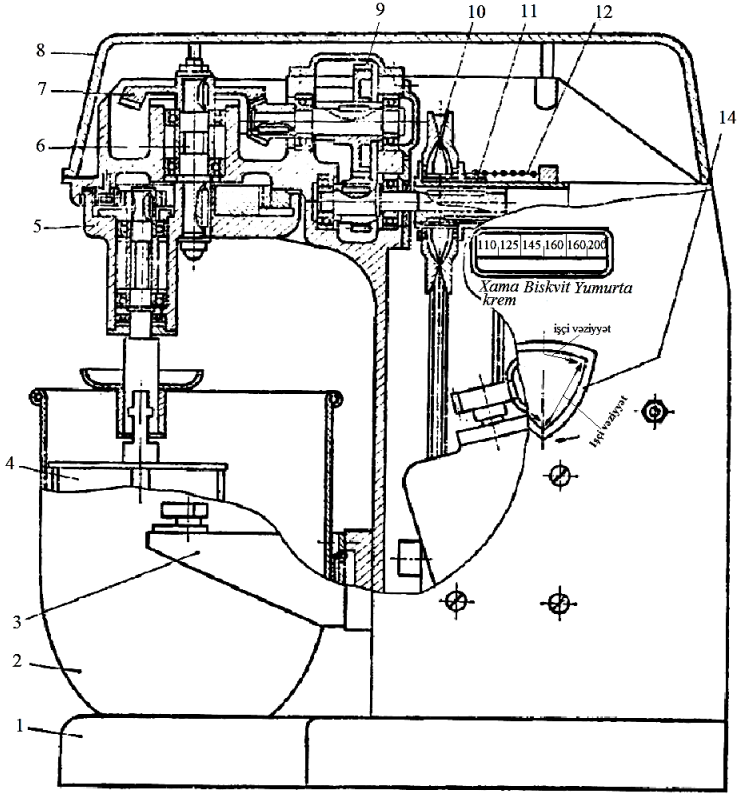
Sürətlər variatorundan hərəkət silindrik və konuslu reduktorlardan şaquli vala 6, valdan isə çalana ötürülür. Üstdən və arxadan korpus qapaqlarla örtülür. Ön divarda çənin 2 kronşteyni 3, daxili yan divarda isə maqnit buraxıcı bərkidilir.

Maşının istifadə qaydaları

Maşın işə salınmazdan əvvəl onun sanitariya təmizliyi yoxlanılır. Sonra məhsul çənə yüklənir və ora dəyişdirilən ucluqlu çalan yerləşdirilir. Çalan planetar mexanizmin çıxış valında quraşdırılır.

Maşın işə salındıqdan sonra xüsusi dəstək vasitəsilə çalmağa tələb olunan sürət qoyulur. Sürəti artırmaq üçün dəstəyi saat əqrəbi istiqamətində fırlatmaq lazımdır.

Maşının işləməsi zaman çənə məhsul əlavə etmək və çalan tam dayanmamış çəni çıxarmaq qəti qadağandır. İş başa çatdıqda çalan və çən məhsuldan təmizlənir və qaynar su ilə yuyulur, maşının korpusu isə təmiz dəsmalla silinir.



Şək.4.1. MB-6 markalı çalan maşın

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

1. Çalan maşının sxeminin çəkilməsi və quruluşunun öyrənilməsi.
2. MB-6 maşının iş prinsipinin öyrənilməsi.
3. MB-6 çalan maşının istismar qaydalarının öyrənilməsi.
4. Maşının nasazlıqlarının və onların aradan qaldırma üsullarının öyrənilməsi (cədvəl 4.1).
5. Maşının işə salınması və boş gedişdə işlədilməsi.
6. İş bitdikdə maşının söndürülməsi.

Nasazlıqlar və onların aradan qaldırma üsulları

Nasazlıqlar	Səbəbləri	Aradan qaldırma üsulları
Mühərrik işə salındıqda çalan işləmir	Variatorun qayışının tarımlılığı pozulub (boşalıb)	Maşını saxlamaq, qapağı çıxarmaq, variatorun qayışının tarımlılığını nizamlamaq
Çalanın sürətinin faktiki sürətə uyğun gəlməməsi	Variatorun qayışı genişlənib	Qatışın tarımlılığını nizamlamaq və ya yenisi ilə əvəz etmək

Yoxlama sualları

1. MB-6 çalan maşınının təyinatı nədən ibarətdir?
2. Maşının istifadə sahəsini izah edin.
3. MB-6 çalan maşın hansı hissələrdən ibarətdir?
4. MB-6 çalan maşının iş prinsipi nədən ibarətdir?
5. MB-6 çalan maşın necə düzgün və təhlükəsiz istismar edilir?
6. Çalan maşının istismarında hansı nasazlıqlar yarana bilər?

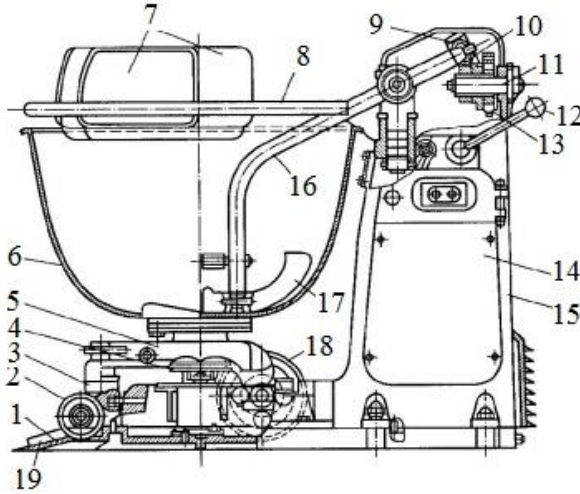
Laboratoriya işi № 5**TMM-1M xəmir yoğuran maşının işinin öyrənilməsi**

Məqsəd: TMM-1M xəmir yoğuran maşının konstruksiyasının, quruluşunun və iş prinsipinin öyrənilməsi.

Xəmir yoğuran maşının quruluşu

Maşın özüldən, köynəkdən, plitənin təməmindən, elektrik mühərrikindən, ötürücü mexanizmlərdən, yoğuran pərli lingdən və hərəkət edən arabadan ibarətdir (şək.5.1). Plitədə sonsuz vintli reduktor 23 bərkidilir. Reduktorun valı elektrik mühərrikinin 14

valı ilə işkil vasitəsilə birləşdirilir. Sonsuz vint çarxının valından hərəkət iki istiqamətdə ötürülür. Valın bir tərəfinə zəncir ötürməsinin ulduzcuğu bərkidilir, digər tərəfi isə hərəkətli olub aralıq valı vasitəsilə hərəkəti ikinci sonsuz vint reduktoruna 21 ötürür. Xəmir çəninin 6 fırlanması ikinci reduktorun diski 4 ilə yerinə yetirilir. Pərli xəmir yoğuran ling 16 iki qola ayrılır: qısa və 118^0 bucaq altında olan uzun qol. Yoğuran lingin qolları fırlandıqda konusvarı hərəkət edir. Hər iki konusun ucları lingin dayaq nöqtəsində yerləşir. Dayaq nöqtəsi və ya fırlanma mərkəzi oynaqdan 24 ibarətdir. Xəmirin yaxşı hərəkət etməsi üçün pərin fırlanma oxu xəmir çəninin oxuna nəzərən bir qədər kənardadır.



Şək.5.1. TMM-1M xəmir yoğuran maşın:

1-plitə; 2,18-təkərlər; 3-hərəkət edən araba; 4-disk; 5-köynək; 6-xəmir çəni; 7-sipərlər; 8-ling; 9-yastıq; 10-sürgüqolu; 11-ox; 12-dəstək; 13-ulduzcuq; 14- elektrik mühərriki; 15-çərçivə; 16-yoğuran ling; 17- pər; 19-pedal

Maşın növbə ilə dəyişən üç xəmir çəni ilə təchiz olunur. Araba üç silindrik millə plitədə fiksasiya edilir və fırlanan təkərlərlə təchiz olunur. Çənin hərəkətinə mane olmaması üçün yoğu-

ran ling elektrik mühərrikin 14 valına bərkidilən nazim çarx 25 vasitəsilə əl ilə qaldırılır. Yoğrulma zamanı xəmirin çəndən çıx-maması üçün maşının çatısına linglə 8 xüsusi oynaqlı məhdudlaş-dırıcı sipərli karkas birləşdirilir. Məhdudlaşdırıcı sipərlər xüsusi dəstək vasitəsilə əl ilə qaldırılır. Yoğurma zamanı sipərlər aşağı salınaraq çəni sıx tutur. Sipərlər qaldırılanda maşında olan blokla-yıcı sistem vasitəsilə intiqal söndürülür.

Maşının iş prinsipi

Reduktor və zəncir ötürməsi vasitəsilə eyni vaxtda həm xəmir yoğuran ling və həm də çən elektrik mühərrikindən hərəkət alır. Çənin və xəmir yoğuran lingin əks istiqamətdə fırlanmaları hesabına yüklənən məhsul intensiv qarışdırılır və hava ilə doymuş yekcins məhsul alınır.

Xəmir yoğuran maşının istismarı

Xəmir çəni çuğun plitəyə yoğuran lingin qaldırılmış halında sürülürək yerləşdirilir. Xəmir yoğuran ling və sipərlər aşağı salı-nır. Təhlükəsizlik texnikası və əmək mühafizəsi qaydalarına riayət olunur. Maşın məhsulla yüklənib işə salınır. Maşın işləyən zaman çənə tərəf əyilmək və nümunə götürmək qadağandır.

Çənin yüklənmə norması: maye xəmir çənin 80-90% həcmi qədər; bərk xəmir çənin 50% həcmi qədər. Qarışdırma müddəti hazırlanan xəmirin növündən asılıdır. Belə ki, şəkərli xəmirinin hazırlanmasında undan başqa bütün məhsullar maşına yüklənir və 25 dəqiqə qarışdırılır, sonra un əlavə olunur və daha 2-3 dəqiqə yoğrularaq yekcins məhsul əldə olunur. Burada yoğurma müddəti-ni artırmaq olmaz, çünki bu unun yapışqanlığının artmasına gəri-rib çıxarır. İş bitdikdə maşın dayandırılır, yoğuran ling və qoruyu-cu sipərlər qaldırılır, pedal sıxılır və çən çuğun plitədən sürüşdü-rülərək çıxarılır. Sonra maşının sanitar təmizlənməsi aparılır. Ma-

şının bütün işçi orqanları fırça ilə təmizlənilir, ilıq su ilə yuyulur və maşının üzəri nəm və sonra quru dəsmalla silinir.

Nasazlıqlar yarandıqda işlək maşın dayandırılmalı, elektrik cərəyanından ayrılmalı və usta çağırılmalıdır.

İşin yerinə yetirmə ardıcılığı

1. Xəmir yoğuran maşının əsas hissələri ilə tanış olmaq və onun sxemini çəkmək.
2. Sxemə uyğun olaraq onun hissələrinin ardıcıl işini təyin etmək.
3. TMM-1M xəmir yoğuran maşının iş prinsipinin öyrənilməsi.
4. Xəmir yoğuran maşının istismar qaydalarının öyrənilməsi.

Yoxlama sualları

1. TMM-1M xəmir yoğuran maşının təyinatını və istifadə sahəsini izah edin.
2. Maşının əsas hissələri hansılardır?
3. Xəmir yoğuran maşında xəmirin yoğrulma müddəti nədən asılıdır?
4. TMM-1M xəmir yoğuran maşının istismarı necə həyata keçirilir?

Laboratoriya işi № 6

Qurutma kinetikasının öyrənilməsi

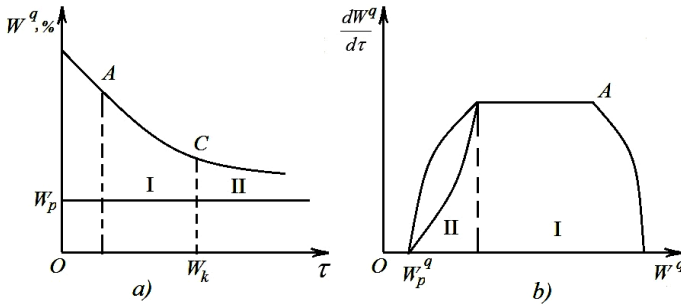
Məqsəd: a) $W = f(\tau)$; b) $\frac{dW}{d\tau} = f(\omega)$ asılılıqlarının eksperimental təyini. Materialın qurutma əyrisinin və qurutma sürətinin qurulması.

Ümumi məlumatlar və prosesin nəzəriyyəsi

Qurutma prosesinin kinetikasi dedikdə materialın nəmlik tutumunun və temperaturunun zaman keçdikdə dəyişməsi nəzərdə tutulur. Materialın daxilində və səthində nəmlik tutumu proses ərzində müxtəlif olduğundan, adətən orta inteqral kəmiyyətlərindən istifadə olunur.

Mühəndis hesablatları üçün daha etibarlısı eksperimental yolla alınmış qurutma kinetikasının əyrisidir.

Əvvəlcə qiymətlər materialda nəmliyin azalması şəklində götürülür. Ölçülən qiymətlərlə materialın nəmlik tutumunun zamandan və qurutma sürətinin isə materialın nəmlik tutumundan asılılıqları hesablanır və qurulur. Qurutma kinetikasının əyriləri şəkil 6.1- də verilir.



Şək. 6.1. Qurutma kinetikasının əyriləri:

a) qurutma əyrisi; b) qurutma sürətinin əyrisi

Qurutma prosesinin tam tsikli bir neçə mərhələdən ibarətdir. İlk mərhələdə material qızdırılır və buxarlanma intensivliyi artır. Qızdırma mərhələsinin müddəti qurutma prosesinin müddətinə nisbətən azdır və hesabatlarda nəzərə alınmır.

Materialın temperaturu nəm termometrin temperaturuna çatdıqda materialın üzərində nəmliyin buxarlarının təzyiği mayenin doymuş buxarlarının təzyiqinə çatır və materialın nəmliyi onun hiqroskopik nəmliyinə bərabər olana kimi sabit qalır (sahə I).

Qurutmanın birinci dövründə qurutma sürəti və temperaturu sabit qalır. Bu dövr üçün kinetik qanun aşağıdakı tənliklərlə ifadə olunur:

$$U = \beta_p f (P_{doy} - P) \tau$$

və ya

$$U = \beta_x f (x_{doy} - x) \tau$$

burada U - buxarlanan nəmliyin miqdarı, kq;

f - faza kontaktının (təmasının) səthi, m²;

x_{doy} , x - uyğun olaraq doymoş havanın materialın səthində olan temperaturda nəmlik tutumu və havanın həqiqi nəmlik tutumu, kq/kq;

β_x , β_p - kütləvermə əmsalları, kq/(m²·san), kq/(m²·san·Pa) ;

P_{doy} , P - materialın üzərində və havadaa nəmlik buxarının təzyiqi, Pa.

Materialın üzərində nəmlik hiqroskopik nəmlikdən aşağı olduqda onun üzərində nəmlik buxarının təzyiqi azalır və qurutma sürəti azalmağa başlayır, materialın temperaturu isə artır (sahə II). Sabit qurutma sürəti dövrünün azalan sürət dövrünə (ikinci) keçməsi C və W_k^q kritik adlanan nöqtələrlə xarakterizə olunur. Bu dövrdə qurutma sürətinin dəyişmə xarakteri və materialın temperaturu materialın daxili strukturundan və nəmliyin materialla bağlanma (əlaqə) formasından asılıdır.

Material tarazlı nəmlik tutumuna çatdıqda materialın üzərindəki nəmlik buxarının təzyiqi mühitin nəmlik buxarının təzyiqinə bərabər olur və quruma dayanır.

İkinci dövr üçün kinetik qanunun sadələşmiş halı aşağıdakı kimi yazılır:

$$\frac{dW}{d\tau} = K(W^q - W_p^q),$$

burada K - qurutma əmsalı, san^{-1} ;

W^q - verilən anda materialın nəmlik tutumu τ , kq/kq ;

W_p^q - materialın tarazlı nəmlik tutumu, kq/kq .

Qurutma əmsalını aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$K = \frac{\ln(W_1^q - W_p^q) - \ln(W_2^q - W_p^q)}{\tau_2 - \tau_1},$$

burada W_1^q, W_2^q - τ_1 və τ_2 zamanı üçün materialın uyğun nəmlik tutumu.

K əmsalı bilavasitə qrafikdən düz xəttin maillik bucağının tangensi kimi də təyin oluna bilər.

Beləliklə laboratoriya şəraitində materialın qurutma kinetikasının eksperimental tədqiqindən alınan nəticələr sənaye quruducularında qurutma müddətini və sürətini hesablamağa imkan verir.

Eksperimental qurğunun quruluşu

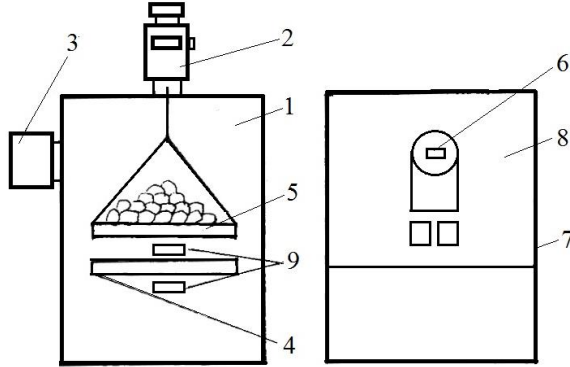
Avtomatik temperatur nizamlayıcılı infraqırmızı quruducu şkafların tədqiqatı üçün stend şəkil 6.2 - də verilir.

İnfraqırmızı quruducu şkaflar infraqırmızı şüalandırıcıdan 4 (3-ə dək, şkafların yaruslarında yerləşir), aralarında yerləşən məhsul üçün altlıqda, avtomatik temperatur nizamlayıcısı 3 ilə birləşən temperatur vericilərindən 9 ibarətdir.

Laboratoriya tərzisi 2 məhsulun qurutma prosesində kütləsini ölçmək üçün nəzərdə tutulub.

Elektrik enerji sayğacı 6 enerji sərfini hesablamaq üçün nəzərdə tutulub.

İdarəetmə pultu 8 qurutma prosesində ölçmələr aparmaq üçün nəzərdə tutulub. Onun üzərində müvafiq keçiricilər, temperatur və gərginlik ölçmək üçün multimetr yerləşir.



Şək.6.2. İnfraqırmızı quruducu şkaflın energetik xarakteristikalarını göstərmək üçün stend:

1-İnfraqırmızı şkafl; 2-laboratoriya tərəzi; 3-avtomatik temperatur nizamlayıcısı; 4-İnfraqırmızı şüalandırıcıları; 5-ölçmə meydançası; 6-elektrik enerji sayğacı; 7-dirək; 8-idarəetmə pultu; 9-temperatur vericiləri

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

Əvvəlcədən çəkisi təyin edilmiş nəm material kasetə yığılaraq şkaflın içərisində yerləşən və tərəzi ilə birləşən qarmağa asılır.

Kaset şaquli yerləşdirildikdən sonra quruducu və ventilyator işə salınır, bu andan təcrübənin vaxtı qeyd olunur.

Materialın kütləsinin dəyişməsi tərəzinin şkalasına əsasən hər 10 dəqiqədən bir qeyd olunur və protokola yazılır (cədvəl 6.1).

Təcrübənin nəticələrinin işlənməsi

İlk anda və hər bir sonrakı anlarda nəmliyin kütləsi ilkin kütlədən qurudulmuş materialın kütləsini çıxmaqla tapılır:

$$G_n = G - G_q$$

Bundan sonra nəmlik aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$W^q = \frac{G_n}{G_q} \cdot 100\%$$

Alınan qiymətlərlə W^q , % və τ , dəq. Koordinatlarında qurutma əyrisi qurulur.

Sürət vahid zamanda materialın nəmliyinin dəyişməsinin birinci törəməsi olduğundan, yəni həndəsi olaraq nöqtəyə çəkilən toxunanın mailik bucağının tangensi olduğundan qurutma sürəti əyrisini qurmaq üçün qurutma əyrisinin bir neçə nöqtələrinə toxunanın mailik bucağını təyin etmək lazımdır. Bu yolla alınan qiymətlərlə $\frac{dW^q}{d\tau} \cdot (tg\alpha)$; W^q , % koordinatlarında qurutma sürətinin əyrisi qurulur.

Cədvəl 6.1

Materialın kütləsinin dəyişməsi

№	Ölçmələrin vaxtı	Nəm materialın kütləsi, G , q.	Kütlənin azalması, ΔG , q.	Nəmliyin kütləsi G_n , q.	Materialın nəmliyi, W^q , %	t_q , °C	t_n , °C
1	2	3	4	5	6	7	8

Yoxlama sualları

1. Qurutmanın birinci və ikinci dövrünün xarakteristikasını verin.
2. Qurutmanın birinci dövrün hərəkətedici qüvvəsi nədir?
3. Qurutmanın ikinci dövrün hərəkətedici qüvvəsi nədir?
4. Qurutmanın birinci dövrdə kinetik qanunu necə yazılır?

Laboratoriya işi № 7

Məhsulların kəsilmə üsullarının öyrənilməsi

Məqsəd: məhsulların doğranma və sürüşdürmə ilə kəsmə üsullarının öyrənilməsi.

Məhsulların kəsilmə üsulları

Kəsmə prosesini yerinə yetirmək üçün məhsulun və kəsici alətin nisbi hərəkəti baş verməlidir. Ümumi halda bu hərəkət şərti olaraq v_k kəsmə hərəkəti adlanır və kəsici alətin tiyəsinə nəzərən φ bucağı altında yerləşdirilir. Bunun sürəti kəsici alətin normalı üzrə v_n və onun uzununu boyunca v_t yerləşən sürətlərdən ibarətdir. Sürət kəsici alət boyunca təsir etdikdə kəsmə baş verir.

Məhsulun və işçi alətin nisbi hərəkətinin istiqamətindən asılı olaraq kəsmə doqramaya və sürüşməyə bölünür. Şəkildə verilmiş sxemdə kəsici alət məhsula görə perpendikulyar hərəkət edir, sürüşmədə isə iti bucaq altında hərəkət edir (şək.7.1).

Doqramada bıçağın tiyəsi məhsulu deformasiya edir, onun üst layını sıxlaşdırır. Bıçağın məhsula təsir qüvvəsi artdıqca məhsulun deformasiyası və kontakt gərginlikləri artır. Kontakt gərginlikləri həddə çatdıqda bıçağın iti tiyəsi altında məhsulun parçalanması baş verir.

Parçalanmanın xarakteri məhsulun struktur-mexaniki xassələrindən asılıdır. Bunlar plastiki məhsullar üçün kəsmə, bərk lifli, plastik lifli köndələn kəsilmə materiallarında isə qopmadır.

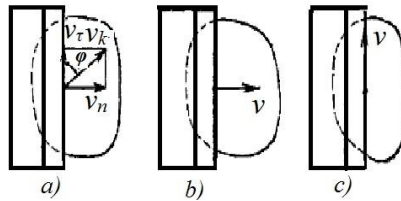
Kəsmədə kəsilmə lay tiyənin işçi səthi ilə aralanaraq əsas məhsuldan ayrılır. Kəsilmə hissəciklərin səthi düzgün və hamar olur.

Qopmada materialın toxunan gərginliklər təsirindən parçalanması baş verir və məhsulun bir hissəsi digərinə nisbətən yerini dəyişir. Belə ki, lifli plastiki materiallarda (ət, balıq) əgər bıçağın tiyəsi liflərin eninə istiqamətləndirilibsə, onda qopma kəsilmə səthə nəzərən iti bucaq altında baş verir. Bu, kəsilmə hissəciklərin səthi nahamar olur, ayrılan hissə isə bütöv qalmır və çox vaxt ayrı-ayrı hissələrə bölünür.

Bərk kövrək məhsulların kəsilməsində (məsələn, sümüklərin) ikili qopma baş verir: bıçağın hərəkəti istiqamətində və kəsik kəsilmə səthə nəzərən bucaq altında. Hissəciklərin səthi nahamar, qırıq olur.

Sürüşmə ilə kəsmədə bıçağın kəsici ucu perpendikulyar hərəkət etməsi nəticəsində məhsulun daxilinə nüfuz edir, bıçağın ucu boyunca hərəkət etdikdə tiyənin kiçik mikrodişləri lifləri və məhsulun hüceyrələrinin divarlarını kəsir.

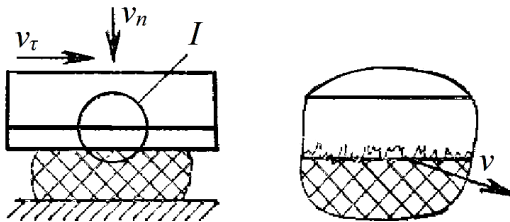
Doğramadan fərqli olaraq sürüşmə ilə kəsmədə məhsulu kəsmək üçün az güvvə tələb olunur, çünki məhsul ayrı-ayrı mikrodişlərlə kəsikir (şək.7.2). Sürüşməli kəsmədə məhsulu kəsmək üçün tiyənin dişlərinin hamısının məhsulun tam dərinliyinə nüfuz etməsi tələb olunur. Sürüşdürmə ilə kəsmədən mexaniki möhkəmliyi yüksək olmayan plastiki materialları kəsmək üçün istifadə olunur.



Şək.7.1. Məhsulun və bıçağın nisbi hərəkətinin sxemi:

a) bucaq altında; b) normal üzrə; c) tiyə boyunca

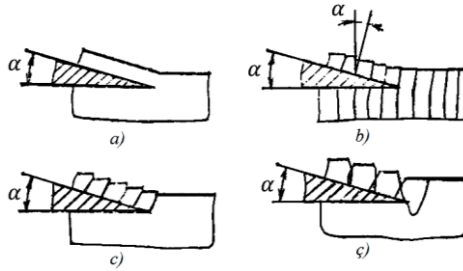
Mexaniki möhkəmliyi yüksək olan bərk materialların kəsilməsi üçün dişli kəsici alətlərdən (mişarlardan) istifadə olunur.



Şək.7.2. Sürüşdürməli kəsmənin sxemi

Doğrama və ya sürüşmə ilə kəsmədən istifadə olunma məhsulun fiziki-mexaniki xassələri ilə, kəsilən hissəciklərin səthinin keyfiyyətinə olan tələbatlarla və energetik göstəricilərlə təyin olunur.

Doğrama ilə kəsmədən o məhsullar üçün istifadə olunur ki, onların dağıdıcı kontakt gərginlikləri böyük olmur və kəsmədə çox kipləşmə baş vermir. Bunun nəticəsində kəsiyin səthi kifayət qədər düz olur və məhsul deformasiya etmir. Belə məhsullara pendirlər, kərə yağı aiddir. O məhsullarda ki, dağıdıcı kontakt gərginlikləri məhsulu elastik deformasiya ilə plastiki deformasiyaya uğradır, onda doğrama tövsiyə edilir. Belə məhsullarda kəsilən hissəciklər deformasiya olunmuş halda qalır (şək.7.3). Məsələn, məsaməli məhsullar (yumşaq çovdar və buğda çörəyi, biskvitlər) öz məsaməliliyini qismən itirir və onların əmtəlik görünüşü pisləşir. Pomidorlar (tomatlar), limonlar, təzə xiyarlar, təzə ət, balıq və meyvələr deformasiya nəticəsində şirənin bir qismini itirir və istifadəyə az yararlı olur. Sürüşdürməli kəsmədə məhsul az deformasiyaya uğrayır.



Şək.7.3. Doğramada müxtəlif məhsulların deformasiya sxemi:

a) plastiki məhsullar; b) lifli plastiki məhsullar -tiyə liflərin eninə yönəlib; c) lifsiz bərk materiallar; d) bərk kövrək materiallar

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

1. Kəsmə prosesinə təsir edən faktorların öyrənilməsi.
2. Doğramada və sürüşdürməli kəsmədə kəsici alətin hərəkətinin öyrənilməsi.
3. Doğramada məhsula tiyənin təsir prosesini aydınlaşdırmaq.
4. Məhsulun sürüşdürməli kəsilməsində bıçağın hərəkət prosesinin öyrənilməsi.

5. Məhsulun fiziki-mexaniki xassələrindən asılı olaraq məhsullar üçün hansı növ xırdalanmadan (sürüşmədən və ya kəsmədən) istifadə edilməsini aydınlaşdırmaq.

6. Bıçağın və məhsulun nisbi hərəkət sxeminin çəkilməsi.

7. Doqramada və sürüşdürməli kəsmədə müxtəlif məhsulların deformasiya sxeminin çəkilməsi.

Yoxlama sualları

1. Kəsmə prosesini yerinə yetirmək üçün nə etmək lazımdır?

2. Doqramada və sürüşməli kəsmədə kəsici alət necə hərəkət edir?

3. Doqramada məhsulda baş verən daxili prosesləri izah edin.

4. Məhsulun struktur-mexaniki xassələrindən asılı olaraq hansı xarakterdə parçalanma (doqranma) baş verir?

5. Kəsmədə və qopartmada materialda hansı parçalanma (dağılma) prosesləri baş verir.

6. Sürüşməli kəsmədə tiyənin məhsula təsir proseslərini izah edin.

7. Sürüşməli kəsmədə kəsici alət necə hərəkət edir?

8. Sürüşməli kəsmədən hansı məhsullar üçün istifadə olunur?

9. Doqramadan hansı məhsullar üçün istifadə olunur?

Laboratoriya işi № 8

МНМ – 300 ətçəkən maşının istismarı və xidməti üçün quruluşu və iş prinsipinin tədqiqi

Məqsəd: Ətçəkən maşının konstruksiyasının, quruluşunun və iş prinsipinin öyrənilməsi.

Ümumi məlumatlar

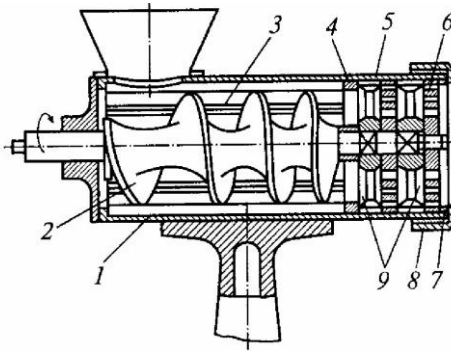
İlk ətçəkən maşını baron Karl fon Drez tərəfindən icad etmişdir. Onun ardınca Avstriyalı Peter Mitterxofer həyat yoldaşının əməyini asanlaşdırmaq üçün oxşar konstruksiya təklif etmişdir.

Bu maşınların işinin əsasında Arximed vintinin (şnek) fırlanması durur.

Ətçəkən maşında ətin xırdalanmasında son məhsula aşağıdakı tələbatlar qoyulur: məhsul qalıqsız şirəsi ayrılmadan xırdalanmalı, hissəciklərin ölçüləri sonuncu şadalarının dəşiklərinin ölçüsündən kiçik olmamalıdır.

İşçi kameranın və kəsici alətin konstruksiyası

Ətçəkən maşının korpusunda məhsulu emal etmək üçün kamera 1 yerləşir (şək.8.1). İçi boş silindr şəklində olan işçi kamera qabırğalı hazırlanır ki, məhsul kameranın içərisində fırlansın. Qabırğalar vinrvari və ya uzununa silindrin işçi səthinə paralel yerləşdirilir. Vintli qabırğaların istiqaməti şnekin buruqlarına əks istiqamətdə yerləşir. Burulğanlı qabırğaların qalxma bucağı $37...48^{\circ}$ təşkil edir. Qabırğaların tormozlayıcı təsiri onların sayından, hündürlüyündən, formasından və ara məsafəsindən asılıdır.



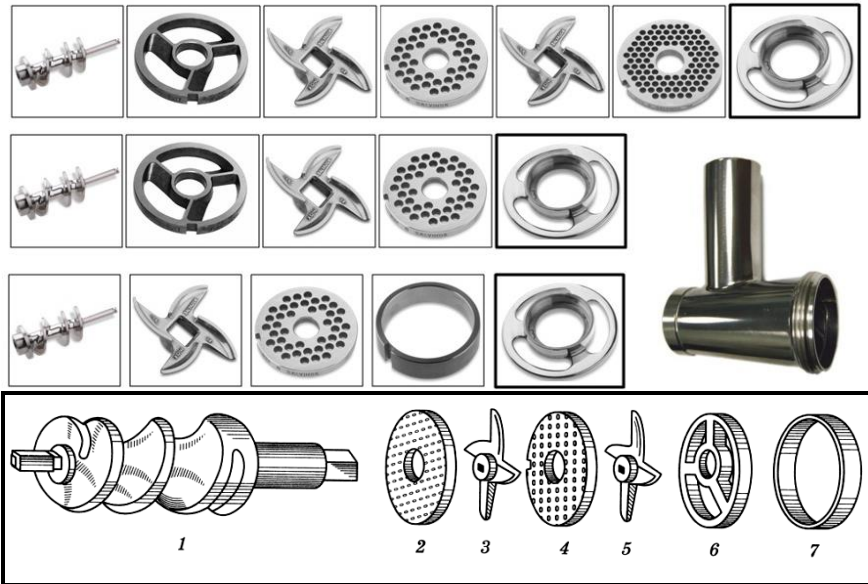
Şək.8.1. Ətçəkən maşının quruluşu:

1- işçi kamera; 2- şnek; 3- qabırğalar; 4- kəsən şadara; 5,6- bıçaqlı şadalar; 7 -dayaq həlqəsi; 8 -sıxıcı qayqa; 9- bıçaqlar

Məhsulun işçi kamerada hərəkət etməsi üçün, onun bıçaqlara tərəf verilməsi və şadaların dəşikərindən keçməsi üçün şnek 2 nəzərdə tutulur. Şnekin vintlərinin addımı boşalma istiqamətinə

tərəf azalır. Şnekin işinin xüsusiyyəti – tərkibində olan şirənin çıxarılması ilə məhsulun kəsici mexanizmdən keçməsi üçün kifayət edən təzyiqin yaradılmasından ibarətdir.

Ətçəkən maşının kəsici aləti hərəkətsiz şadardan 4, fırlanan bıçaqlardan 9 və müxtəlif diametrləli dişlikləri olan hərəkətsiz kəsici şadarlardan 5,6 ibarətdir. Hərəkətsiz şadara bir tərəfdən və birləşdiricilərlə birləşdirilmiş daxili və xarici həlqələrdən ibarətdir. Birləşdiricilərin kəsici tərəfi radiusa nəzərən iti bucaq altında yerləşir (şək.8.2).



Şək.8.2. Ətçəkən maşınların işçi orqanları

1- şnek; 2,4- bıçaqlı şadara; 3,5- fırlanan iki tərəfli bıçaq; 6- tər-pənməyən kəsən şadara; 7- sıxıcı qayka

Fırlanan bıçaqların iki kəsici səthli radial ağızları var. Hərəkətsiz bıçaqlı şadara dairəvi dişli disk şəklində hazırlanır. Bıçaqlar və şadara şnekə bərkidilmiş polad barmağa geyindirilir və ətçəkən maşının korpusunda sərt birləşdirilir və şadara fırlanan

lanmasını məhdudlaşdıran şponka yerləşir. Bıçaqların və şadara-
rın işçi səthlərinin kip oturması müqavimət həlqəsi 7 və sıxıcı
qayka 8 vasitəsilə təmin edilir. Ətçəkən maşının korpusu onun
universal mətbəx maşını və ya fərdi intiqalla birləşməsini təmin
edən xüsusi qurğu ilə təchiz edilir.

Ətçəkən maşınların iş prinsipi

50...200 qr çəkiddə doğranmış məhsul qəbul kamerasından
işçi kameraya verilir və burada fırlanan şneklə tutularaq kamera
boyunca kəsici alətə tərəf nəql etdirilir. Kameranın daxili səthində
yerləşən istiqamətləndirici qabırğalar məhsulun fırlanmasının qar-
şısını alır. Şnekin addımlarının get-gedə azalması və qalxma buca-
ğı hesabına məhsul işçi kamera boyunca hərəkət edərək kipləşir və
işçi alətə bütöv şəkildə verilir. Şnekin ən kiçik addımlı sonuncu
buruğu məhsulu sıxaraq şadara verilir.

Şadaranın dəşiklərindən keçən məhsul əsas kütlədən ayrılır.
Sonra bir qədər xırdalanmış məhsul şneklə birinci kəsici şadaranın
deşiklərindən keçir. Buradan çıxan hissəciklərin kəsilməsi fırlanan
ikitərəfli bıçaq vasitəsilə yerinə yetirilir. Məhsuldan kəsilən his-
səciklər növbəti daxil olan kütlə ilə sıxılaraq birinci kəsici şada-
ranın dəşiklərindən çıxarılır. Buradan çıxan məhsul ikinci ikitə-
rəfli kəsici bıçaqla kəsilir. Birinci şadardan keçən məhsul və bi-
rinci və ikinci şadara arasında yerləşən məhsul ikinci şadara-
ya sıxılır. İkinci şadaranın çıxışında xırdalanmış məhsul arasıkə-
silməz axın şəklini alır.

Müasir ətçəkən maşınların sxemi şəkil 8.3-də verilmişdir.

МММ – 300 ətçəkən maşının quruluşu

Ətçəkən maşın yığılı şəkildə alüminium korpusdan 7, onun
daxilində fırlanan şnekdən 14, sıxıcı qaykadan 12, müqavimət həl-
qəsindən 10, ikiəğzlı bıçaqlardan 9, kəsici bıçaqlı şadara dəs-
tindən 13 və kəsici şadara 8-dən ibarətdir (şək.8.4). Ətçəkən maşı-

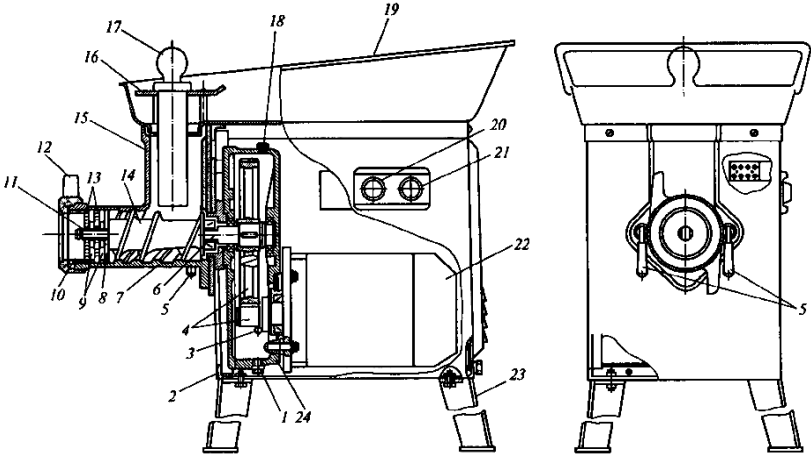
nın ön hissəsində sıxıcı qayka üçün yiv kəsilib, arxasında isə korpusu intiqala birləşdirmək üçün flans nəzərdə tutulur. Korpusun intiqala birləşməsi çərçivəyə 2 bərkidilən sıxıcılarla 5 yerinə yetirilir.



Şək.8.3. Müasir ətçəkən maşınlar

Şnek dəyişən addımlı buruqları olan birgirişli vintdən ibarətdir. Şnekin qurtaracağına (pazlı) oymaq 6, əvvəlinə isə hərəkəti ikiəğzlı bıçağa ötürən barmaq 11 yerləşdirilir. Şnekə hərəkət oymağın pazı vasitəsilə ötürülür. Müxtəlif ölçüdə xırdalanmış fars əldə etmək üçün ət çəkən maşın diametri 3, 5 və 9 mm olan şadalarla təchiz olunur.

Şadalar ətçəkən maşının korpusuna yerləşdirilir və şponkanın (işgil) hesabına fırlanır. Bıçaqlar və şadalar bir-birinə dayaq həlqəsi və sıxıcı qayka vasitəsilə kip sıxılır. Kasa 19 çərçivəyə quraşdırılır. Kasanın boğazı ətçəkən maşının korpusunun boğazına girir. Yükləyicinin üzərində ətçəkən maşının işləməsi zamanı əlin şnekə düşməməsi üçün qoruyucu 16 yerləşir.



Şək.8.4. MIM – 300 ətçəkən maşının ümumi sxem:i

1- axıdan deşik; 2- çərçivə; 3- reduktorun qapağı; 5- sıxıcı; 6 - vtulka; 7- ətçəkənin korpusu; 8- kəsici şadara; 9- fırlanan bıçaqlar; 10- dayaq həlqəsi; 11- barmaq; 12- sıxıcı qayka; 13 – bıçaqlı şadara; 14- şnek; 15- boğaz; 16- qoruyucu; 17 - itələyici; 18- yağ tökmək üçün yarıq; 19- kasa; 20,21- “Stop” və “işə sal” düymələri; 22- elektrik mühərriki; 23- dayaq; 24 - reduktorun korpusu

Ətçəkən maşının intiqalı elektrik mühərrikindən 22 və birpilləli silindrik dişli reduktordan 4 ibarətdir. Ötürücü val reduktorun korpus 24 və qapağına 3 preslənən iki radial-dayaqlı yastıqlarda fırlanır.

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

1. Ətçəkən maşının sxeminin çəkilməsi və onun iş prinsipinin yazılması.
2. Maşında ətin xırdalanma prosesinin yazılması.
3. Maşının sökülməsi və onun daxilində olan əsas hissələrin öyrənilməsi.
4. Kəsici alətlərin yenidən əks ardıcılıqla yığılması.

5. Ehtiyatla ətçəkən maşının boş gedişdə işə salınması.

Yoxlama sualları

1. ətçəkən maşının əsas hissələri hansılardır?
2. ətçəkən maşında ətin xırdalanması necə baş verir?
3. ətçəkən maşın nə üçün qabırğalı hazırlanır?
4. Hansı növ qabırğalar vardır?
5. Şnek nədir?
6. Bıçaqlar şnekə nəyin vasitəsilə oturdulur?
7. Şadaranın korpusda fırlanmaması üçün nədən istifadə olunur?

Laboratoriya işi № 9

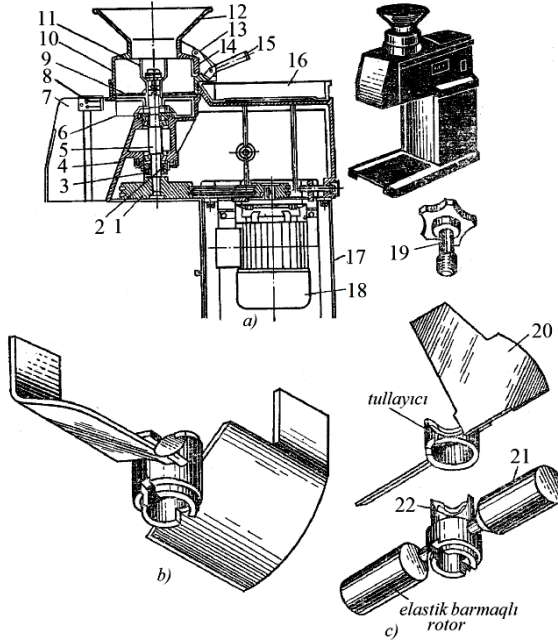
MII-800 sürtgəc maşının işinin öyrənilməsi

Məqsəd: MII-800 sürtgəc maşınının iş prinsipinin, quruluşunun və istifadəsinin öyrənilməsi.

Ümumi məlumatlar və maşının quruluşu

Sürtgəc maşın allüminium korpusdan 4 və daxilində elektrik mühərriki 18, pazvari qayış ötürməsi və val 5 yerləşən qaynaq olunmuş karkasdan 17 ibarətdir. Şaquli yerləşdirilən elektrik mühərrikinin valında qasnaq birləşdirilir. O pazvarı qayış ötürməsi vasitəsilə hərəkəti val 5-də yerləşdirilən qasnağa ötürür (şək.9.1).

Yük bunkerı 10 korpusda quraşdırılır. Bunkerin üst konusvari hissəsi qəbuledici 12 kimi xidmət edir, alt silindrik hissə işçi kamera olub, burada fırlanan rotor 11 yerləşir. Bunkerin silindrik hissəsində 10 tullantılar üçün lyük 14 yerləşir. Lyük oxdan 13 asılan qapaqla örtülür. Tullantıları yığmaq üçün cən 16 nəzərdə tutulur. Vala 5 müxtəlif məhsulların emalı üçün dəyişdirilən rotorlar 11 bərkidilir.



Şək.9.1. MII-800 sürtgəc maşını:

a) ümumi görünüşü; b) sərt pərli rotor; c) çəyirdəkli meyvələri sürtgəcdən keçirmək üçün rotor.

Dəyişən şadalar 9 və ya sürtgəclik disk korpusda hərəkətsiz quraşdırılır və bunkerdə 10 fırlanmasının qarşısını alır. Hərəkətsiz şadara 9 (ələk) və fırlanan rotorun araməsafəsi aralıq stəkanı vasitəsilə əldə olunur. Stəkanda, şadaların aşağısında sürtgəcdən keçən məhsulu korpusdan tabağa 7 tullamaq üçün tullayıcı yerləşir. Rotorda pərlər yerləşir. Onların mailik bucağı saat əqrəbi istiqamətində fırlandıqda sürtülən məhsulun şadara sıxılmasını təmin edir, saat əqrəbinin əks istiqamətində fırlandıqda sürtülməyən qalıqların bunkerin silindrik divarı ilə lyüka tərəf daşıyaraq çıxarılmasını təmin edir.

Çəyirdəkli meyvələrin sürtülməsi üçün rotor iki hissədən ibarət olub, vintlə 19 birləşdirilir. Alt hissədə olan elastik barmaqlı 21 təkər topu 22 sürtməni təmin edir. Tullantıları tullayan üst his-

sə topa nisbətən sərbəst fırlanır. Tullayıcının cevrilmə bucağı dayaq və tullayıcının içliyinin alt hissəsində yerləşən yarıqla məhdudlaşır.

Rotor saat əqrəbi istiqamətində fırlananda tullayıcının pərləri məhsulun təsirindən elastik barmaqlardan aralanır və sürtünməyə mane olmur. Saat əqrəbinin əks istiqamətində fırlanıqda tullayıcı pərlərin elastik barmaqları ilə üst-üstə düşməsi üçün çevrilir və çəyirdəkləri və qalan tullantıları lyükdən tullayır. Bu zaman lyükün 14 qapağı açıq olmalıdır.

Karkasda sürtgəcdən keçən məhsul üçün altlıq bərkidilir. Altlıq çənin hündürlüyündən asılı olaraq iki vəziyyətdə quraşdırıla bilər. Yuxarı vəziyyətdə altlıq kronşteynin üzərinə enir. Üst vəziyyətdə altlıq çərçivədə, dayaq isə altlığın altında yerləşir.

Buraxıcı 8 və qoruyucu elektrik avadanlığı karkasa bərkidilən panelə montaj edilir. Paneldə bunker olmadıqda mühərrikin işə düşməsini bloklayan çevirici quraşdırılır. Paneldə idarəetmə pultuna və avtomatik buraxıcıya daxil olmaq üçün dəşiklər vardır. Sürtkəcdən keçirilən məhsuldan asılı olaraq işçi orqanlar aşağıdakı kimi uyğunlaşdırılır: kartof, paxlalıqlar, bişmiş tərəvəz, yarma, balıq üçün pərli rotor və dəşiklərinin diametri 3 mm olan şadara; bişmiş qaraciyər, ət üçün pərli rotor və dəşiklərinin diametri 1,5 mm olan şadara.

Maşının iş prinsipi

Rotorun bərabər sürətli fırlanmasında məhsul maşının bunkerinə verilir, burada şadardan sürtülərək keçir və altlıqda quraşdırılan qəbul çəninə maşından tullanılır. Məhsul sürtgəcdən keçəndən sonra “Stop” düyməsi basılır. Çıxış tabağının qapağını açaraq kürək vasitəsilə sürtülən məhsul tam çıxarılır. Tullantısı çox olan məhsul sürtgəcdən keçirildikdə periodik olaraq maşının işçi kamerasından çıxarılır. Bunun üçün maşın dayandırılır, sonra “Tullantılar” düyməsi basılaraq mühərrikin reversivi işə salınır, dəstək ilə eksentrik sıxıcı aralanır, lyükün qapağı açılır və tullan-

tıların tam çıxmasına kimi bu vəziyyətdə qalır. Bundan sonra lyükün qapağı örtülür və eksentrik sıxıcı ilə bağlanır. Sonra “Stop” və “Sürtmə” düyməsi basılaraq yeni məhsul porsiyası emal olunur. İş bitdikdə maşın söndürülür və işçi orqanlar sanitar emal üçün çıxarılır.

Çəyirdəkli meyvələr maşının bunkerinə 1,5...2 kq porsiyalarla yüklənir.

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

1. MП-800 sürtgəc maşınının konstruksiyasının öyrənilməsi, onun əsas hissələri olan özüllə, intiqalla (rezersiv elektrik mühərriki və pazvarı qayış ötürməsi) boşaldıcı qurğulu korpusla və yük bunkerini ilə tanış olmaq.

2. Bunkerin üst hissəsi yükləyici, alt silindrik hissəsi isə işçi kameradır. Silindrik hissəyə sürtgəcdən keçməyən hissəcikləri (tullantıları) çıxarmaq üçün lyüku müəyyən etmək.

3. İşçi alətlər olan sürtgəci, şadalarını, sürtgəc disklerini, rotorları, tullayıcını, fiksasiya vintini nəzərdən keçirmək. Şadaların deşiklərinin sayını təyin etmək.

Yoxlama sualları

1. MП-800 sürtgəc maşını hansı hissələrdən ibarətdir?
2. Məhsulların sürtgəc maşınlarında sürtünmə prinsipi nədən ibarətdir?
3. Sürtgəc maşınların işçi alətləri hansılardır?
4. Boloklayıcı qurğuların rolu nədən ibarətdir?
5. Çəyirdəkli məhsulu sürtmək üçün maşınlar nəyə görə iki hissədən ibarətdir?
6. MП-800 sürtgəc maşında pazvarı qayış ötürməsinin tarımlanması necə yerinə yetirilir?
7. Nə üçün MП-800 sürtgəc maşınında reversli elektrik mühərrikindən istifadə olunur?
8. MП-800 sürtgəc maşınının iş prinsipi necədir?

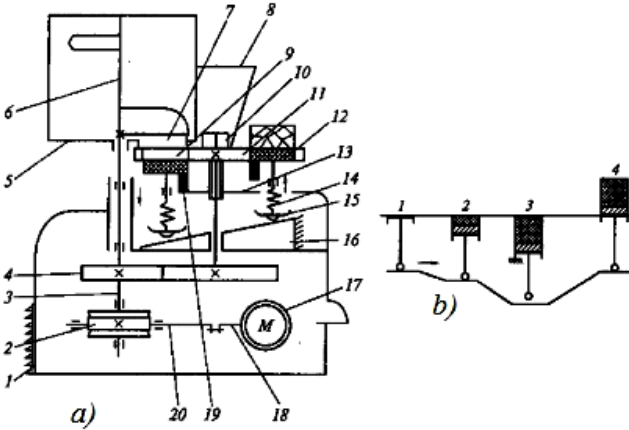
Laboratoriya işi № 10

Kotlet formalaşdıran maşının işinin öyrənilməsi

Məqsəd: kotlet formalaşdıran maşının konstruksiyasının, quruluşunun və iş prinsipinin öyrənilməsi.

Ümumi məlumatlar

MФК-2240 kotlet formalaşdıran maşın dairəvi formalı ət, balıq və kartof kotletləri formalaşdırmaq üçün nəzərdə tutulur. Maşın stolüstü tipli olub, korpusdan, elektrik mühərrikindən, sonsuz vint reduktorundan, yükləyici bunkerli stolun qapağından, qidalandırıcı şnekdən, formalaşdırıcı stoldan, suxarı üçün bunkerdən və qəbul tabağından ibarətdir (şək.10.1).



Şək.10.1. MФК-2240 kotlet formalaşdıran maşın:

a) prinsipial sxem; *b)* formalaşdırıcı stolun porşenin hərəkətinin tsikloqramı; 1 - korpus; 2 - sonsuz vint reduktoru; 3 - qidalandırıcı şnekin valı; 4 - silindrik ötürmə; 5 - farş (qiymə) bunkerli; 6 - qidalandırıcı şnek; 7 - bunkerin yarığı; 8 - suxarı bunkerli; 9 - yuvacıq; 10 - nizamlayıcı vint; 11 - formalaşdırıcı stol; 12 - porşen; 13 - planka; 14 - yay; 15 - itələyici; 16 - yan kopir; 17 - elektrik mühərriki; 18 - elektrik mühərrikinin valı; 19 - sonsuz vint reduktorunun valı

MΦK-2240 kotlet formalaşdıran maşının quruluşu

Maşının işçi orqanı üç dairəvi deşikli yuvadan 9, formalaşdırıcı stoldan 11 ibarətdir (şək.10.1.a). Stol içi boş şaquli valda yerləşir. Stolun üzərində iki yük bunkerı yerləşir – farş üçün silindrik bunker 5 və suxarı üçün konusvari bunker 8. Farş bunkerı formalaşdırıcı stolun qapağında qyraşdırılır. Bunkerin daxilində farşı (qiyməni) bunkerdən yuvalara 9 verən qidalandırıcı şnek 6 yerləşir. Formalaşdırıcı stolun yuvalarında stol fırlandıqda irəli geri hərəkət edən işçi alətlər – porşenlər 12 yerləşir.

Maşının işçi orqanları korpusun 1 daxilində quraşdırılan elektrik mühərriki 17 ilə hərəkətə gətirilir. Elektrik mühərrikinin valı sonsuz vint reduktorunun 2 valı 20 ilə teleskopik birləşdirilir. Reduktor hərəkəti qidalandırıcı şnekə 6 ötürür. Formalaşdırıcı stolun fırlanması silindrik ötürmə 4 vasitəsilə yerinə yetirilir. Formalaşdırıcı stolun 11 yuvalarında terləşən porşenlə irəli-geri hərəkət çərçivədə bərkidilən pilləli həlqədən ibarət disk-kopirlə ötürülür. Disk-kopirin işçi səthində porşen itələyici yerləşdirilir. Stol fırlandıqda itələyicilər disk-kopir üzrə sürüşür, porşenlər isə yayların 14 hesabına qalxır və ya enirlər. Məmulatın kütləsini formalaşdırılan maşın nizamlayıcı mexanizmi ilə təchiz olunur. Nizamlayıcı formalaşdırıcı stolun yuvasında porşenin halının dəyişməsi yolu ilə əldə olunur. Bunun üçün porşenin aşağı hərəkətini məhdudlaşdırıcı nizamlayıcı vint 10, planka 13 və dayaq 19 yerləşir. Porşenin alt vəziyyəti nizamlayıcı vintin fırlanmasında öz yerini dəyişən plankanın quraşdırılmasından asılıdır. Vintin istiqaməti başlıqda böyük hərflərlə qeyd edilir: *K*-kiçik həcm; *B*-böyük həcm.

Boşaldıcı qurğunun tərkibinə tullayıcı və səthi formalaşdırıcı stolun səviyyəsində quraşdırılan qəbul tabağı daxildir. Bütün hissələr ümumi korpus 1 ilə birləşir.

MΦK-2240 kotlet formalaşdırıcı maşın iş prinsipi

Maşının elektrik mühərriki iş düşdükdə porşenli formalaşdırıcı stol və qidalandırıcı şnek hərəkətə gətirilir. Formalaşdırıcı sto-

lun hərəkəti porşendə hər bir porşenin bir dövründə iki dəfə aşağı düşür (şək10.1.b): birinci dəfə (vəziyyət 2) – yuva suxarı bunkerinin altında yerləşir, ikinci dəfə (vəziyyət 3) porşen farş bunkerinin altında yerləşir və stolun yuvası bunkerin deşiyi ilə üst-üstə düşür.

Birincidə 1,5...2 mm dərinliyə düşəndə porşenə suxarı səpilir, ikinci düşmədə porşenin üzəri bunkerdən qidalandırıcı-şneklə verilən farşla doldurulur. Formalaşdırıcı stolun fırlanmasında yuvaların kənarları və bunkerin pəncərələri farş porsiyasını kəsir, kipləşdirilir və yuvanın bütün həcmi doldurulur.

Stolun sonrakı hərəkəti porşenin itələyicisini hərəkətə gətirir, nəticədə formalaşmış məmulatlı porşen stolun səthi ilə eyni səviyyəyə qalxır (vəziyyət 4). Burada formalaşmış məmulat tullayıcı vasitəsilə porşenin səthindən və stoldan boşaldıcı tabağa itələyir. Bundan sonra operator boşaldıcı çəndən formalaşmış məmulat xüsusi kürək vasitəsilə çıxarılaraq suxarılənməmiş tərəfi ilə suxarı səpilmiş tabağa yığılır.

Kotlet formalaşdıran maşının istismar qaydaları

İşə başlamazdan əvvəl işçi orqanların düzgün quraşdırılması, maşının sazlığı və torpaqlanma xəttinin olması yoxlanılır. Sonra maşının bunkerləri suxarı və farşla yüklənilir. Maşının yayında stolda suxarı səpilmiş tabaqlar yerləşdirilir. Bundan sonra 5-6 məmulat formalaşdırılır, nəzarət tərəzində çəkilir və lazım gəldikdə nizamlayıcı vasitəsilə formalaşdırılan məmulatın kütləsi nizamlanır. Nizamlama işə salınmış elektrik mühərrikində nizamlayıcı vinti bu və ya digər tərəfə fırlamaqla yerinə yetirilir. Çəkisi az olan məmulatlar farş bunkerinə yerləşdirilir. Porşen yuvası tam dolmadıqda maşın dayandırılır, bunkerdə farşın olması yoxlanılır, lazım gəldikdə bunker farşla doldurulur. İş prosesində formalaşdırılan məmulatların periodik olaraq kütləsini yoxlamaq və nizamlamalar aparmaq lazımdır. İş bitdikdə maşın söndürülür və sanitar təmizləmə aparmaq üçün bütün işçi orqanlar çıxarılır. Bunun üçün qidalandırıcı şnekin və işçi stolun bərkimə qaykaları açılır. Sonra

qidalandırıcı şneki, yükləmə bunkerli stolun qapağını çıxarırlar və isti su ilə yuyurlar. Maşının altı və formalaşdırıcı stolun xarici səthləri də yuyulur və qurulanır. Formalaşdırıcı stolu, porşenin yuvalarını, qidalandırıcı şneki, stolun qapağının və kopirin yolunu, xarici səthini quruladıqdan sonra duzsuz qida yağı ilə yağlayırlar.

Yağlamaq üçün bitki yağından istifadə etmək məsləhət görülür.

Maşının ümumi sanitar emalı – təmizlənməsi həftədə 2-3 dəfədən az keçirilmir. Profilaktik baxış və təmir üçün maşının tam söndürülməsi maşının istismar və xidmət qaydalarına uyğun aparılır. Maşına xidmət etmək üçün xüsusi təlimat keçən və maşının istisamar və xidmət qaydaları ilə tanış şəxslər buraxılır.

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

1. Kotlet formalaşdıran maşının təyinatının öyrənilməsi. Maşının işçi alətləri – porşenlər və formalaşdırıcı diskdir. Disklərdən biri kotlet formalaşdırmaq üçün, digəri isə bitoçki formalaşdırmaq üçündür. Porşenlər irəli-geri (yuxarı-aşağı) hərəkət edirlər. Porşenin yuxarı hərəkəti yumruğun, aşağı hərəkəti isə yayın köməyi ilə yerinə yetirilir. Yumruğun formasının və məmulatların kütləsini nizamlayan mexanizmin öyrənilməsi. Yayın təsirindən porşenin aşağı düşməsi porşenin aşağı divarına birləşən barmaqların məhdudlaşdırıcı plankaya dayanana kimi baş verir. Planka xüsusi nizamlayıcı vintlə aşağı-yuxarı hərəkət etdirilir, bununla da məmulatın kütləsi 50...75 q arasında dəyişdirilir.

2. Kotlet formalaşdıran maşının işə hazırlanması. Maşının işə salınması və boş gedişdə 30...40 san işinin yoxlanması. Böyük bunkerli kotlet kütləsi ilə, kiçik bunkerli suxari ilə doldurmaq. Kotletləri yığmaq üçün tabağa suxari səpmək. Mühərriki işə salmaq və kotletlərin dozalaşdırılması prosesinə nəzarət etmək. Formalaşdırıcı stol 14 dövr/dəq sürətlə fırlanaraq porşenli silindrləri suxari bunkerinin altına, sonra isə kotlet bunkerinin altına aparır, stolun yarığı bunkerə yaxınlaşdıqda porşen aşağı düşür və orada yaranan

boşluq ardıcıl olaraq suxari və kotlet kütləsi ilə doldurulur; suxarinin qalınlığı 1,5 mm təşkil edir.

Stolun sonrakı fırlanmasında silindrlər tullayıcıya tərəf hərəkət edir və eyni vaxtı porşenin yuxarı qalxması baş verir, nəticədə məmulat stolun üzərinə çıxır, oradan da tullayıcı ilə boşaldıcı tabağa hərəkət edir.

Üç ədəd kotlet hazırlandıqdan sonra maşın söndürülür və kotletlərin çəkisi təyin edilir. Nizamlayıcı vintin yerini dəyişərək məmulatın kütləsi 50 qr təyin edilir. Sonra elektrik mühərriki işə salınır. 50 qr-lıq kotletləri boşaldıcı tabaqdan bunkerlə çıxarılır və suxarisiz tərəfi ilə hazırlanmış tabağa yönəlir. İşin bitmə vaxtı qeyd edilir və elektrik mühərriki söndürülür. 50 qr-lıq kotletlər sayılır. Maşın sökülür, hissələri isti su ilə yuyulur və dəsmalla qurulanır. Porşenlər və stolun deşikləri duzsuz qida yağı ilə yağlanır, maşın yığılır.

Yoxlama sualları

1. Kotlet formalaşdıran maşının əsas işçi orqanları hansılardır?
2. Kotlet formalaşdıran maşının iş prinsipi necədir?
3. Maşınla hazırlanan məmulatın çəkisi nə qədər olur?
4. Məmulatların çəkisi nə ilə nizamlanır?
5. Maşının ümumi sanitar təmizlənməsi nə vaxt aparılır?
6. Boşaldıcı qurğu nədən ibarətdir?

II HISSƏ

PRAKTİKİ MƏŞĞƏLƏLƏR



Praktiki məşğələ № 11

Çökdürmə və saflaşdırma

Özlü mühitdə hissəciyin qravitasiya qüvvəsinin təsiri altında hərəkətini nəzərdən keçirək (şək.11.1). Hissəciyə ağırlıq qüvvəsi G , arximed qüvvəsi A və sürtünmə qüvvəsi T təsir edəcək.

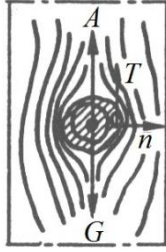
İstənilən formada olan hissəciyin həcmi $V = k_1 l^3$, burada k_1 - hissəciyin formasından asılı olan əmsal; l - hissəciyin ölçüsüdür (diametri). Əgər bərk hissəciyin sıxlığı ρ_b , mayenin isə (qazın, buxarın) ρ_m olarsa, onda hissəciyə təsir edən ağırlıq qüvvəsi $G = k_1 l^3 \rho_b g$ və ağırlıq qüvvəsinin əks istiqamətində təsir edən qaldırıcı qüvvə isə $A = k_1 l^3 \rho_m g$ olar. Bu qüvvələrin fərqi təsirinə hissəcik mayədə hərəkət edir.

Hissəciyin vahid səthinə maye tərəfindən sürtünmə qüvvələri təsir edir $T = \mu_m \frac{d\nu}{dn}$, burada μ_m -mayenin dinamik özlülük əmsalıdır; $d\nu/dn$ - mayenin hərəkət sürətinin dəyişməsidir. Sürtünmə qüvvələrinin cəmi T hissəciyin səthinin sahəsindən $k_2 l^2$ asılı olub (burada k_2 - hissəciyin formasını nəzərə alan əmsaldır) və $T = k_2 l^2 \mu_m \frac{d\nu}{dn}$ təşkil edir.

Mexanikanın ikinci qanununa əsasən ağırlıq qüvvəsi qaldırıcı və sürtünmə qüvvələrinin əvəzləyicisi hissəciyin kütləsi ilə təcilinə bərabərdir:

$$k_1 l^3 (\rho_b - \rho_m) g - k_2 l^2 \mu_m \frac{\partial v}{\partial n} = k_1 l^3 \rho_b \frac{dv}{d\tau} \quad (11.1)$$

Bu tənlik hissəciklərin ağırlıq qüvvəsinin təsiri nəticəsindən çökməsinin diferensial tənliyidir.



Şək.11.1. Maye mühitdə hissəciyə təsir edən qüvvələr

(11.1) tənliyi ümumi şəkildə həll oluna bilməz, buna görə hissəciklərin çökmə sürətini təyin etmək üçün onu kriteriya tənliyinə çevirmək lazımdır. (11.1) tənliyini $k_1 l^3 \rho_b \frac{dv}{d\tau}$ -ya bölərək ölçüsüz hala gətirilir:

$$g \frac{d\tau}{dv} \cdot \frac{\rho_b - \rho_m}{\rho_b} - \frac{k_2 \mu_m \partial v d\tau}{k_1 l \rho_m \partial n dv} - 1 = 0, \quad (11.2)$$

burada $k_2/k_1 = \varphi$ - hissəciyin formasından asılı olan koordinatdır və hissəciyin forması əmsalı adlanır.

(11.2) tənliyini parametrik kriteriyayavurduqda (bərk hissəciyin sıxlığının maye hissəciyin sıxlığına nisbəti ρ_b/ρ_m) tənlik aşağıdakı şəkli alır:

$$g \frac{d\tau}{dv} \cdot \frac{(\rho_b - \rho_m) \rho_b}{\rho_b \rho_m} - \varphi \frac{\mu_m \partial v d\tau \rho_b}{l \rho_b \partial n dv \rho_m} - \frac{\rho_b}{\rho_m} = 0. \quad (11.3)$$

(11.3) tənliyindən hissəciklərin çökmə prosesi üçün oxşarlıq kriterisini almaq olar.

(11.3) tənliyinin birinci həddindən alınır:

$$\frac{g\tau}{\nu} \cdot \frac{(\rho_b - \rho_m)}{\rho_m} = \frac{gl\tau}{\nu l} \cdot \frac{(\rho_b - \rho_m)}{\rho_m} = \frac{gl}{\nu^2} \cdot \frac{(\rho_b - \rho_m)}{\rho_m} 0, \quad (11.4)$$

ikinci həddən alınır

$$\psi \frac{\mu_m \tau}{l \rho_m} = \psi \frac{\mu_m}{\nu l \rho_m} = \psi \frac{1}{\text{Re}}, \quad (11.5)$$

burada $\text{Re} = \frac{\nu l \rho_m}{\mu_m} = \frac{\nu l}{\mu_m}$ - maye ilə əhatə olunan hissəciyin

hidrodinamiki oxşarlığını xarakterizə edən Reynolds kriterisidir.

Reynolds kriterisinə vurduqda

$$\text{Ar} = g \frac{l}{\nu^2} \cdot \frac{\nu^2 l^2}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_b - \rho_m}{\rho_m} = g \frac{l^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_b - \rho_m}{\rho_m}, \quad (11.6)$$

burada Ar – ağırlıq və qaldırıcı qüvvələrin fərqi qaldırıcı qüvvəyə nisbətini xarakterizə edən Arximed kriterisidir;

ν - kinematik özlülükdür.

Beləliklə, (11.1) diferensial tənliyindən çökmə prosesinin kriteriya tənliyi alınır:

$$\text{Re} = A(\psi \text{Ar})^n, \quad (11.7)$$

burada A - əmsaldır;

n – eksperiment yolu ilə təyin edilən göstəricidir.

Eksperimental qiymətlər əsasında mayədə hissəciklərin aşağıdakı çökmə rejimləri təyin olunub: laminar ($\text{Re} \leq 0,2$), keçid ($0,2 \leq \text{Re} \leq 500$) və turbulent ($\text{Re} > 500$).

Hər rejim üçün eksperimental yolla aşağıdakı asılılıqlar tapılmışdır:

- laminar rejim üçün

$$\text{Re} = \frac{1}{18} \psi Ar ; \quad \text{Re} \leq 1,85 \text{ və ya } \psi Ar < 0,33; \quad (11.8)$$

- keçid rejimi üçün

$$\text{Re} = 0,152(\psi Ar)^{0,715}; \quad 1,85 \leq \text{Re} \leq 500 \text{ və ya}$$

$$33 < \psi Ar < 83 \cdot 10^3; \quad (11.9)$$

- turbulent rejim üçün

$$\text{Re} = 1,74(\psi Ar)^{0,5}; \quad \text{Re} > 500 \text{ və ya } \psi Ar > 83 \cdot 10^3. \quad (11.10)$$

Reynolds kriterisinin qiymətinə görə hissəciklərin ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında mayədə çökmə sürəti təyin edilir:

$$v_0 = \frac{\text{Re} \mu_m}{l \rho_m}. \quad (11.11)$$

Laminar hərəkətdə bu Stoks tənliyi ilə təyin edilə bilər:

$$v_0 = \frac{1}{18} \frac{gd^2(\rho_b - \rho_m)}{\mu_m}, \quad (11.12)$$

burada d - hissəciyin diametridir.

(11.12) tənliyi düz sferik formalı bərk hissəciklər üçündür. Forması düz olmayan hissəciklərin çökmə sürəti aşağıdır.

Maye mühitdə maye damcılarının çökməsi halında proses onunla mürəkkəbləşir ki, damcıların forması fasiləsiz olaraq dəyişir. Çökmə sürətini təyin etmək üçün aşağıdakı tənlik təklif olunur:

$$v_0 = \frac{gd^{2,5}}{\sigma} \cdot \left(\frac{\rho_{müh} - \rho_m}{\rho_m} \right)^{1,5} \cdot \frac{\mu_{müh}}{\rho_{müh} g}, \quad (11.13)$$

burada d - damcının orta diametri;

σ - fazaların səthində səthi gərilmə;

$\rho_{müh}$ - mühitin sıxlığı;

ρ_m - damcıyaradan mayenin sıxlığı;

$\mu_{müh}$ - mühitin özlülüyü.

Alınan çökmə prosesinin kinetik asılılıqları hissəciklərin ölçüləri və sıxlığı artdıqda çökmə sürətinin artmasını, mühitin sıxlığı və özlülüyü artdıqda isə çökmə sürətinin azalmasını sübut edir.

Bərk hissəciklərin maksimal ölçülərini (11.12) tənliyində ($Re \approx 2$ olduqda) (11.11) ifadəsini yazmaqla aşağıdakı alınır:

$$d_{\max} \approx 1,563 \sqrt[3]{\frac{\mu_m^2}{\rho_m(\rho_b - \rho_m)}}. \quad (11.14)$$

Mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsirindən çökdürmə.

Tozların, suspenziyaların və emulsiyaların ayrılmasını intensivləşdirmək məqsədilə mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsiri ilə çökdürmə aparılır. Mərkəzdənqaçma qüvvələrinin sahəsini yaratmaq üçün iki texniki üsuldan istifadə edilir: 1) maye və ya qaz axını hərəkətsiz aparatda hərəkət edir; 2) axın fırlanan aparata daxil olur və onunla birgə fırlanır. Birinci siklonlarda, ikinci isə çökdürücü sentrifuqalarda və ya separatorlarda yerinə yetirilir.

Fırlanan axında asılı hissəciyə mərkəzdənqaçma qüvvəsi təsir edir və bunun nəticəsində hissəcik mərkəzdən aparatın divarlarına tərəf hərəkət edir.

Mərkəzdənqaçma qüvvəsi

$$G_m = \frac{mW_r^2}{r}, \quad (11.15)$$

burada m - hissəciyin kütləsi, kq;

W_r - fırlanmanın çevrə sürəti, m/san;

r - fırlanma radiusu, m.

Fırlanmanın çevrə sürəti

$$W_r = \omega r = \frac{2\pi n r}{60},$$

burada ω - fırlanmanın bucaq sürəti, rad/san;

n - fırlanma tezliyi, $d\text{əq}^{-1}$ (dövr/dəq).

Ağırlıq qüvvəsi və mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsirindən ayrılma səmərəliliyi müqayisə edilir. Qravitasiyalı çökdürücülərdə hissəciyə ağırlıq qüvvəsi təsir edir.

$$G_T = mg . \quad (11.16)$$

(11.15) və (11.16) tənliklərindən

$$\frac{G_m}{G_T} = \frac{W_r^2}{gr} = K_m .$$

Beləliklə, mərkəzdənqaçma qüvvəsi ağırlıq qüvvəsindən K_m dəfə böyükdür. $K_m = \frac{W_r^2}{gr}$ ayrılma faktoru adlanır.

Sentrifuqanın rotorunun fırlanma tezliyi artdıqca və onun diametri azaldıqca yaranan mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsiri sahəsində ayrılma effekti artır. Çevrə sürətifırlanma tezliyi ilə əvəz edilərsə

$$K_m \approx \frac{n^2 r}{900} .$$

Ayrılma faktoru sentrifuganın vacib xarakteristikası olub onun ayrılma qabiliyyətini təyin edir.

Çökdürücü sentrifugalarda suspenziyaların ayrılma prosesi bərk hissəciklərin barabanın divarlarına çökməsi mərhələsindən və çöküntünün kipləşmə mərhələsindən ibarətdir.

Həqiqi məhsuldarlığın hesabat məhsuldarlığına nisbəti çökdürücü sentrifugalarda ayrılma səmərəliliyi əmsalı adlanır:

$$\eta = \frac{Q_h}{Q_r} ,$$

burada Q_h - həqiqi məhsuldarlıq;

Q_r - hesabat məhsuldarlığı.

Hər konkret sentrifuqa üçün səmərəlilik əmsalı təcrübi yolla təyin edilir.

Yoxlama sualları

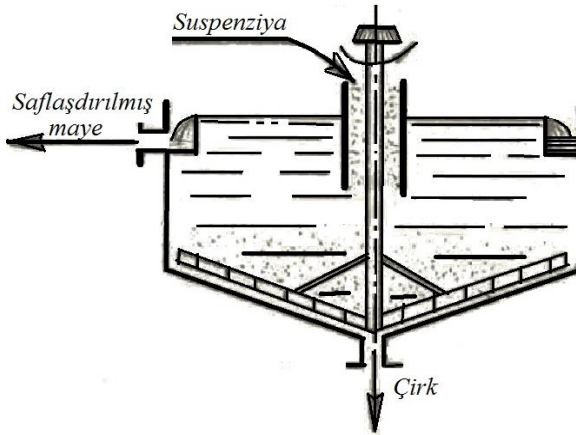
1. Müxtəlifcinsli sistemlərin ayrılması hansı xüsusiyyətlərə görə yerinə yetirilir?
2. Müxtəlifcinsli sistemlərin ayrılması metodları hansılardır?
3. Ayırma proseslərinin material balansından hansı kəmiyyətlər təyin edilir?
4. Çökmə prosesi hansı rejimlərdə baş verə bilər?
5. Çökdürmənin hərəkətedici qüvvəsi nədir?
6. Sentrifüqa və siklonların hərəkətedici qüvvəsi nədir?

Məsələ № 1. Çökdürücünün diametrinin təyini.

Su suspenziyasına görə məhsuldarlığı $G_H = 80$ t/saat olan çökdürücünün diametrinin təyin edin (şək.11.2).

Bərk fazaların miqdarı $x_H = 8\%$ (kütlə), çökən hissəciklərin ən kiçik diametri $d = 35$ mkm. Suspenziyanın temperaturu 15°C . Çöküntünün nəmliyi $\omega_{\zeta} = 70\%$

Bərk hissəciklərin sıxlığı $\rho_b = 2710$ kq/m³, suyun 15°C temperaturda sıxlığı $\rho_s = 1000$ kq/m³, dinamik özlülük əmsalı $\mu_s = 1,14 \cdot 10^{-3}$ Pa·san.



Şək. 11.2. Çökdürücünün sxemi

Həlli: 1. Laminar rejim üçün hissəciklərin çökmə rejimini təyin etmək üçün Stoks düsturundan istifadə edək:

$$v_{\zeta} = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_b - \rho_s)}{18 \cdot \mu_s} = \frac{9,81 \cdot (35 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (2710 - 1000)}{18 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3}} = 0,001 \text{ m/san.}$$

2. Reynolds meyyarının qiymətini yoxlayaq

$$Re = \frac{v_{\zeta} \cdot d \cdot \rho_s}{\mu_s} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 35 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3}}{1,14 \cdot 10^{-3}} = 0,0307 < 0,2$$

Burada çökmə rejimi – laminardır.

3. Həqiqi çökmə rejimini tapırıq:

$$v'_{\zeta} = \varphi \cdot v_{\zeta},$$

burada $\varphi = 0,5$ suspenziyanın təbiətini və hissəciklərin hərəkətini nəzərə alır.

$$v'_{\zeta} = 0,5 \cdot 0,001 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/san.}$$

4. Çöküntünün çökmə sahəsini hesablayırıq:

$$F_{\zeta} = \frac{G_H \cdot \left(1 - \frac{x_b}{x_s}\right)}{3600 \cdot \rho_s \cdot v'_{\zeta}} = \frac{80 \cdot 10^3 \cdot \left(1 - \frac{8}{30}\right)}{3600 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 32,5 \text{ m}^2,$$

burada $x_R = 100 - \omega_{\zeta} = 100 - 70 = 30\%$ (kütlə).

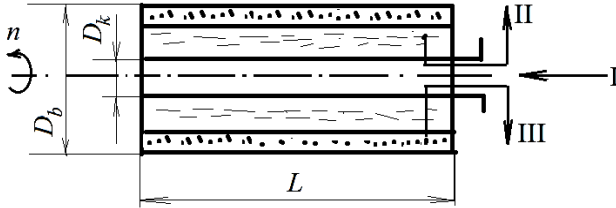
5. Çökdürücünün diametri

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785}} = \sqrt{\frac{32,5}{0,785}} = 6,4, \text{ m}$$

Məsələ №2. Çökdürücü sentrifuqanın məhsuldarlığının təyini.

Aşağıda verilənlərlə çökdürücü sentrifuqanın məhsuldarlığını təyin edin (şək.11.3): hissəciklərin ən kiçik diametri $d=5$ mkm, hissəciklərin sıxlığı $\rho_b=2000$ kq/m³, suspenziyanın temperaturu 30⁰C.

Sentrifuqanın xarakteristikası: barabanın diametri $D_b=800$ mm, barabanın uzunluğu $L=400$ mm, barabanın kənarının diametri $D_k=570$ mm, barabanın fırlanma tezliyi $n=1200$ dövr/dəq. Sentrifuqanın iş tsikli $\tau_t=22$ dəq, onlardan suspenziyanın verimi – $\tau_v=20$ dəq, çöküntünün boşalması – 2 dəq.



Şək.11.3. Çökdürücü sentrifuqanın sxemi:

- I –suspenziyanın daxil olması;
- II – saflaşmış mayenin çıxarılması;
- III –çöküntünün çıxarılması

Həlli: Sentrifuqanın məhsuldarlığı aşağıdakı düstürdan təyin olunur:

$$V_{\zeta} = 25,3 \cdot \eta \cdot L \cdot n^2 \cdot R_{bor}^2 \cdot v_{\zeta} \cdot k$$

1. Bunun üçün əvvəl Stoks düsturu ilə hissəciklərin çökmə sürətini hesablayaq:

$$v_{\zeta} = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_b - \rho_s)}{18 \cdot \mu_s} = \frac{9,81 \cdot (5 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (2000 - 1000)}{18 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/san}$$

burada $\mu_s=0,8 \cdot 10^{-3}$ Pa·san, $\rho_s=1000$ kq/m³ – suyun 30⁰C-də uyğun olaraq dinamiki özlülük əmsalı və sıxlığı.

2. Mərkəzdənqaçma qüvvəsi təsirindən hissəciklərin çökmə sürətini hesablayaq:

$$v_m = v_\zeta \cdot \frac{R_{\text{bor}} \cdot n^2}{900} = 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,285 \cdot 1200^2}{900} = 7,75 \cdot 10^{-3} \text{ m/san.}$$

3. Çökmə rejimini yoxlayaq:

$$Re = \frac{v_m \cdot d \cdot \rho_s}{\mu_s} = \frac{7,75 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 0,048$$

$Re < 0,2$ olduğundan rejim laminardır.

$$4. V_s = 25,3 \cdot 0,45 \cdot 0,4 \cdot 1200^2 \cdot 0,285^2 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 0,909 = 8,24$$

$$V_s = 8,24 \text{ m}^3/\text{saat,}$$

burada $\eta=0,45$; $k=\tau_v/\tau_t=20/22=0,909$.

Praktiki məşğələ № 12

Filtrləmə

Filtrləmə nəzəriyyəsinin əsas məsələlərindən biri filtrləməyə təsir edən müxtəlif faktorlardan asılı olaraq filtrləmə sürətinin təyin edilməsidir. Filtrləmə sürəti v vahid zamanda filtrlənən mayenin miqdarının vahid filtrləmə həcmi nisbətidir. Filtrin V (m³), filtrləmə səthi F (m²), filtrləmə müddəti τ (san) ilə işarə edilir.

$$v = \frac{V}{F\tau}. \quad (12.1)$$

Filtrləmə sürəti əsas faktorların mürəkkəb funksiyası olub aşağıdakılardır: çöküntünün strukturu, çöküntü layının qalınlığı, filtrləyici arakəsmənin xarakteri, mayenin özlülmüyü, prosesin hərəkətedici qüvvəsi. Filtrləmə prosesinin hərəkətedici qüvvəsi Δp (Pa)

mayenin filtrləmə qatının üzərində yaranan və mayenin laydan keçərkən yaratdığı təzyiqlər fərqinə bərabərdir (şək.12.1):

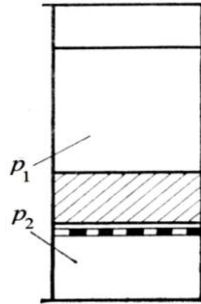
$$\Delta p = p_1 - p_2. \quad (12.2)$$

Δp fərqi filtrləyici layın üstündə təzyiqin artması və ya onun altında vakuumin yaranması hesabına yaranır. Δp -nın yaranması üsulundan asılı olaraq təzyiq altında və vakuum altında işləyən filtrlər olur.

Filtrləmə nəzəriyyəsi çöküntünün kapilyarı ilə mayenin axmasının laminar xarakter daşmasına əsaslanır. Bu ondan irəli gəlir ki, çöküntünün məsamələrinin diametri çox kiçikdir, buna görə də

$$Re = \frac{w \cdot d}{\gamma}$$

kritik qiymətindən aşağı olacaqdır.



Şək.12.1. Çöküntülü filtrləmənin sxemi

Buradan görünür ki, filtrin kapilyarları ilə mayenin axması Puazeyl tənliyinə tabe olur.

$$w = \frac{\Delta p d^2}{32 \eta l}, \quad (12.3)$$

burada w - kapilyarda mayenin hərəkət sürəti, m/san;

p - təzyiq, Pa;

d - kapilyarın diametri, m;
 l - kapilyarın uzunluğu, m;
 η - özlülük, Pa·san.

Bir kapilyardan keçən maye sərfi (m^3/san)

$$q = \frac{\pi d^2}{4} w$$

və ya

$$q = \frac{\pi d^2}{4} \left[\frac{\Delta p d^2}{32 \eta l} \right] = \frac{\Delta p d^4 \alpha}{32 \eta l}, \quad (12.4)$$

burada $\alpha = \frac{\pi}{4}$ - kapilyarın formasından asılıdır.

Əgər filtrləmə sahəsi F -ə bərabədirsə, səth vahidinə düşən məsamələrin sayız olarsa, onda τ zaman müddəti ərzində

$$Q = q \tau F z = \left(\frac{\Delta p d^4 \alpha}{32 \eta l} \right) \tau F z. \quad (12.5)$$

(12.5) tənliyində professor Q.M.Znamenski tərəfindən təklif olunan dəyişikliklər edilir. Kapilyarın uzunluğunun l filtrləyici layın qalınlığından asılılığı aşağıdakı kimi göstərilir:

$$l = \beta S, \quad (12.6)$$

burada $\beta > 1$ - kapilyarın əyrixətlliliyini xarakterizə edən əmsaldır.

Vahid səthə düşən kapilyarların miqdarı çöküntünün hissəciklərinin ölçülərindən asılıdır. Fərz etmək olar ki, vahid səthdə kapilyarların miqdarı

$$z = \frac{\varepsilon}{D^2}, \quad (12.7)$$

burada D - hissəciklərin diametri, m;
 ε - mütənasiblik əmsalındır.

Çöküntülü filtrləmənin iki rejimi. Filtrdən keçən filtratın miqdarı artdıqca onun səthindəki çöküntü layı artır ki, bu müqavimətin artmasına səbəb olur. Əgər Δp sabit qalarsa, onda filtrləmə sürəti v azalar. Belə filtrləmə rejimi sabit təzyiqli filtrləmə adlanır.

Digər filtrləmə rejimi sabit sürətdə filtrləmədir. Belə rejimdə mütəmadi olaraq təzyiqli artırmaq lazım gəlir. Bu filtrləmə rejimlərini ayırı-ayrılıqda nəzərdən keçirək.

Sabit təzyiqdə filtrləmə. Normal təzyiqdə 1 m^2 səthə malik filtrdən keçən çöküntünün həcmi ε ilə işarə edirik. Onda

$$S_0 = \frac{V\varepsilon}{F}, \quad (12.8)$$

burada $V - \tau$ müddətində F sahəsindən keçən filtratın həcmi. Sonsuz kiçik zaman müddətində $d\tau$ filtrdən keçən filtratın həcmi

$$dV = vFd\tau. \quad (12.9)$$

Sıxılan çöküntü üçün (12.8) tənliyi aşağıdakı kimi yazıla-
caq:

$$dV = vFd\tau = \Delta p(1 - \Delta p/G) \cdot \frac{Fd\tau}{\sigma_0 S_0 \eta}$$

və ya (12.9) tənliyinə görə

$$dV = \frac{\Delta p(1 - \Delta p/G) F^2 d\tau}{\sigma_0 \eta V \varepsilon}. \quad (12.10)$$

Buradan

$$VdV = \frac{\Delta p(1 - \Delta p/G) F^2 d\tau}{\sigma_0 \eta \varepsilon}.$$

Bu tənliyi 0-dan V -yə və 0-dan τ -ya kimi inteqrallasaq alarıq:

$$\frac{V^2}{2} = \frac{\Delta p (1 - \Delta p / G) F^2 \tau}{\sigma_0 \eta \varepsilon}. \quad (12.11)$$

Buradan

$$V = F \sqrt{\frac{2\Delta p (1 - \Delta p / G) \tau}{\sigma_0 \eta \varepsilon}}. \quad (12.12)$$

Bu tənliklərdən filtrin məhsuldarlığını təyin etmək olar. Bunun üçün filtrin səthi F , iş müddəti τ , təzyiqi $\Delta p = \text{const}$, həmçinin çöküntü və filtratın xassələri σ_0 , η , ε , G məlum olmalıdır.

τ müddətində çöküntünün qalınlığını S_0 (12.8) tənliyindən təyin edək. Bu tənliyə (12.12) tənliyindən V -nin qiymətini yazaq:

$$S_0 = F \sqrt{\frac{2\Delta p (1 - \Delta p / G) \tau}{\sigma_0 \eta \varepsilon}} \cdot \frac{\varepsilon}{F}$$

və ya

$$S_0 = F \sqrt{2\Delta p (1 - \Delta p / G) \tau \varepsilon / \sigma_0 \eta}. \quad (12.13)$$

Δp təzyiqində çöküntünün qalınlığı

$$S = S_0 \left(1 - \frac{\Delta p}{G} \right).$$

Buradan

$$S = \sqrt{2\Delta p (1 - \Delta p / G) \tau \varepsilon / \sigma_0 \eta} \cdot (1 - \Delta p / G)$$

və ya

$$S = \sqrt{2\Delta p (1 - \Delta p / G)^3 \tau \varepsilon / \sigma_0 \eta}. \quad (12.14)$$

(12.14) tənliyindən istifadə etməklə çöküntünün qalınlığı hesablanabilir.

Sabit sürətdə filtrləmə. (12.8) tənliyindən

$$\sigma_0 \eta S_0 = \Delta p (1 - \Delta p / G) \cdot v. \quad (12.15)$$

Bu tənlikdə S_0 və Δp dəyişənlərdir. (3.15) ifadəsini differensiallamaqla

$$\sigma_0 \eta dS_0 = \frac{d(\Delta p) - 2\Delta p d(\Delta p) / G}{v}. \quad (12.16)$$

Buradan

$$dS_0 = [d(\Delta p) - 2\Delta p d(\Delta p) / G] / G_0 \eta v. \quad (12.17)$$

(12.8) tənliyinin sağ hissəsini

$$S_0 = \frac{V \varepsilon}{F}.$$

Eyni zamanda τ -ya vurub və bölməklə

$$S_0 = \frac{V \varepsilon \tau}{F \tau} = \varepsilon \tau v; \quad (12.18)$$

$$v = \frac{V}{F \tau}.$$

(12.18) tənliyini differensiallasaq

$$dS_0 = \frac{\varepsilon v}{d\tau}, \quad (12.19)$$

$v = \text{const}$ olduğundan

(12.19) və (12.17) tənliklərindən alınar:

$$d\tau = \frac{dS_0}{\varepsilon v} = \frac{d(\Delta p) - (2\Delta p d(\Delta p) / G)}{\sigma_0 v^2 \eta \varepsilon}.$$

Bu tənliyi 0 - dan τ - ya və Δp_1 - dən Δp_2 - yə inteqrallasaq

$$\tau = (\Delta p_2 - \Delta p_1) - \left[(\Delta p_2^2 - \Delta p_1^2) / G \right] / v^2 \sigma_0 \eta \varepsilon. \quad (12.20)$$

Buradan

$$v = \sqrt{\frac{(\Delta p_2 - \Delta p_1) - [(\Delta p_2^2 - \Delta p_1^2)/G]}{\sigma_0 \eta \varepsilon \tau}}. \quad (12.21)$$

Filtrin məhsuldarlığı

$$V = F \tau v = F \sqrt{\left\{ (\Delta p_2 - \Delta p_1) - [(\Delta p_2^2 - \Delta p_1^2)/G] \right\} \tau / \sigma_0 \eta \varepsilon}. \quad (12.22)$$

(12.8) tənliyindən çöküntü layının qalınlığını təyin edək:

$$S_0 = \frac{V \varepsilon}{F}.$$

Bu tənliyə (12.22) tənliyindən V -nin qiyməti yazılır:

$$S_0 = \sqrt{\frac{\left\{ (\Delta p_2 - \Delta p_1) - [(\Delta p_2^2 - \Delta p_1^2)/G] \right\} \tau \varepsilon}{\sigma_0 \eta}}. \quad (12.23)$$

$S = S_0(1 - \Delta p/G)$ olduğu üçün

$$S = \left(1 - \frac{\Delta p}{G}\right) \sqrt{\frac{\left\{ (\Delta p_2 - \Delta p_1) - [(\Delta p_2^2 - \Delta p_1^2)/G] \right\} \tau \varepsilon}{\sigma_0 \eta}}. \quad (12.24)$$

Bu tənliklərdə çöküntünün sıxılma modulu G sabit qalmır, çünki təzyiqin dəyişməsi ilə o da dəyişir. Bu səbəbdən belə tənlikləri həll etdikdə modulun qiyməti orta təzyiq üçün qəbul edilir, $(\Delta p_1 + \Delta p_2)/2$. Sənayedə qarışıq filtrləmə rejimindən istifadə olunur. Birinci mərhələdə isə sabit sürətli, sonrakı mərhələdə sabit təzyiqli filtrləmədən istifadə olunur.

Yoxlama sualları

1. Hansı qeyri yekcins sistemlər filtrlənmə ilə ayrılır?
2. Filtrləmənin hərəkətedici qüvvəsi nədir?
3. Qida sənayesində hansı filtrlərdən istifadə olunur?
4. Filtrləyici sentrifuqaların hərəkətedici qüvvəsi nədir?

Məsələ № 1. Filtratın həcmnin təyini.

$G_c=30000$ kq/saat şəkər şirəsindən alınan filtratın həcmi təyin edin. Bərk fazanın miqdarı $x_b=18\%$ (kütlə). Alınan çöküntünün nəmliyi $\omega=16\%$ (kütlə). Alınan filtratın sıxlığı $\rho_f=1100$ kq/m³.

Həlli: 1. Bərk fazanın kütkəsi təyin edilir:

$$G_b = G_c \cdot x_b = 30000 \cdot 0,18 = 5400 \text{ kq/saat.}$$

2. Ondan alınan nəm çöküntünün kütləsi

$$G_s = \frac{G_b}{1 - \omega} = \frac{5400}{0,82} = 6428 \text{ kq/saat.}$$

3. Alınan filtratın kütləsi

$$G_f = G_s - G_c = 30000 - 6428 = 23571 \text{ kq/saat.}$$

4. Filtratın həcmi

$$V_f = \frac{G_f}{\rho_f} = \frac{23571}{1100} = 21,4 \text{ m}^3/\text{saat} = 0,006 \text{ m}^3/\text{san.}$$

Məsələ № 2: Çöküntünün və filtrləyici arakəsmənin xüsusi müqavimətinin təyini.

2m^3 miqdarda filtratın filtrdən keçməsində $0,001 \text{ m}^3$ çöküntü layı əmələ gəlir. Çöküntünün və filtrləyici arakəsmənin xüsusi müqavimətini təyin edin.

Filtrləmə konstantları: $C=1,40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2$ və $K=5,56 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{san}$, $\Delta P=0,2 \text{ MPa}$.

Həlli: 1. Çöküntünün xüsusi müqavimətini tapırıq:

$$K = \frac{2 \cdot \Delta P}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \quad \text{və ya} \quad r_0 = \frac{2 \cdot \Delta P}{K \cdot \mu \cdot x_0},$$

burada $\mu=2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{san}$ – filtratın özlülüyü;

$x_0=0,001/2=0,0005 \text{ m}^3/\text{m}^3 - 1 \text{ m}^3$ filtratda çöküntünün miqdarı

$$r_0 = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 10^6}{5,56 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-4}} = 7,19 \cdot 10^{17}, 1/\text{m}^2.$$

2. Filtrləyici arakəsmənin müqaviməti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$C_f = \frac{R_{f,a}}{r_0 \cdot x_0} \quad \text{və ya} \quad R_{f,a} = C \cdot r_0 \cdot x_0$$

$$R_{f,a} = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 7,19 \cdot 10^{17} \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 5,03 \cdot 10^{11} \text{ 1/m}.$$

Praktiki məşğələ № 13

Saxta mayeləşmə (qaynayan lay)

Saxta mayeləşən (qaynayan) layın əmələ gəlməsini nəzərdən keçirək. Perforasiyalı qazpaylayıcı şadara ilə təchiz olunmuş şaquli aparatda (şək.13.1) narın dispers bərk material layı yerləşdirilir. Mayeləşdirici agent, yəni qaz aparatın alt hissəsinə qazpaylayıcı şadaranın altına verilir. Layda təzyiqlər fərqi diferensial manometrlə ölçülür.

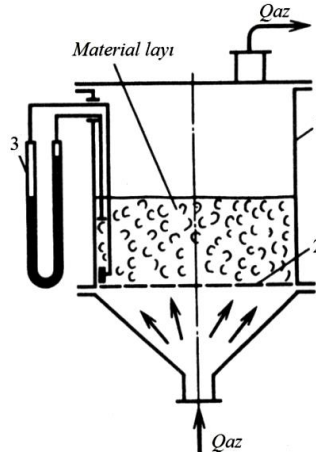
İki fazalı sistemin halı saxta mayeləşmə əyrisi şəklində verilir. Bu əyri layda təzyiqlər fərqi Δp mayeləşdirici agentin sürətindən v asılılığını ifadə edir:

$$\frac{\Delta p}{H_0} = \frac{f}{v}, \quad (13.1)$$

burada H - hərəkətsiz layın hündürlüyüdür, m.

Qazın çox yüksək olmayan sürətində dənəvər material layı hərəkətsizqalır, qaz laydan keçərək filtrasiya edir (şək.13.2, *OK* əyrisi). Qazın sürəti artdıqca layda təzyiqlər fərqi artır və müəy-

yən anda layda dənəvər materialın kütləsi qaz axınının hidrodinamiki təzyiqli ilə bərabərləşir və hidrodinamiki tarazlıq yaranır.



Şək.13.1. Saxta mayeləşmə üçün aparat:

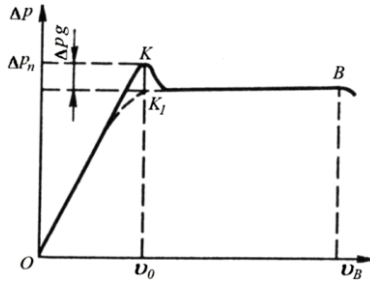
1-korpus; 2-perforasiyalışadara; 3-manometr

Hidrodinamiki tarazlıq şəraitində hissəciklərin pulsasiyalı (döyüntülü) hərəkəti baş verir. K_I nöqtəsindəki kəsilmə sabit layın "qaynayan" hala keçməsinə uyğun gəlir. K_I nöqtəsinin absisi "qaynamanın" başlama sürətini, ordinatı isə bu nöqtədə təzyiqlər sürətini təyin edir. Dənəvər layın saxta mayeləşmə halına keçməsi sürəti saxta mayeləşmənin başlanğıc sürəti adlanır. Qazın sürətinin artmasında lay genişlənir, hissəciklərin qarışma intensivliyi artır, ancaq təzyiqlər fərqi sabit qalır.

İkinci kritiki sürətdə v_B və ya aparılma sürətində hidrodinamiki tarazlıq pozulur. Bu sürət saxta mayeləşən layın mövcudluğunun yuxarı sərhədidir. $v > v_B$ olduqda hissəciklər laydan aparılır, nəticədə onların kütlə miqdarı azalır və bərk fazanı asılı vəziyyətdə saxlamaq üçün lazım olan enerji azalır.

Real saxta qaynama əyrisi ideal əyridən bir qədər fərqlənir. Beləliklə, saxta qaynama layının sərhədləri saxta qaynamanın başlama və aparılma sürəti ilə məhdudlaşır. Sabit laydan saxta

mayeləşməyə kəskin keçid qiymətləri bir-birinə yaxın hissəciklərdən ibarət olan laylar üçün xarakterikdir.

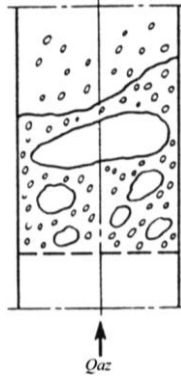


Şək.13.2. Saxta mayeləşmə əyrisi

İşçi sürətin saxta mayeləşmənin başlama sürətinə nisbəti $W = u/u_0$ saxta mayeləşmə ("qaynama") ədədi adlanır. Saxta mayeləşmə ədədi saxta mayeləşmə halını və onda hissəciklərin qarışma intensivliyini xarakterizə edir. Saxta mayeləşən layın xassələri saxta mayeləşmə ədədlərindən asılıdır.

Layın saxta mayeləşməsi yekcins və qeyri-yekcins olur. Yekcins saxta mayeləşmə layın damcılı maye ilə "qaynamasında" müşahidə olunur. Qeyri-yekcins "qaynamada" qaz layında qabarcıqların olması müşahidə olunur (şək.13.3). Saxta mayeləşmə ədədi kiçik olduqda layın qeyri-yekcinsliyi onun xassələrinə mənfi təsir göstərmir. Hərəkət edən qaz qabarcıqları layda hissəciklərin qarışmasını intensivləşdirir. Ancaq saxta mayeləşmə ədədi artdıqda layın qeyri-yekcinsliyi artır, yəni qabarcıqların ölçüləri böyüyür və hissəciklərin laydan intensiv atılması (aparılması) başlayır. Qabarcıqların ən kəskin ölçüləri aparatın ölçüsünə çatır. Porşen rejimi adlanan rejim yaranır, bu halda qaz və materialın hissəcikləri arasında bərabər təmas pisləşir (qeyri bərabərləşir).

Qazla saxta mayeləşdirmədə, əsasən də nəmli, kiçik yapışqan hissəciklərdə, kanal əmələ gəlmə müşahidə oluna bilər ki, bu halda qaz laydan sıçrayaraq keçir.



Şək.13.3. Qeyri-yekcins saxta mayeləşən layın strukturu

Kanal əmələ gəlmənin məhdud halı fantanlayıcı (fənvare) layı yaradır (şək.13.4). Fantanlayıcı axında qaz aparatın oxuna yaxın yaranan kanalla laydan keçir.

Saxta mayeləşmə sıx və duru fazalarda baş verir.

Sıx fazada saxta mayeləşmə o zaman müşahidə olunur ki, qazın sürəti saxta mayeləşmənin başlama sürəti ν_0 və aparılma sürəti ν_B arasında olur. $\nu > \nu_b$ olduqda hissəciklərin laydan pnevmatiki nəql etdirilməsi baş verir. Bu halda saxta mayeləşən lay duru fazada olur. Duru halda faza o zamana qədər mövcud olur ki, qaz axımında heç olmasa bir hissəcik olsun.

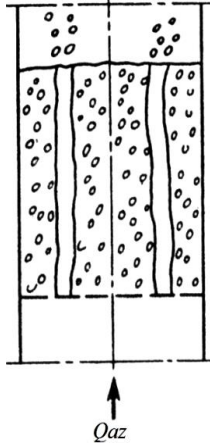
Bərk hissəciklər layının saxta mayeləşmə halında olması üçün enerji E sərf etmək lazım gəlir. Bu enerji hissəciklərin bir-birinə sürtünməsini və qazın hissəciklərə sürtünməsini, hissəciklərin və qazın aparatın divarlarına sürtünməsini qət etməyə və layın genişlənməsinə sərf olunur.

Sabit en kəsiyi olan aparatlarda qazın sıxılmasını nəzərə almadıqda qəbul etmək olar ki,

$$E = \nu \Delta p F ,$$

burada Δp - qazın laydan keçməsində təzyiqlər fərqi;

F - aparatın en kəsik sahəsi.



Şək.13.4. Layda kanal əmələ gəlmə

Layda təzyiqlər fərqi nəzəri yolla təyin etmək olar. Əgər H hündürlüyü boyu ε sabit qəbul edilməzsə, onda

$$\Delta p = g\rho_e(1 - \varepsilon)H, \quad (13.2)$$

burada ρ_e - hissəciklərin səmərəli sıxlığı ($\rho_e \approx \rho_t$), q/m^3 ;
 ε - saxta mayeləşən layın müxtəlifliyidir.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_T},$$

burada ρ_s - layın sıxlığı;

ρ_T - bərk hissəciklərin sıxlığı, kq/m^3 .

Hərəkətsiz lay üçün

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_H}{\rho_T},$$

burada ρ_H - materialın tökmə sıxlığı, kq/m^3 .

Saxta mayeləşmənin başlanğıc nöqtəsində

$$\frac{\Delta p}{H_0} = g\rho_e(1 - \varepsilon_0).$$

(13.1) və (13.2) tənliklərini bərabərləşdirdikdə saxta mayeləşmə sürəti tapılır:

$$f/v = g\rho_e(1 - \varepsilon_0).$$

Layda təzyiqlər fərqi hesablamak üçün Erqanın tənliyi tövsiyə edilir:

$$\Delta p = 150 \frac{(1 - \varepsilon_0)^2}{\varepsilon_0^3} \cdot \frac{\mu v}{d_e^2} H + 1,75 \frac{1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0^3} \cdot \frac{\rho_T v^2}{d_e} H.$$

Bu tənlikdən $\varepsilon_0=0,38\dots 0,42$ olduqda Todes saxta mayeləşmənin başlanğıc sürətini hesablamaq üçün kriterial asılılıq əldə etmişdir:

$$Re_0 = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}, \quad (13.3)$$

burada Re_0 - Reynolds kriterisi;

Ar - Arximed kriterisidir.

Bu asılılıq Reynolds ədədinin hər bir dəyişmə diapazonunda həm laminar, həm keçid və həm də turbulent rejimlərində istifadə olunur.

Sferik formada olmayan hissəciklər üçün saxta mayeləşmənin başlanğıc sürətini forma faktoru Φ nəzərə alınaraq təyin edilir.

Sferik formadan fərqlənəndə hissəciklərin ölçüləri aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$d_i = \sqrt[3]{\frac{6V_r}{\pi}},$$

burada V_r - baxılan fraksiyada bir hissəciyin həcmnin orta ədədidir.

$$V_r = \frac{g}{n\rho_T},$$

burada g - təcürbədənünün kütləsi;
 n - nününədə hissəciklərin miqdarı;
 ρ_T - hissəciklərin sıxlığıdır.

Hissəciklərin forma faktoru

$$\Phi = \sqrt{\frac{\pi d_h^2}{S_h}} = \sqrt{\frac{4,87V_h^{\frac{2}{3}}}{S_h}},$$

burada d_h - hissəciklərin diametri;
 S_h - hissəciklərin sahəsidir.

İkinci kritiki sürətin hesabati ν_B (13.3) düsturu ilə anoloji aparılır:

$$\text{Re}_B = \frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}}. \quad (13.4)$$

Hissəciklərin aparılma sürəti

$$\nu_B = \frac{\text{Re} \nu}{d_h}, \quad (13.5)$$

burada ν - kinematik özlülük əmsalındır.

Yoxlama sualları

1. Dənəvər layın hansı vəziyyəti saxta mayeləşən (qaynayan) adlanır?
2. Saxta mayeləşmənin real ayrıləri ideal ayrılərdən nə ilə fərqlənir?
3. Qazın sürəti aparılma sürətinə bərabər olduğu hala dənəvər material laya xarakterik olan nədir?
4. Dənəvər layın saxta mayeləşməsində qaz axınının enerjisi nəyə sərf olunur?

Məsələ № 1: Hissəciklərin aparılma (çıxarılma) sürətinin hesablanması.

Diametri 0,8 mm olan hissəciklərin aparılma (çıxarılma) sürətini hesablayın. Havanın $t = 100^{\circ}\text{C}$; bu şərait üçün havanın sıxlığı $\rho = 1,29 \text{ kq/m}^3$, $\mu = 0,022 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ an, hissəciklərin sıxlığı $\rho_b = 1100 \text{ kq/m}^3$.

Həlli: 1. Arximed kriterisini (meyarını) hesablayaq:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_b - \rho) \cdot \rho}{\mu^2} = \frac{9,81 \cdot (0,8 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1100 - 1,29) \cdot 1,29}{(0,022 \cdot 10^{-3})^2} = 14712$$

2. Kriteri tənliyindən Re_a tapılır:

$$Re_a = \frac{Ar}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{Ar}} = \frac{14712}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{14712}} = 160.$$

3. Hissəciklərin aparılma sürəti

$$Re_a = \frac{v_y \cdot d \cdot \rho}{\mu} \Rightarrow v_y = \frac{Re_y \cdot \mu}{d \cdot \rho} = \frac{160 \cdot 0,022 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,29} = 3,4. \text{ m/san.}$$

Məsələ № 2: Hava axınında olan süd şəkəri hissəciklərində saxta mayeləşmənin başlanma sürətinin təyini

$t = 80^{\circ}\text{C}$ temperaturu olan hava axınında olan süd şəkərinin hissəciklərində ($d = 1 \text{ mm}$) saxta mayeləşmənin başlanma sürətini təyin edin. Bu şərait üçün havanın sıxlığı $\rho = 1,29 \text{ kq/m}^3$, $\mu = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ an, hissəciklərin sıxlığı $\rho_b = 1450 \text{ kq/m}^3$.

Həlli: 1. Arximed kriterisini hesablayaq:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_b - \rho) \cdot \rho}{\mu^2} = \frac{9,81 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1450 - 1,29) \cdot 1,29}{(0,02 \cdot 10^{-3})^2} = 34760$$

2. Kriteri tənliyindən Re_m tapılır:

$$\text{Re}_a = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} = \frac{34760}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{34760}} = 20,4.$$

3. Saxta mayeləşmənin başlanma sürətini hesablayaq

$$\text{Re}_m = \frac{v_0 \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

və ya

$$v_m = \frac{\text{Re}_0 \cdot \mu}{d \cdot \rho} = \frac{20,4 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,29} = 0,31. \text{ m/san.}$$

Praktiki məşğələ № 14

Qarışdırma

Qida sənayesində istifadə olunan mexaniki qarışdırıcılar üç əsas qrupa bölünür: pərli, propellerli və turbinli.

Pərli qarışdırıcılar. Bu qarışdırıcılar başqalarına nisbətən sadə konstruksiyalı olub qurğularda hərəkət istiqamətinə perpendikulyar və ya maili yerləşdirilir. Pərlər fırlanan şaquli və ya üfüqi valda oturdulur. Bir səthdə 1-dən 4-ə qədər pərlər yerləşə bilər. Pərlərin forması müxtəlif, adi düzbucaqlıdan mürəkkəb konstruksiyalaradək olur. Pərin tipinin seçilməsi qarışdırılan mühitin xassəsi ilə təyin olunur. Belə ki, lövbərli qarışdırıcılar çöküntülü sistemlərin qarışdırılmasında istifadə olunur. Özlü mayələrin qarışdırılması zamanı mayenin pərlərlə birgə fırlanmaması üçün əksətdiricilər quraşdırılır. Qarışdırıcıların fırlanması zamanı mayenin səthi paraboloid formasını alır ki, onun dərinliyi fırlanma tezliyi artıqca çoxalır. Pərli qarışdırıcıların fırlanma tezliyi 400 dövr/dəq-dən artıq olmur, adətən 20...80 dövr/dəq. təşkil edir. Pərli qarışdırıcıların üstünlükləri qurğunun sadəliyidir. Lakin onlar pərin səthinə perpendikulyar səthdə onlar yaxşı qarışdırmanı təmin edə bilmirlər. Pərlər hərəkət istiqamətinə perpendikulyar yerləşdiril-

dikdə suspenziyanın hissəciklərinin asılı halda olmasını təmin edə bilmirlər. Sadə pərli qarışdırıcılar əsasən aşağı özlülüklü mayelərin qarışdırılmasında istifadə olunur (0,1 Pa·san-yə qədər). Özlülüyü çox olan mayelərin qarışdırılması üçün çərçivəli qarışdırıcılardan və ya əksetdirici arakəsməli çənlərdən istifadə olunur. Pərli planetar qarışdırıcı yaxşı qarışmanı təmin edir, ancaq mürəkkəb konstruksiyaya malikdir.

Propellerli qarışdırıcılar. Propellerli qarışdırıcıların işçi orqanı şaquli və ya üfüqi oxa oturdulmuş propellerlərdən (vintlərdən) ibarətdir. Vintin diametri adətən çənin diametrinin 1/3...1/4-ni təşkil edir. Vintlər iki və ya üç pərli olurlar. Pərlərin maillik bucağının dəyişməsi hesabına mayenin hissəcikləri vintlə müxtəlif istiqamətə hərəkət etdirir. Bunun nəticəsində qarşılıqlı maye şırnaqları yaranır ki, bu da yaxşı qarışmanı təmin edir.

Propellerli qarışdırıcılar orta özlülüklü (6 Pa·san-yə qədər) hərəkətli mayələrdə istifadə olunur. Pərlilərlə müqayisədə bu qarışdırıcılar daha faydalıdır, ancaq daha çox enerji istifadə edir. Vintin oxunun maili yerləşməsi qarışdırmanın effektivliyini təmin edir.

Turbinli qarışdırıcılar. Turbinli qarışdırıcıların işçi orqanı şaquli oxla fırlanan turbin çarxıdır. Çarxın fırlanma tezliyi 200...2000 dövr/dəqiqədir. Onun işi mərkəzdənqaçma nasosunun işi ilə anoloji. Maye çarxa mərkəzi deşikdən ox istiqamətində daxil olur və pərlərdən təcil alaraq çarxdan radial istiqamətdə atılır. Fırlanan çarx fırlanmayan pərli çarxın içərisində yerləşdirilir. Bu çarxın məqsədi maye axınının istiqamətini dəyişdirmək və hidravliki itkiləri azaltmaqdır. Daha yaxşı qarışmanı təmin etmək üçün valda iki turbin yerləşdirilir.

Turbinli qarışdırıcılar çox səmərəli aparatlar olubhəm özlülüyü az, həm də çox olan (500 Pa·san-yə qədər) mayeləri və eləcə də mayələrdə səpələnən cisimləri (25 mmölçülərində) qarışdırma üçün istifadə olunur.

Mexaniki qarışdırmada enerji sərfi. Mexaniki qarışdırma zamanı enerji sərfini təyin etmək üçün ölçülər analizi metodundan

istifadə edilir. Qarışdırma prosesinin eksperimental tədqiqi zamanı müəyyən edilmişdir ki, qarışdırıcının gücü N mayenin özlülüyündən η , sıxlığından ρ , qarışdırıcının fırlanma tezliyindən n və diametrindən d asılıdır.

$$N = \varphi(\eta, \rho, n, d)$$

və ya

$$N = c \eta^x \rho^y n^z d^v, \quad (14.1)$$

burada c, x, y, z, v - əmsal və dərəcə göstəriciləridir.

Burada 5 məchul var. Deməli, "pi" teoreminə əsasən kriterilərin sayı $5-3=2$.

Tənliyin kəmiyyətlərinin ölçü vahidlərini yazaraq:

$$[N] = Vt = \frac{N \cdot m}{san} = \left(\frac{kq \cdot m}{san^2} \right) \frac{m}{san} = \frac{kq \cdot m^2}{san^3};$$

$$[\eta] = \frac{N \cdot san}{m^2} = \left(\frac{kq \cdot m}{san^2} \right) \frac{san}{m^2} = \frac{kq}{san \cdot m};$$

$$[\rho] = \frac{kq}{m^3}; \quad [n] = \frac{1}{san}; \quad [d] = m.$$

Ölçülər tənliyi

$$\frac{kq \cdot m^2}{san^3} = \left(\frac{kq}{san \cdot m} \right)^x \left(\frac{kq}{m^3} \right)^y \left(\frac{1}{san} \right)^z (m)^v;$$

$$kq \cdot m^2 \cdot san^{-3} = kq^{x+y} san^{-x-z} m^{-x-3y+v}.$$

Əsas vahidlər üçün tənliklər sistemi yazılır:

$$kq|1 = x + y$$

$$m|2 = -x - 3y + v$$

$$san|-3 = -x - z.$$

Buradan dəyişikliklər etdikdə

$$y = 1 - x; \quad v = 5 - 2x; \quad z = 3 - x$$

alınır.

Alınan qiymətləri (6.1) tənliyində yerinə yazdıqda

$$N = c\eta^x \rho^{1-x} n^{3-x} d^{5-2x};$$

$$N = c\rho n^3 d^5 \left(\frac{\eta}{\rho n d^2} \right)^x$$

və ya

$$\frac{N}{\rho n^3 d^5} = c \left(\frac{\rho n d^2}{\eta} \right)^{-x}. \quad (14.2)$$

Ölçüsüz kompleks $\frac{N}{\rho n^3 d^5}$ Eyler kriterisi və ya güc kriterisi

K_N adlanır və qarışdırma üçün Eu_m kimi işarələnir. $\rho n d^2 / \eta$ -Reynolds kriterisinin başqa növü olub Re_m kimi işarələnir.

$$Eu_m = c Re_m^k. \quad (14.3)$$

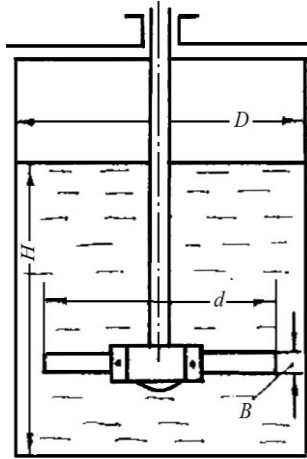
(14.3) tənliyi qarışdırmada enerji sərfinin kriterial tənliyinin ümumi görünüşüdür. c və k kəmiyyətləri eksperimental yolla təyin edilir.

Yoxlama sualları

1. Qarışdırma hansı məqsədlə aparılır?
2. Maye mühitdə hansı qarışdırma üsullarından istifadə olunur?
3. Qida sənayesində hansı konstruksiyalı qarışdırıcılardan istifadə olunur?
4. Qarışdırmanın istifadə etdiyi güc necə təyin olunur?

Məsələ №1: Suspenziyanı qarışdıran propellerli qarışdırıcının fırlanma tezliyinin təyini.

Sıxlığı $\rho=1250 \text{ kq/m}^3$ olan suspenziyanı qarışdıran propellerli qarışdırıcının fırlanma tezliyini təyin edin (şək.14.1). Qarışdırıcının diametri $d=300 \text{ mm}$, istifadə edilən güc $N_i=7 \text{ kVt}$, $Re_q = 800$, güc əmsalı $k_N = 0,35$



Şək.14.1. Qarışdırıcı

Həlli: Propellerli qarışdırıcının fırlanma tezliyini hesablayaq:

$$N_i = k_N \cdot d^5 \cdot n^3 \cdot \rho$$

Buradan

$$n = \sqrt[3]{\frac{N_i}{k_N \cdot d^5 \cdot \rho}} = \sqrt[3]{\frac{7000}{0,35 \cdot 0,3^5 \cdot 1250}} = 18,8 \text{ dövr/san.}$$

Məsələ №2: Turbinli qarışdırıcının istifadə etdiyi gücün hesablanması.

Sıxlığı $\rho=1300 \text{ kq/m}^3$, $\mu=0,12 \text{ Pa}\cdot\text{san}$ olan suspenziyanı qarışdırmaq üçün diametri $d=300 \text{ mm}$ olan turbinli qarışdırıcının is-

tifadə etdiyi gücü hesablayın. Qarışdırıcının fırlanma sürəti $\omega=7$ m/san.

Həlli: 1. Qarışdırıcının fırlanma tezliyini tezliyini hesablayaq:

$$\omega = \pi \cdot d \cdot n,$$

Buradan

$$n = \frac{\omega}{\pi \cdot d} = \frac{7}{3,14 \cdot 0,3} = 7,4 \text{ dövr/san.}$$

2. Modifikasi olunmuş Reynolds kriterisini təyin edirik:

$$Re_m = \frac{\rho \cdot d \cdot n^2}{\mu} = \frac{1300 \cdot 0,3 \cdot 7,4^2}{0,12} = 179464$$

Re_m -in bu qiymətinə və qarışdırıcının tipinə görə güc əmsalı $k_N = 1,1$.

3. Turbinli qarışdırıcının istifadə etdiyi gücü hesablayırıq:

$$N_i = k_N \cdot d^5 \cdot n^3 \cdot \rho;$$

$$N_i = 1,1 \cdot 0,3^5 \cdot 7,4^3 \cdot 1300 = 1390 \text{ Vt.}$$

Praktiki məşğələ № 15

Qızdırma və kondensasiya

İstilikötürmə əmsalı və ümumi termiki müqavimət

İstilikötürmə əmsalı istilikdəyişmənin ümumi effektini göstərir, istiliyin ardıcıl olaraq qaynar mühitdən divara və divardan soyuq mühitə ötürülməsini xarakterizə edən kəmiyyətlərlə ifadə olunur. İstilikötürmə əmsalı aşağıdakı üsulla tapılır.

Düz səthli divarda stasionar istilikötürməni nəzərdən keçirək

(şək.15.1). Birinci istilikdəyişmə sahəsində qızdırıcı istilik daşıyanla divarın səthi arasındakı səthi sıxlıq Nyutonun istilikvermə qanununa əsasən təyin edilir:

$$q = \alpha_1 \Delta t_1. \quad (15.1)$$

burada α_1 - istilikvermə əmsəlidir.

İkinci istilikdəyişmə sahəsində Furiyenin istilikkeçirmə qanununa uyğun olaraq istilik axınının səthi sıxlığı aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$q = -\lambda \nabla t = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t_c, \quad (15.2)$$

burada λ - mühitin istilikkeçirmə əmsəlidir, ∇t (m·K);

∇t - temperatur qradientidir, K/m;

$\Delta t_c = t_{c1} - t_{c2}$ - divarda temperatur basqısıdır;

δ - səthi divarın qalınlığıdır, m.

Stasionar prosesdə istilik axınının sıxlığının sabit olmasına görə temperatur qradienti son kəmiyyətlərlə ifadə olunur. Üçüncü sahədə divarın səthi və qızdırılan istilikdaşıyan arasında istilik axınının səthi sıxlığı Nyutonun istilikvermə qanununa görə təyin edilir.

$$q = \alpha_2 \Delta t_2. \quad (15.3)$$

Stasionar istilikdəyişmə prosesi üçün alınır

$$q = \alpha_1 \Delta t_1 = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t_c = \alpha_2 \Delta t_2 = k \Delta t. \quad (15.4)$$

İlk üç bərabərlik temperatur fərqləri üçün həll edilir:

$$\Delta t_1 = q \frac{1}{\alpha_1}; \quad \Delta t_c = q \frac{\delta}{\lambda}; \quad \Delta t_2 = q \frac{1}{\alpha_2}.$$

Bu tənlikləri toplasaq

$$\Delta t_1 + \Delta t_c + \Delta t_2 = q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right).$$

Tənliyin sol hissəsində alırıq

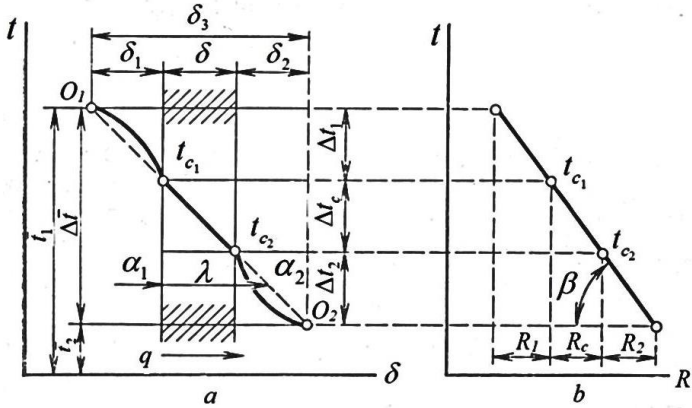
$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_c + \Delta t_2.$$

(15.4)-dən $\Delta t = \frac{q}{k}$, buna görə

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}. \quad (15.5)$$

Demək

$$k = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}. \quad (15.6)$$



Şək.15.1. Temperatur basqısının paylanması:

a - sahələrlə və sistemin layları ilə;
b - termiki müqavimətlərlə

(15.5) tənliyini əks kəmiyyətlər kimi göstərmək məqsədəuyğundur. Bu kəmiyyətlər termiki müqavimətlər adlanır və ədədi qiymətli daxili və xarici termiki müqavimətlərə bərabərdir:

$$R = R_1 + R_c + R_2, \quad (15.7)$$

burada $R = \frac{1}{k}$ - ümumi termiki müqavimət, $(m^2 \cdot K)/Vt$;

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_1}; R_2 = \frac{1}{\alpha_2} - \text{xarici xüsusi termiki müqavimət-}$$

lər, $(m^2 \cdot K)/Vt$;

$$R_c = \frac{\delta}{\lambda} - \text{daxili xüsusi termiki müqavimət, } (m^2 \cdot K)/Vt.$$

Əgər səthi divar laylardan ibarətdirsə, onda onların termiki müqavimətləri toplanır:

$$R_c = \sum_{i=1}^n R_{ci}. \quad (15.8)$$

Buna görə çoxlaylı divar üçün aşağıdakı düsturlar mövcuddur:

a) istilikötürmə əmsalı

$$k = \left[\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right]^{-1}; \quad (15.9)$$

b) ümumi termiki müqavimət üçün

$$R = R_1 + \sum_{i=1}^n R_{ci} + R_2. \quad (15.10)$$

Aydındır ki, ümumi termiki müqaviməti hesablamaq üçün daxili və xarici xüsusi termiki müqavimətləri bilmək lazımdır.

İstilikötürmə əmsallarının hesabı

İstilikötürmə əmsalı xüsusi termiki müqavimət məlum olduqda hesablanı bilər. Adətən istilikötürmə əmsalı iki dəfə tapılır: təmiz istilikdəyişmə səthi üçün (istismarın əvvəlində) və çirkləndirilmiş istilikdəyişmə səthi üçün (yaranan ərpi nəzərə alaraq).

Buna görə ümumi termiki müqavimətdən R təmiz səth R_0 və çirklı səth R_H üçün termiki müqavimət ayrılır:

$$R = R_1 + R_c + R_2 + R_H = R_0 + R_H, \quad (15.11)$$

burada $R_0 = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$ -termiki müqavimətin sabit hissəsi;

$R_H = f(\tau)$ - termiki müqavimətin dəyişən hissəsi olub, τ zamanında istilikdəyişmə səthi çirkləndikcə artır.

Çirklənmənin termiki müqaviməti bir neçə üsulla nəzərə alınır:

a) ərpın qalınlığının və istilikvermənin λ_H məlum qiymətlərində $R_H = \frac{\delta_H}{\lambda_H}$ hesabat yolu ilə;

b) istismar müddətində orta təcürbi qiymətlərin R_H daxil edilməsi yolu ilə;

c) qızdırıcı səthın orta təcürbi istifadə əmsalının $\varphi < 1$ köməyi ilə.

Qızdırıcı səthın istifadə əmsalı çirklı qızdırma səthində istilikötürmə əmsalının k təmiz qızdırma səthının istilikötürmə əmsalına k_0 nisbətidir.

$$\varphi = \frac{k}{k_0} = \frac{R_0}{R} = \frac{R_1 + R_c + R_2}{R_1 + R_c + R_2 + R_H}. \quad (15.12)$$

φ əmsalı məlum olduqda çirklənmənin termiki müqaviməti

$$R_H = (1 - \varphi)\varphi R_0. \quad (15.13)$$

Xüsusi termiki müqavimətlər oxşarlıq tənlikləri ilə istilikvermə əmsallarının hesabatından sonra təyin edilir.

Beləliklə, istilikötürmə əmsalının hesabatı məsələsi ardıcıl yaxınlaşma metodu ilə həll olunur. İstilikdəyişmənin yüklənmə

xarakteristikası istilikdəyişənin istilik yükünün dəyişməsi zamanı istilikötürmə şərtlərinin dəyişməsini nəzərə alan funksiyadır $\Delta t = f(q)$.

Bu funksiyanın əyrisində Δt -nin verilən qiymətinə və xüsusi termiki müqavimətlərin axtarılan qiymətlərinə uyğun olan istilik axınının səthi sıxlığının qiyməti tapılır. Yüklənmə xarakteristikalarına o zaman müraciət edilir ki, termiki müqavimətlərin heç olmasa biri istilik axınının səthi sıxlığından asılı olsun. Buxar qızdırıcı şaquli buxarlandırıcının yüklənmə xarakteristikasını nəzərdən keçirək. Ərpın olmaması halı üçün

$$\Delta t = qR_0 = q(R_1 + R_c + R_2); \quad (15.14)$$

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_1}; \quad \alpha_1 = \frac{A'_1}{\sqrt[3]{Hq}}; \quad R_c = \frac{\delta}{\lambda}; \quad R_2 = \frac{1}{\alpha_2}; \quad \alpha_2 = B_1 q^{0,6}.$$

Deməli, təmiz qızdırma səthi üçün yüklənmə xarakteristikası aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\Delta t = q \left(\sqrt[3]{\frac{Hq}{A'_1}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{B_1 q^{0,6}} \right), \quad (15.15)$$

burada H - buxarlandırıcının borucuğunun hündürlüyü, m;

δ - borucuğun divarının qalınlığı, m;

λ - borucuğun materialının istilikkeçirməsi, $Vt/(m \cdot K)$;

$A'_1 = f(t_k)$ - kondensatın fiziki parametrlərinin funksiyasıdır, orta temperatura görə təyin olunur:

$$t_k \approx t_{s1} - (2 \div 5)^\circ C,$$

burada t_{s1} - qızdırıcı buxarın doyma temperaturu, təzyiqa görə qəbul olunur;

$B_1 = f(t_p)$ - qaynayan qarışıqın fiziki parametrlərinin funksiyası olub qarışıqın qaynama temperaturunda təyin edilir, burada $t_p = t_{s2} + \Delta$;

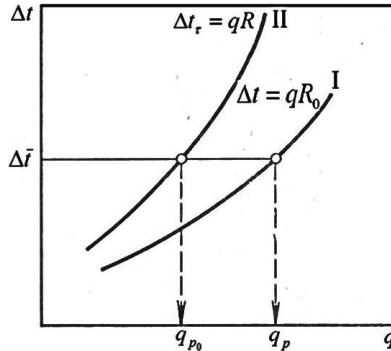
t_{s2} - ikinci dərəcəli buxarın temperaturu;
 Δ - temperatur depressiyasıdır.

Eyni vaxt α_1 və α_2 qiymətlərinə uyğun dəyişən kəmiyyət istilik axınının sıxlığıdır q . Xarakteristikaları qurmaq üçün q -nin bir sıra qiymətini təyin edərək Δt -nin uyğun qiymətini almaq lazımdır.

q və Δt -nin cüt qiymətləri ilə əyri qurulur (şək.15.2) və verilən temperatur basqısında $\Delta \bar{t} = t_{s1} - t_p$ q_p -nin hesabat qiyməti təyin edilir. Sonra istilikötürmə əmsalı elementar düsturla hesablanır:

$$k = \frac{q_p}{\Delta \bar{t}}. \quad (15.16)$$

Ərp olduqda da buxarlandırıcının yüklənmə xarakteristikası analogi hesablanır və qurulur.



Şək.15.2. İstilik dəyişənin (I) təmiz və (II) çirkli qızdırma səthinin yüklənmə xarakteristikaları

φ qiyməti məlum olduqda R_H (15.15) düsturu ilə hesablanır, xarakteristika isə aşağıdakı tənliklə qurulur:

$$\Delta t_\tau = q \left[\frac{\sqrt[3]{Hq}}{A_1'} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1-\varphi}{\varphi} \left(\frac{\sqrt[3]{Hq}}{A_1'} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{B_1 q^{0.6}} \right) + \frac{1}{B_1 q^{0.6}} \right]. \quad (15.17)$$

Şəkil 15.2 - dən görünür ki, $\Delta\bar{t}$ temperatur basqısında çirkli qızdırma səthinin istilik axınının sıxlığı $q_{p\tau}$ təmiz qızdırma səthindən q_p aşağıdır.

Səthli kondensatorlarda buxarın kondensasiyası və onların hesabı

Buxar və kondensatın temperaturlarını $T, ^\circ\text{C}$ ilə, divarın və soyuducu suyun temperaturlarını $t, ^\circ\text{C}$ ilə işarə edək (şək.15.3, a,b,c).

Doymuş buxarlar buxarlanma istiliyini verərək sabit temperaturda kondensasiya edir. Ancaq kondensatın temperaturu onun çox soyuması səbəbindən adətən T_k - dan aşağı olur (şək.15.3,a). Qızdırıcı səthin üst hissəsində əmələgələn kondensat soyuq səthdən aşağı axaraq onun temperaturunu almağa çalışır. Eyni zamanda soyuyan kondensat buxarla təmasda olaraq qızdırılır. Bu səbəbdən aparatdan çıxan kondensatın temperaturu buxar və soyuq səth arasındakı orta temperaturda olur. Kondensatın çox doyma dərəcəsi (T_k-T_2) bir sıra faktorlardan səthin temperaturundan, qızdırıcı səthin yerləşməsindən, buxar tərkibində havanın və kondensasiya etməyən qazların olmasından, aparatın axın hissəsində hərəkət edən buxarın təzyiqlik itkisindən, axan buxarın miqdarından və s. asılıdır. Kondensatın soyuması aşağıdakı hallarda artır:

a) kondensatın qızdırıcı səthlə axma yolunun uzanmasında;
b) kondensasiya edən buxarın miqdarının azalmasında;
c) kondensasiya temperaturunun azalması nəticəsində təzyiqlik itkilərinin artmasında (məsələn ilanvari kondensatorların uzun borularında);

d) verilən temperaturda parsial təzyiqlik düşməsi nəticəsində buxar-qaz qarışığında hava və qazların miqdarının artmasında.

Yalnız kondensasiya üçün nəzərdə tutulan kondensatorların layihələndirilməsində adətən çox soyuma nəzərə alınmır və fərz edilir ki, $T_k=T_2$. Kondensatın həddindən çox soyumasında qızdırıcı səth şərti olaraq iki zonaya ayrılır: kondensasiya və soyuma zo-

nasına. Əks axın halı üçün işçi mühitlərin temperaturlarının dəyişməsi şəkil 15.3,a-da göstərilmişdir.

Hər bir zonada istilikötürmə əmsalları və temperatur dəyişmələri müxtəlifdir. İstilik yükləri $Q(Vt)$ hər bir zona üçün ayrı tapılır:

$$Q_{kond} = Dr = Wc(t_2 - t_a); \quad (15.17)$$

$$Q_{soy} = Dc_1 = Wc(t_a - t_1), \quad (15.18)$$

burada D - kondensasiya edən buxarların miqdarı, kq/san;
 c_1 - kondensatın xüsusi istilik tutumu, Coul/(kq·K);
 W - soyuducu suyun miqdarı, kq/san;
 C -soyuducu suyun xüsusi istilik tutumu, Coul/(kq·K);
 T_k - kondensasiya temperaturu, °C;
 T_2 - kondensatın çox soyuma temperaturu, °C;
 t_1 və t_2 - soyuducu suyun ilkin və son temperaturları, °C;
 t_a - kondensasiya və soyuma zonalarının şərti sərhədində suyun temperaturu, °C.
(15.17) və (15.18) tənliklərindən alınır:

$$(t_2 - t_a) - (t_a - t_1) = \frac{Q_{kond}}{Q_{soy}}. \quad (15.19)$$

Bu tənlikdən t_a təyin olunur və temperatur dəyişməsinin, istilikötürmə əmsallarının və qızma səthlərinin zonalar üzrə tapılmasına imkan verir:

$$F_{kond} = \frac{Q_{kond}}{k_{kond} \Delta t_{kond}}; \quad F_{soy} = \frac{Q_{soy}}{b_{soy} \Delta t_{soy}}. \quad (15.20)$$

Bütün kondensatorlar üçün $F = F_{kond} + F_{soy}$. Çoxdoymuş buxarda kondensator şərti olaraq üç zonaya bölünür (şək.15.3,b). Əgər əksaxında qızdırıcı səthin temperaturu t_{st} kondensasiya tem-

peraturundan böyükdürsə T_k , onda birinci zonada yalnız çoxdoymuş buxarların soyuması baş verir və onun üçün buxardan divara istilikvermə əmsalı α_p qazlar üçün olduğu kimi hesablanır. Kondensasiya M-M kəsiyində divarın kondensasiyası t_{st} kondensasiya temperaturuna T_k çatdıqda başlayır (şək.15.3,c).

T_m və t_m aşağıdakı tənliklərdən təyin olunur:

$$t_{st1} = T_k = T_m \frac{b}{\alpha_p} (T_m - t_m); \quad (15.21)$$

$$Dc_n (T_1 - T_m) = Wc (t_2 - t_m), \quad (15.22)$$

burada c_n - çoxdoymuş buxarın orta xüsusi istilik tutumudur, Coul/(kq·K).

Birinci zonanın istilik yükü

$$Q_p = Dc_n (T_1 - T_m), \quad (15.23)$$

burada T_1 - çoxdoymuş buxarın temperaturu.

Δt_p və k_p təyin edilərək birinci zonanın qızdırıcı səthi tapılır:

$$F_p = \frac{Q_p}{k_p \Delta t_p}. \quad (15.24)$$

İkinci zonada buxar T_m -dən T_k -ya kimi soyudulduqda kondensasiya edir və buna görə kondensasiya zonasının istilik yükü aşağıdakı kimi olur:

$$Q_{kond} + Q'_p = Dr + Dc_p (T_m - T_k), \quad (15.25)$$

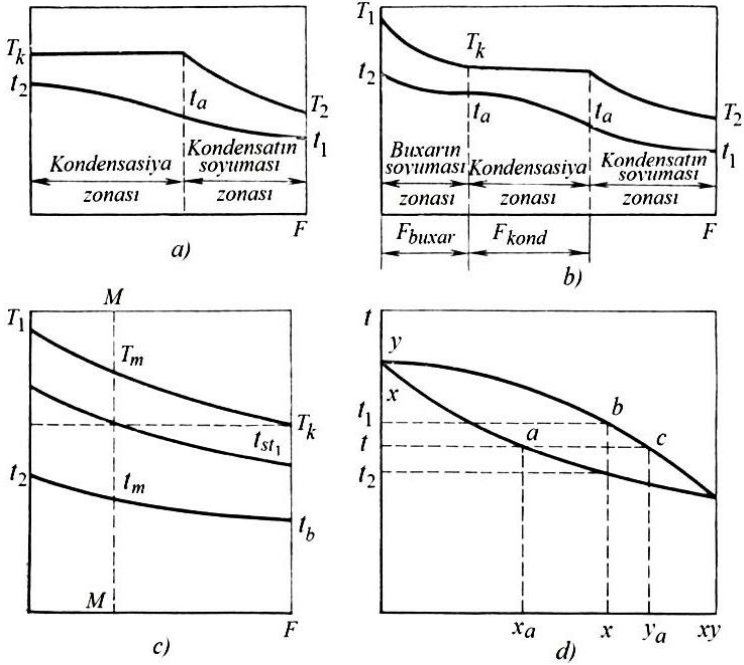
burada Q'_p - buxarın soyuma istiliyi, Vt.

Kondensasiya zonasının qızdırıcı səthinin sahəsi (m²)

$$F_{kond} = \frac{(Q_{kond} + Q'_p)}{k_{kond} \Delta t_{kond}}. \quad (15.26)$$

Bu sahədə Δt_{kond} -nin hesablanmasında kondensatın fiziki pa-

rametrləri üçün təyinedici temperatur kondensasiya temperaturudur T_k . Xüsusi termiki müqavimətləri təyin etməklə və α_1 və α_2 üçün uyğun oxşarlıq tənliklərinin köməyi ilə istilikötürmə əmsalları hesablanır.



Şək.15.3. Səthli kondensatorda kondensasiya zamanı işçi mühitlərin temperaturalarının dəyişməsi

Defleqmatörnlər və soyuducuların hesablanması üçün sabit təzyiqdə tərkib – temperatur diaqramlarından istifadə olunur (şək. 15.3,d). Üfüqi oxla maye qarışığında x və buxar fazasında y asan qaynayan komponentin molyar payları şaquli oxla qaynama temperaturugöstərilir. Maye və buxar fazaların tərkibləri eyni olmadığından ($y \neq x$), eyni qaynama temperaturuna x və y ayrılarkən eyni zamanda iki nöqtə uyğun gəlir. Burada qarışan mayələrin diaqramı göstərilmişdir.

y tərkibli buxarın kondensasiyası t_1 temperaturunda başlayır və t_2 temperaturunda qurtarır. Aralıq temperaturuna x_a tərkibli kondensat və y_a tərkibli buxar uyğun gəlir, kondensasiya dərəcəsi bc/ac parçalarının nisbətində bərabərdir.

Kondensatın temperaturunun və tərkibinin fasiləsiz dəyişməsi ilə qızdırıcı səth sonlu fərqlər metodu ilə hesablanır. Bunun üçün t_1-t_2 intervalını 2-3 dərəcəli sahələrə bölürlər və hər sahə üçün qızdırıcı səthi təyin edirlər.

Nəticələri toplayırlar:

$$F = \sum_1^n \Delta F_i = \sum_1^n \frac{\Delta Q_i}{k_i \Delta t_{ori}}. \quad (15.27)$$

Yoxlama sualları

1. Qida sənayesində hansı qızdırma metodları mövcuddur?
2. Sənayedə hansı doymuş su buxarı ilə qızdırma üsullarından istifadə olunur?
3. Buxarın kondensasiyası hansı şərtlərdə baş verir?
4. Qızdırıcı su sərfi nədən asılıdır?
5. Təsir prinsipinə görə istilikdəyişənlər necə klassifikasiya olunur?
6. Konstruksiyasına görə rekuperativ istilikdəyişənlər hansı tiplərə bölünür?
7. Qarışdırıcılı kondensatorlar hansı tiplərə bölünür?
8. İstilikdəyişənin konstruktiv hesabı nədən ibarətdir?
9. İstilikdəyişənlərin konstruktiv və yoxlama hesabları nə ilə fərqlənir?

Məsələ №1: *Birgedişli köynəkli borulu istilikdəyişənin səthinin sahəsinin təyini.*

$G=4000$ kq/saat miqdarında tomat kütləsini $t_1=20^0\text{C}$ -dən $t_2=90^0\text{C}$ -ya qədər su buxarı ilə qızdırmaq üçün birgedişli köynəkli borulu istilikdəyişənin səthinin sahəsinin təyini edin (şək.15.4). Su buxarının temperaturu $t_b=106^0\text{C}$. Kütlənin orta isti-

lik tutumu $C=4000 \text{ Coul/kq}^\circ\text{K}$, istilikötürmə əmsalı $k=800 \text{ Vt/m}^2\text{K}$, ətraf mühitə istilik itkisi 3% təşkil edir.

Həlli:1. İstilik itkilərini nəzərə alaraq istilik yükünü təyin edək:

$$Q_\tau = 1,03 \cdot C \cdot \frac{G}{3600} \cdot (t_2 - t_1)$$

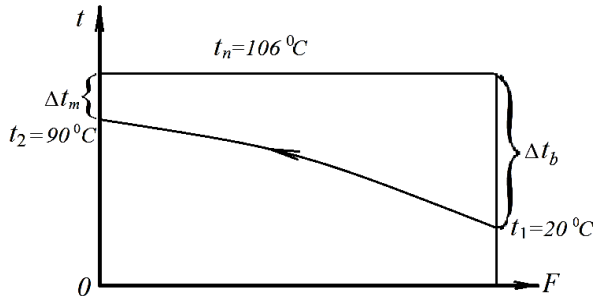
$$Q_\tau = 1,03 \cdot 4000 \cdot \frac{4000}{3600} \cdot (90 - 20) = 320444 \text{ Vt.}$$

2. Prosesin orta hərəkət qüvvəsini təyin edirik:

$$\Delta t_{or} = \frac{\Delta t_b - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_b}{\Delta t_m}}$$

$$\Delta t_{or} = \frac{(106 - 20) - (106 - 90)}{\ln \frac{(106 - 20)}{(106 - 90)}} = 41,7^\circ\text{C} = 41,7\text{K},$$

$$\Delta t = \Delta T$$



Şək.15.4. İstilikdəyişənin səthinin sahəsinin təyini üçün sxem

3. İstikiötürmə səthinin sahəsinin əsas kinetik qanunauyğunluqdan alırıq:

$$Q_{\tau} = K \cdot F \cdot \Delta t_{or}, \text{ buradan } F = \frac{Q_{\tau}}{K \cdot \Delta t_{or}}$$

$$F = \frac{320444}{800 \cdot 41,7} = 9,6 \text{ m}^2.$$

Məsələ №2. Suyun su buxarı ilə qızdırılması prosesində istilikötürmə əmsalının hesablanması.

Qalınlığı $\delta=2$ mm və hündürlüyü 3 m olan şaquli mis divardan axaraq suyun su buxarı ilə ($t_b=101,8^{\circ}\text{C}$) qızdırılması prosesində istilikötürmə əmsalını hesablayın. Divarın temperaturu $t_d=58,2^{\circ}\text{C}$, misin istilikötürməsi $\lambda_m=380$ Vt/m·K, buxarın suya istilikvermə əmsalı $\alpha_2=800$ Vt/ m²·K.

Həlli: 1. Kondensat pilyonkasının temperaturunu hesablayaq:

$$\Delta t = t_{pl} = t_b - t_d = 101,8 - 58,2 = 43,6^{\circ}\text{C}$$

2. Su buxarının kondensasiyasında istilikötürmə əmsalını təyin edək:

$$\alpha_1 = 2,04^4 \sqrt{\frac{\lambda^3 \cdot \rho^2 \cdot r}{\mu \cdot H \cdot \Delta t}},$$

burada λ - kondensatın pilyonkasının istilikötürməsi, Vt/m·K;

ρ - kondensatın sıxlığı, kq/m³;

r - kondensasiya istiliyi, kCoul/kq;

H - şaquli borucuğun işçi hündürlüyü, m;

μ - kondensatın dinamik özyülük əmsalı, Pa·s;an;

$\Delta t(t_{pl})$ - buxar və divarın temperatur fərqi, K.

λ , ρ , μ parametrləri suyun fiziki xassələri cədvəldən Δt –ya uyğun seçilir. r parametric isə su buxarının termodinamik xassələri cədvəldən seçilir (əlavələrdə).

Plyonkanın temperaturu $t_{pl} < 120^{\circ}\text{C}$ olduğundan istilikötürmə əmsalını təyin etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$\alpha_1 = 1163 \cdot (1,9 + 0,04 \cdot t_{pl}) = 1163 \cdot (1,9 + 0,04 \cdot 43,6) = 4238$$

$$\alpha_1 = 4238 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}.$$

3. İstilikötürmə əmsalını təyin edək:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_d} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4238} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{380} + \frac{1}{800}} = 670,5 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Praktiki məşğələ № 16

Buxarlanma

Buxarlandırmanın material balansı

Fasiləsiz prosesdə buxarlandırmanın material balansı qarışıqın, qarışdırıcının və qarışan quru maddələrin miqdarının dəyişməsini əks etdirən qrafiklə göstərilir (şək.16.1). Sadəlik üçün baş qidalandırıcılı üç korpuslu qurğu nəzərdən keçirilir.

Klassenin metoduna görə qəbul olunur ki, hər korpusda kondensasiya zamanı 1 kq qızdırıcı buxar 1 kq ikinci dərəcəli buxarın alınması üçün kifayət edir.

Prosesin başlanğıc və son halı üçün aşağıdakı dəqiq bərabərliklər alınır:

1. Maddənin balans tənliyi:

$$S_H = S_k + W, \quad (16.1)$$

burada S_H - birinci korpusa daxil olan qarışıqın kütlə sərfi, kq/san;

S_k - sonuncu korpusdan çıxarılan qatılaşmış qarışıqın kütlə sərfi, kq/san;

$\sum_1^3 W_i = W$ - qarışıqın üç korpusunda buxarlanan suyun

ümumi kütlə sərfi, kq/san;
 i - korpusun sıra sayı.

2. Quru maddənin balans tənliyi (buxara keçməyən və qarışıqda qalan quru maddələrin sabit kütlə tənliyi):

$$S_H CB_H = S_k CB_k, \quad (16.2)$$

burada CB_H və CB_k - uyğun olaraq qarışıqda quru maddələrin kütlə konsentrasiyası, 1 kq qarışıqda vahid payı ilə, faizlə (məsələn $CB=0,4$ və ya 40%) və ya kiloqramla.

3. Verilən ilk və son kütlə konsentrasiyasında buxarlanacaq su

$$W = S_H - S_k = S_H(1 - CB_H / CB_k). \quad (16.3)$$

4. Qurğunun məlum məhsuldarlığında qarışığın son konsentrasiyası

$$CB_k = S_H CB_H / (S_H - W). \quad (16.4)$$

5. Buxarlanan suyun ümumi kütlə sərfi

$$W = W_1 + W_2 + W_3, \quad (16.5)$$

burada $W_1=D_1=E_1+D_2$ - birinci korpusda buxarlanan suyun kütlə sərfi, kq/san;

$W_2=E_2+D_3$ - ikinci korpusda buxarlanan suyun kütlə sərfi, kq/san;

$W_3=E_3$ - üçüncü korpusda buxarlanan suyun kütlə sərfi, kq/san;

E_1, E_2, E_3 - başqa korpusların qızdırılması üçün ayrılan ekstra buxarların kütlə sərfi, kq/san;

D_1, D_2, D_3 - uyğun korpuslarda qızdırıcı buxarın kütlə sərfi, kq/san.

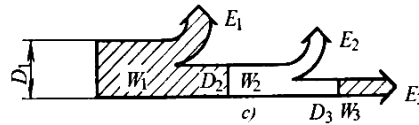
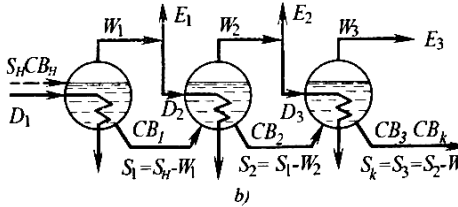
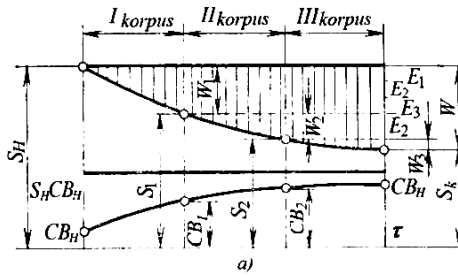
6. Qurğunun korpuslarından çıxan qarışığın kütlə sərfi (kq/san)

$$S_1 = S_H - W_1; \quad S_2 = S_1 - W_2; \quad S_3 = S_2 - W_3 = S_k. \quad (16.6)$$

7. Qurğunun korpuslarından çıxan qarışıqın son konsentrasiyası

$$CB_1 = S_H CB_H / (S_H - W_1); \quad CB_2 = S_H CB_H / (S_H - W_1 - W_2);$$

$$CB_3 = S_H CB_H / (S_H - W_1 - W_2 - W_3) = CB_k. \quad (16.7)$$



Şək.16.1. Buxarlanmanın material balansı:

a - qarışıqın material balansı; *b* - buxarlandırıcı qurğunun sxemi; *c* - buxarlanan suyun material balansı.

8. Verilən korpusda və korpusdan əvvəl buxarlanan suyun kütlə sərfi

$$W_1 = S_H (1 - CB_H / CB_1); \quad W_2 = S_1 (1 - CB_1 / CB_2);$$

$$\begin{aligned}
W_3 &= S_2(1 - CB_2 / CB_3) = S_2 - S_3 ; \\
W_1 + W_2 &= S_H(1 - CB_H / CB_2) ; \\
W_1 + W_2 + W_3 &= S_H(1 - CB_H / CB_3) . \quad (16.8)
\end{aligned}$$

Bundan başqa qəbul olunan ifadələri aşağıdakı kimi yazmaq olar:

1. Müxtəlif korpuslarda qızdırıcı buxar sərfi

$$\begin{aligned}
D_3 = W_3 = E_3 ; \quad D_2 = W_2 = E_2 + D_3 = E_2 + E_3 ; \\
D_1 = W_1 = E_1 + D_2 = E_1 + E_2 + E_3 . \quad (16.9)
\end{aligned}$$

Deməli, birinci (baş) korpusu qızdıran buxar sərfi buxar dövriyəsinin cəminə bərabərdir.

$$D_1 = \sum_1^3 E_i . \quad (16.10)$$

2. Qurğunun məhsuldarlığı

$$W_1 + W_2 + W_3 = E_1 + 2E_2 + 3E_3 . \quad (16.11)$$

3. Həmin korpusdan ayrılan qarışıqın miqdarı

$$\begin{aligned}
S_1 &= S_H - W_1 = S_H - (E_1 + D_2) = S_H - E_1 - W_2 ; \\
S_2 &= S_1 - W_2 = S_H - E_1 - W_2 - W_2 = S_H - E_1 - 2(E_2 + D_3) = \\
&= S_H - E_1 - 2(E_2 + W_3) ; \\
S_3 &= S_2 - W_3 = S_H - E_1 - 2E_2 - 2W_3 - W_3 = \\
&= S_H - E_1 - 2E_2 - 3E_3 . \quad (16.12)
\end{aligned}$$

Buxarlanmanın istilik balansı

İstiliyin daxil olması və sərfi üzrə istilik balansı. İstilik daxil olur (Vt):

1) ilkin qarışıqla $S_H C_H t_H$, burada C_H və t_H - bu qarışığın istilik tutumu və temperaturudur.

2) qızdırıcı buxarla

$$Q = D(i'' - i'),$$

burada D - buxarın sərfi, kq/san;

i'' - buxarın xüsusi entalpiyası, Coul/kq;

i' - aparatdan çıxarılan kondensatın xüsusi entalpiyası, Coul/kq.

Daxil olan istilik aşağıdakı kimi sərf olunur:

1) ikinci dərəcəli buxarla W_i aparılır, burada i - ikinci dərəcəli buxarın xüsusi entalpiyası (Coul/kq);

2) konsentrasiya olunmuş qarışıqla $S_k C_k t_k$ aparılır, burada C_k və t_k - son qatılmış qarışığın xüsusi istilik tutumu və temperaturu;

3) ətraf mühitə istilik itkilərinin ayrılması ilə Q_n .

Daxil olan istiliyi sərf olunan istiliyə bərabərləşdirərək alırıq:

$$S_H C_H t_H + Q = W_i + S_k C_k t_k + Q_n. \quad (16.13)$$

Son məhsulun xüsusi entalpiyasını ilkin qarışığın və suyun xüsusi entalpiyalar fərqi kimi göstərmək olar:

$$S_k C_k t_k = S_H C_H t_H - W t_k C_B. \quad (16.14)$$

Bu ifadəni istilik balansı tənliyinə yazaraq qızdırılan buxarla daxil olan istilik miqdarı tapılır:

$$Q = W(i - C_B t_k) + S_H C_H (t_k - t_H) + Q_H. \quad (16.15)$$

Bu tənlikdən görünür ki, buxarlanmada istilik daşıyanla verilən istilik aşağıdakı kimi sərf olunur:

1) qarışığın t_H temperaturdan t_k qaynama nöqtəsinə kimi qızdırılmasına

$$S_H C_H (t_k - t_H);$$

2) ikinci dərəcəli buxarın əmələ gəlməsinə W (kq/san)

$$W(i - C_B t_k);$$

3) istilik itkilərinə Q_n .

Qızdırıcı buxar sərfi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$D = Q / (i'' - i'). \quad (16.16)$$

(16.15) tənliyində Q -nün qiymətini (16.16) ifadəsində yerinə yazsaq alarıq:

$$D = W \frac{i - C_B t_k}{i'' - i'} + S_H C_H \frac{t_k - t_H}{i'' - i'} + \frac{Q_n}{i'' - i'}. \quad (16.17)$$

Bu tənlikdən aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar:

1) buxarlanmada qızdırıcı buxar ikinci dərəcəli buxarın əmələ gəlməsinə, qarışığın qaynama temperaturuna və istilik itkilərinin qarşılınmasına sərf olunur;

2) buxar sərfini azaltmaq üçün buxarlanmadan əvvəl qarışığı qaynama nöqtəsinə kimi qızdırmaq lazımdır, onda $t_H = t_k$ və (16.17) tənliyinin sağ hissəsi sifira bərabərləşir. Qaynamaya qədər qarışığın qızdırılmasına istilik sərfi qaçılmazdır. Qarışığı ucuz istilikdəyişdiricidən istifadə etməklə qatılaşıdırmaq məqsədəuyğundur;

3) buxar sərfini azaltmaq üçün aparatın və kommunikasiyaların xarici səthini izolyasiya etmək lazımdır. Bir dəfə buxarlanmada buxarın nəzəri sərfi

$$D = W \left[\frac{i - C_B t_k}{i'' - i'} \right]. \quad (16.18)$$

Buradan buxarın xüsusi sərfi

$$m = \frac{D}{W} = \frac{i - C_B t_k}{i'' - i'} \quad (1 \text{ kq buxarlanan suya kq-la}).$$

$m=1,04$; istilik sərfi nəticəsində praktiki olaraq $m=1,1\dots1,2$ qəbul edilir.

Aparatın istilik yükü

$$Q = D(i'' - i'). \quad (16.19)$$

Qida istehsalında $i''=i' \approx 2260$ kCoul/kq. Bu səbəbdən

$$Q = 2260D \approx 2260W, \text{ kVt} \quad (16.20)$$

qəbul etmək olar.

İstilik balansını tənliyindən həmin şəraitdə buxarlana bilən suyun miqdarını tapmaq olar. (16.15) və (16.16) tənliklərini W görə həll etsək alırıq:

$$W = D \frac{i'' - i'}{i - C_B t_k} + S_H C_H \frac{t_H - t_k}{i - C_B t_k} - \frac{Q_n}{i - C_B t_k}, \quad (16.21)$$

burada $\alpha = \frac{1}{m} = \frac{i'' - i'}{i - C_B t_k}$ - buxarlanan suyun 1 kq qızdırıcı

buxara, 1 kq qızdırılan buxarın istiliyi hesabına buxarlanan su miqdarını göstərən buxarlanma əmsalı, kq;

$D \frac{i'' - i'}{i - C_B t_k}$ - qızdırıcı buxarın istiliyi hesabına D bu-

xarlanan suyun miqdarı, kq/san;

$S_H C_H \frac{t_H - t_k}{i - C_B t_k}$ - öz-özünə buxarlanma hesabına bu-

xarlanan suyun miqdarı, kq/san;

$\beta = \frac{t_H - t_k}{i - C_B t_k}$ - öz-özünə buxarlanma əmsalı,

K·kq/Coul;

$\frac{Q_n}{i - C_B t_k}$ - istilik itkisi hesabına buxarlanmayan suyun

miqdarı, kq/san.

(16.21) tənliyini başqa şəkildə də yazmaq olar:

$$W = (D\alpha + SC\beta)\delta, \quad (16.22)$$

burada $\delta < 1$ - istilik itkisini nəzərə alan əmsəldir.

(16.21) və (16.22) tənliklərindən görünür ki:

1) aparatda su qızdırıcı buxarın istiliyi və qarışıqğa daxil olan izafi istiliyin hesabına azalır;

2) qarışıq tam qızdırılmada və ətraf mühitə istilik itkiləri hesabına buxarlanan suyun miqdarı azalır.

Yoxlama sualları

1. Buxarlanma prosesinin mahiyyəti nədədir?
2. Sənayedə buxarlanma (qatılaşıdırma) hansı metodlarla aparılır?
3. Qızdırıcı buxar sərfi hansı tənlikdən tapılır?
4. Buxarlandırıcı qurğuların hasabatı nəyin hesabına baş verir?
5. Sənayedə hansı konstruksiyalı buxarlandırıcı qurğulardan istifadə olunur?

Məsələ № 1: Buxarlanan suyun və qatılaşan qarışıqğın miqdarının təyini.

Bərk hissəciklərinin konsentrasiyasının miqdarı $x_1=28\%$ (kütlə) olan $G_1=25000$ kq/saat miqdarında qarışıq buxarlanmaya daxil olur. Qarışıqğın son konsentrasiyası $x_2=40\%$ (kütlə). Buxarlanan suyun və qatılaşan qarışıqğın miqdarını təyin edin.

Həlli: 1. Buxarlanan suyun miqdarı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$W = G_1 \cdot \left(1 - \frac{x_1}{x_2}\right) = 25000 \cdot \left(1 - \frac{28}{40}\right) = 7500 \text{ kq/saat.}$$

2. Qatılaşan qarışıqğın miqdarı

$$G_1 = G_2 + W; \quad G_2 = G_1 - W = 25000 - 7500 = 17500 \text{ kq/saat.}$$

Məsələ № 2: Qarışıqın buxarlanmasına sərf olunan istiliyin və qızdırıcı buxarın miqdarının təyini.

İlkin konsentrasiyası $x_1=25\%$ (kütlə) olan $G_1=20000$ kq/saat miqdarında qarışıqın buxarlanmasına sərf olunan istiliyin və qızdırıcı buxarın miqdarını təyin edin. Son konsantrasiya $x_2=45\%$ (kütlə). Daxil olan qarışıqın temperaturu $t_1=40^0\text{C}$, qarışıqın qaynama temperaturu $t_2=85^0\text{C}$, qarışıqın xüsusi istilik tutumu $C=3450$ Coul/kq·K. Aparatın təzyiqi $P=0,019$ MPa, qızdırıcı buxarın təzyiqi $P_q=0,14$ MPa.

Həlli: 1. Buxarlanan suyun kütləsi

$$W = G_1 \cdot \left(1 - \frac{x_1}{x_2}\right) = 20000 \cdot \left(1 - \frac{25}{45}\right) = 8800 \text{ kq/saat.}$$

2. Qatılacaq qarışıqın kütləsi

$$G_1 = G_2 + W ; \quad G_2 = G_1 - W$$

$$G_2 = 20000 - 8800 = 11200 \text{ kq/saat.}$$

3. Buxarlanmaya sərf olunan istilik miqdarı

$$Q_\tau = G_1 \cdot C \cdot (t_2 - t_1) + W \cdot (i_b - C_b \cdot t_2),$$

burada $i_b=2358 \cdot 10^3$ Coul/kq·K -entalpiyadır, su buxarının termodinamiki xassələri cədvəldən seçilir $P_b=0,019$ MPa (əlavə 1).

$$Q_\tau = \frac{20000}{3600} \cdot 3450 \cdot (85 - 40) + \frac{8800}{3600} \cdot (2358 \cdot 10^3 - 4190 \cdot 85) = 5722614$$

$$Q_\tau = 5722614 \text{ Vt}$$

4. Qızdırıcı buxar sərfi

$$D = \frac{Q_\tau}{r} = \frac{5722614}{2208 \cdot 10^3} = 2,59 \text{ kq/san} = 9324 \text{ kq/saat.}$$

burada $C_b=4190$ Coul/kq·K – suyun xüsusi istilik tutumudur;

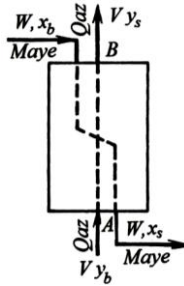
$r=2208 \cdot 10^3$ Coul/kq - qızdırıcı buxarın buxar əmələ gəlmə istiliyi, termodinamiki xassələr cədvəlindən P_q -ya görə seçilir.

Praktiki məşğələ № 17

Absorbsiya

Absorbsiyanın material balansı

İstehsalatda absorbsiya əks axınlı fasiləsiz təsirli aparatlarda aparılır ki, burada qaz və maye (sorbent) sıx təmasa gətirilir. Belə aparatın (absorberin) sxemi şəkil 17.1 - də verilir. Udulmayan təsirsiz qazın (V , kmol/san) tərkibində aparatın girişində udulan komponentin müəyyən hissəsi olur. Onun konsentrasiyası y_b ilə işarə edilir.



Şək.17.1. Absorberin sxemi

Qaz qarışığının absorberdən keçməsi zamanı təsirsiz qazın miqdarı dəyişmir, udulan komponentin konsentrasiyası isə y_s -yə kimi azalır (kmol/kmol).

Maye uducu (sorbent) W , kmol/saat miqdarında absorberə daxil olur. Mayədə udulan komponentin tərkibi absorberin girişində 1 kq təmiz sorbentə x_b kmol; aparatın çıxışında - x_s kmol olur.

Maddənin saxlanma qanununa əsasən udulan komponent üçün absorbsiya prosesinin material balansı tənliyi qurula bilər:

$$V_{y_b} + W_{x_b} = V_{y_s} + W_{x_s} . \quad (17.1)$$

Balansın qurulmasında prosesin aparılması zamanı mümkün itkiləri nəzərə almırıq. (17.1) tənliyindən

$$V(y_b - y_s) = W(x_s - x_b) = M , \quad (17.2)$$

burada M - bir fazadan digərinə ötürülən komponentin miqdarı, kmol/san.

(17.2) tənliyindən görünür ki, sorbentin xüsusi sərfi (kmol/kmol)

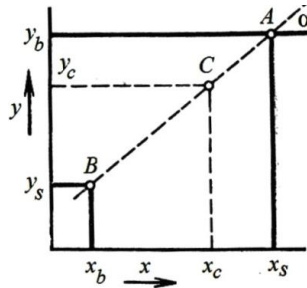
$$m = W/V = (y_b - y_s)/(x_s - x_b) , \quad (17.3)$$

burada m - sorbentin xüsusi sərfidir.

(17.2) tənliyi $x - y$ koordinatlarında qurulan düz xətt tənliyidir. Şəkil 13-2-də bu xətt AB ilə işarələnmişdir. Bu xəttin bucaq əmsalı m olub $\operatorname{tg} \alpha = m$ -dir.

Absorbsiya prosesinin işçi xətti və hərəkətedici qüvvəsi

AB xətti işçi xətt adlanır. Bu xəttin köməyi ilə mayenin və qazın tərkibləri arasındakı əlaqə təyin edilir. Çünki əgər aparatın hər hansı kəsiyində udulan komponentin qazda olan tərkibi y_c -dirsə, onda bu komponentin mayədə tərkibi x_c olacaqdır (şək.17.2).



Şək.17.2. Absorberin işçi xətti

Şəkil 17.2-də verilən işçi xətt absorbsiya proseslərinin mümkün olması şərtlərini təyin etməyə imkan verir. Qaz və sorbentin tarazlıq şərtlərini nəzərdən keçirək. Bunun üçün faza qanunundan istifadə edilir. Baxılan halda iki faza (qaz və maye) və üç komponenti (udulan komponent, təsirsiz qaz və maye) nəzərdə tutulur. Təyinedici parametrlər təzyiqlik, temperatur və konsentrasiya ola bilər.

$$S = K - f + 2,$$

burada S - sərbəstlik dərəcəsi ədədi;
 K - sistemin komponentlərinin sayı;
 f - sistemin faza sayı.

Verilən halda, qaz qarışığının bir komponenti udulduqda $S = 3 - 2 + 2 = 3$ olacaqdır.

Bu üç sərbəstlik dərəcəsi bir fazanın tərkibi, təzyiqlik və temperaturudur. Digər fazada udulan komponentin miqdarı istənilən kimi qəbul edilə bilər. O, üç seçilən parametrlərlə təyin edilir. Sistemin komponentlərinin molekulları arasındakı əlaqəli təsir qüvvələri eyni olan ideal qarışıqlar üçün tarazlıq şərtləri Henri və Raul qanunları ilə təyin edilir. Henri qanununu aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$x = p\psi, \quad (17.4)$$

burada x - udan mayeyə aid olan qarışan qazın miqdarı, mol payı;
 ψ - təcrübə ilə təyin edilən mütənasiblik əmsalı.

(17.4) tənliyi Henri qanunu adlanır və aşağıdakı kimi ifadə edilir. Qazın qarışması onun maye üzərindəki parsial təzyiqlik ilə düz mütənasibdir. Məlumdur ki, qaz qarışığında komponentin parsial təzyiqlik həmçinin aşağıdakı tənliklə də ifadə oluna bilər:

$$p = yP, \quad (17.5)$$

burada y - baxılan komponentin qaz qarışığında mol payı;
 P - qarışığın ümumi təzyiqlik.

(17.4) və (17.5) tənliklərindən p -ni bərabərləşdirərək alırıq:

$$\frac{x}{\psi} = yP; \quad y = x/(P\psi)$$

və ya

$$y = Hx,$$

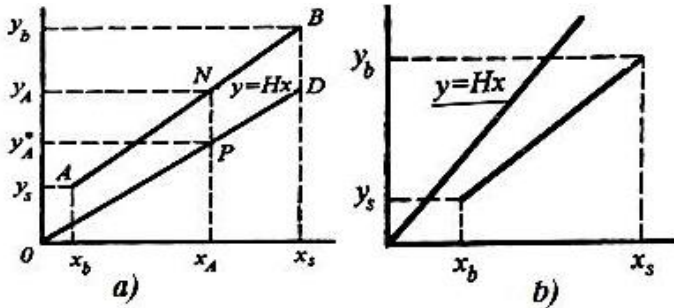
burada

$$H = I/(P\psi). \quad (17.6)$$

(17.6) tənliyi faza tarazlığı tənliyidir. İdeal qarışıqlarda Henri qanunu dəqiq olduğundan H kəmiyyəti sabitdir və tarazlıq xətti düz xəttədir. Çox durulaşdırmada bütün qarışıqlar ideal qarışıqlara yaxınlaşdığından, aşağı konsentrasiyalar sahəsində tarazlıq xətti düz xətt olacaqdır. H kəmiyyəti faz tarazlığının konstantası adlanır.

Ümumi halda y və x arasındakı asılılıq tarazlıq əyrisi adlanan əyri ilə göstərilir. Tarazlıq əyrisi, adətən eksperimental qiymətlər əsasında qurulur. Qeyd etmək lazımdır ki, bu əyri absorbsiya prosesinin işçi xəttinin koordinatlarında qurulur.

Göründüyü kimi, absorbsiya prosesinin getməsi üçün tarazlıq xətti işçi xəttinin aşağısından keçməlidir (şək.17.3,a). Şəkildə OD xətti $y = Hx$ tənliyinə uyğun tarazlıq xətti ilə verilir.



Şək.17.3. İşçi xətt və fazaların tarazlıq xətti (a), desorbsiya şərtləri (b)

Maye fazada udulan komponentinin tərkibi X_A (%) olan aparatın istənilən kəsiyini nəzərdən keçirək. Bu komponentin tarazlıq tərkibi y_A^* (%), işçi xəttə uyğun olaraq baxılan kəsikdə qaz fazasında həmin komponentin miqdarı y_A (%) olarsa, aydındır ki, bu nöqtədə prosesin təsir edici qüvvəsi NP parçası ilə göstərilən $(y_A - y_A^*)$ kəmiyyəti olacaqdır. Şəkil 17.3,a -dan göründüyü kimi hərəkətedici qüvvə aparat boyu dəyişəcəkdir.

Udulan komponentin parsial təzyiqi p_A , həmin komponentin tarazlıq parsial təzyiqi p_A^* ilə işarə edilirsə, onda absorbsiyanın hərəkətedici qüvvəsi $(p_A - p_A^*)$ fərqi ilə ifadə oluna bilər. Aydındır ki, $y_A = y_A^*$ və ya $p_A = p_A^*$ olduqda sorbsiya prosesi qurtaracaq, $(y_A - y_A^*)$ kəmiyyəti mənfə olduqda isə desorbsiya baş verəcəkdir. Bu halda udulan komponent maye fazadan ayrılaraq qaz fazasına keçəcəkdir (şəkil 13.3,b).

Absorbsiyanın əsas tənliyi

Absorbsiya üçün istehsalat proseslərini nəzərdən keçirdikdə bizi ilk növbədə zaman vahidində bir fazadan digər fazaya ötürülən maddənin miqdarı maraqlandırır. İstilik dəyişmə və diffuziya proseslərinin analogiliyi absorbsiya üçün kütlə ötürmənin əsas tənliyini aşağıdakı şəkildə göstərməyə imkan verir:

$$M = KF\Delta C\tau, \quad (13.7)$$

burada M - qaz fazasından maye fazasına ötürülən maddənin miqdarı, kq;

K - istilikdəyişmə prosesindəki istilikötürmə əmsalına analoji olan absorbsiya əmsalı;

F - fazaların kontakt səthlərinin sahəsidir, m²;

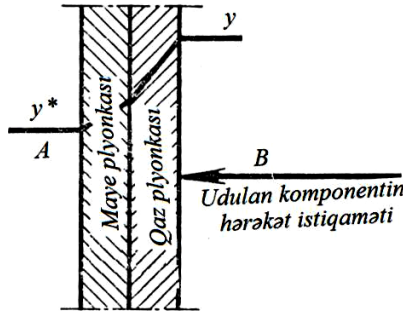
ΔC - konsentrasiyalar fərqi və ya parsial təzyiqlərin fərqi kimi ifadə edilən hərəkət qüvvəsidir, (kq/m^3) və ya (Pa) ifadə olunur;
 τ - prosesin gediş müddəti, saat.

$$[K] = \frac{\text{kq}}{(\text{m}^2 \cdot \text{saat} \cdot \text{kq})/\text{m}^3} = \frac{\text{m}}{\text{saat}};$$

$$[K] = \frac{\text{kq}}{\text{m}^2 \cdot \text{saat} \cdot \text{Pa}}.$$

Hesabatda bu halı nəzərə almaq lazımdır. Absorbsiya əmsalı K kütlə ötürmə müqavimətinə əks kəmiyyətdir, yəni $1/R$. Yuxarıda qeyd edilənlər sərhəd plyonkaları nəzəriyyəsinə aiddir. Absorbsiyanı bu nəzəriyyə baxımından nəzərdən keçirsək, prosesin mexanizmi aşağıdakı kimi göstərilə bilər.

Maye faza A (şək.17.4) maye axınının əsas kütləsindən və sərhəd plyonkasından ibarətdir (ştrixlənmiş hissə). Uyğun olaraq qaz fazasının da B maye plyonkasına toxunan sərhəd plyonkası vardır.



Şək.17.4. Absorbsiya prosesinin mexanizmi (iki plyonkalı nəzəriyyə baxımından)

Fərz edilir ki, bu sərhəd plyonkalarında udulan komponent yalnız molekulyar diffuziya hesabına hərəkət edir. Beləliklə, kütlə ötürmə prosesinə olan müqavimət sərhəd plyonkalarında cəmlənir.

Maye plynkada kütlə ötürməyə müqaviməti $1/\beta_m$ və qaz plynkada isə ψ/β_q ilə işarə edək.

$$1/K = 1/\beta_m + \psi/\beta_q \quad (17.8)$$

Bu tənlik istilikötürmə əmsalını istilikvermə əmsalı ilə əlaqələndirən tənlikdir.

Yaxşı qarışan qazlarda $1/\beta_m$ kəmiyyəti ümumi müqavimətlə müqayisədə çox azdır və onu nəzərə almamaq olar. Onda

$$1/K = \psi/\beta_q \quad \text{və} \quad K = \beta_q/\psi.$$

Əgər fazalar pis qarışırsa, onda ψ/β_q kəmiyyətini nəzərə almamaq olar və $K = \beta_m$ olar. Kütlə ötürmənin cəmi əmsalı K həmişə eksperiment yolu ilə təyin edilir. K -nın qiymətindən β_q və β_m əmsalları hesablanır. Sərbəst turbulentiqdə plynkanın olması sübut edilmədiyindən β_q və β_m hesablanmır və yalnız K -nı təyin etməklə kifayətlənmək olar və bu da absorbsiya proseslərinin hesabının əsasını təşkil edir.

Absorbsiya əmsallarının təyin edilməsi

Absorbsiya əmsalı qaz və maye arasında kontaktın yaranma üsulundan, qaz və mayenin fiziki xassələrindən və onların hərəkət sürətindən asılıdır. Absorbsiya əmsalları iki növ tənliklərdən təyin edilə bilər:

1) birinci növ tənlik eksperimental qiymətlərin işlənməsi yolu ilə oxşarlıq nəzəriyyəsi metodundan alınır;

2) ikinci növ tənlik konkret sistem üçün bilavasitə təcrübədən alınır.

Bu tənliklərin bir neçəsi nəzərdən keçirilir. Əgər maye divarlarla nazik layla axırsa, qaz isə mayeyə bu plynkanın səthi

ilə toxunursa, onda qaz pilyonkası üçün xüsusiəmsal β_q aşağıdakı tənlikdən tapıla bilər:

$$Nu'_q = ARe_q^m Pr'_n,$$

burada Nu'_q və Pr'_q - Nusselt və Prandtlın diffuziya kriteriləri;

Re_q - Reynolds kriterisidir.

$Re_q = 100 \div 10000$ və $Pr'_q = 0,5 \div 2$ qəbul etmək olar.

$$Nu'_q = 0,027 Re_q^{0,8} Pr_q'^{0,33}. \quad (17.9)$$

Maye pilyonka üçün β_m aşağıdakı tənlikdən hesablanı bilər:

$$Nu'_m = 0,00595 Re_m^{0,67} Pr_m'^{0,33} Ga_m^{0,33}, \quad (17.10)$$

burada Nu'_m - maye üçün Nusseltin diffuziya kriterisi;

Re_m - maye üçün Reynolds ədədi;

Pr'_m - maye üçün Prandtlın diffuziya kriterisi;

Ga_m - maye üçün Qaliley kriterisi.

Xordalı taxmalı absorberlərdə ammoniyakın su ilə udulmasında absorpsiya əmsalı ($kq/m^2 \cdot \text{saat}$)

$$K = 0,0109 \omega^{0,7} l^{0,5}. \quad (17.11)$$

Yoxlama sualları

1. Absorpsiya prosesinin mahiyyəti nədədir?
2. Material balansı tənliyi necə yazılır?
3. Absorpsiya prosesinin işçi xəttinin tənliyi hansı tənliyin əsasında alınır?
4. Absorpsiyanın hərəkətedici qüvvəsi nədir?
5. Orta hərəkətedici qüvvə necə təyin olunur?
6. Kütləvermə əmsalının hesabı üçün hansı kriteri tənliklərindən istifadə olunur?
7. Sənayedə hansı konstruksiyalı absorberlərdən istifadə olunur?

Məsələ №1: Kükürd dioksidinin udulmasına sərf olunan suyun miqdarının təyini.

Qarğıdalı nişastası istehsalında hava və kükürd dioksidi (SO_2) qarışığından $G=0,3$ kq/san (kükürd dioksidinin miqdarı $y_b=48\%$ (kütlə)) kükürd dioksidi su ilə udulur.

Absorberin girişində SO_2 -nin miqdarı $x_H=0$, çıxışında isə $2,5\%$ (kütlə) təşkil edir. Qazdan SO_2 -nin çıxarılma faizi 85% -dir. SO_2 -nin udulmasına sərf olunan suyun miqdarını tapın.

Həlli: 1. Aparatın girişində və çıxışında maye və qazın nisbi kütlə tərkibini hesablayaq:

$$y_0 = \frac{y}{(1-y)}; \quad x_0 = \frac{x}{(1-x)}.$$

Maye fazası:

Absorberin girişində $x_b = 0$

Absorberin çıxışında $x_s = \frac{0,025}{(1-0,025)} = 0,0256$ kq SO_2 /kq suya.

Qaz fazası:

Absorberin girişində $y_0 = \frac{0,48}{(1-0,48)} = 0,92$ kq SO_2 /kq havaya

Absorberin çıxışında $y_s = (1-0,85) \cdot 0,92 = 0,138$ kq SO_2 / kq havaya

2. Absorberdə su ilə udulan SO_2 -nin miqdarını tapaq (M , kq):

$$M = G \cdot (y_b - y_s) = 0,3 \cdot (0,92 - 0,138) = 0,235 \text{ kq/san.}$$

3. SO_2 -nin udulması üçün su sərfi material balansı tənliyindən tapılır:

$$M = G \cdot (y_b - y_s) = L \cdot (x_s - x_b)$$

$$L = \frac{G \cdot (y_b - y_s)}{(x_s - x_b)} = \frac{0,235}{(0,0256 - 0)} = 7,18 \text{ kq/san.}$$

Məsələ №2: Taxmalı absorberdə mayenin asılma vəziyyətinə düşməsinin başlanğıcına uyğun qazın sürətinin təyini.

Ölçüləri 50x50x5 mm olan həlqələrdən yığılan taxmalı absorberdə mayenin asılma vəziyyətinə düşməsinin başlanğıcına uyğun qazın sürətini təyin edin. Qaz sərfi $G=12300$ kq/saat, maye sərfi $L=14500$ kq/saat, qazın temperaturu $t=25^{\circ}\text{C}$.

Həlli: 1. Qeyd olunan ölçüdə olan həlqələrin xüsusi səthi (cədvəldən) $f=110$ m^2/M^3 , sərbəst həcm payı $\varepsilon=0,735$ olacaq, onda taxmanın ekvivalent diametri

$$d_{ekv} = \frac{4 \cdot \varepsilon}{f} = \frac{4 \cdot 0,735}{110} = 0,0267 \text{ m}$$

2. Arximed kriterisini hesablayaq:

$$Ar = \frac{g \cdot d_{ekv}^3 \cdot (\rho_m - \rho_q) \rho_q}{\mu_q^2} = \frac{9,81 \cdot 0,0267^3 \cdot (1000 - 1,16) \cdot 1,16}{(0,185 \cdot 10^{-4})^2} = 6,45 \cdot 10^8$$

burada ρ_q – qazın sıxlığı, 25°C -də $\rho_q=1,16$ kq/m³;

ρ_m – mayenin sıxlığı, 25°C -də $\rho_m=1000$ kq/m³;

μ_q – qazın dinamiki özlülük əmsalı, 25°C -də

$\mu_q=0,185 \cdot 10^{-4}$ Pa·sən.

3. Asılı vəziyyətin əvvəlində qazın sürətini kriteri tənliyindən tapırıq:

$$Re'_q = 0,045 \cdot Ar^{0,57} \cdot \left(\frac{w_q}{w_m} \right)^{0,43},$$

burada Re'_q - asılı vəziyyətin əvvəlində uyğun Reynolds kriterisinin qiyməti;

Ar - taxmanın ekvivalent diametrinə görə hesablanan Arximed kriterisidir;

w_q və w_m – qazın və mayrının uyğun olaraq kütlə sürətləridir.

Bu düsturda w_q / w_m nisbətini ona bərabər olan G / L nisbəti ilə əvəz etsək alırıq:

$$\text{Re}'_q = 0,045 \cdot (6,45 \cdot 10^8)^{0,57} \cdot \left(\frac{12300}{14500} \right)^{0,43} = 4430$$

4. Mayenin asılı vəziyyətinin əvvəlinə uyğun olan w'_0 qazın sürəti $\frac{w'_0}{v'_0}$ -yə görə hesablanır,

$$\text{Re}'_q = \frac{4 \cdot v'_0 \cdot \rho_q}{f \cdot \mu_q} ; \quad v'_0 = \frac{\text{Re}'_q \cdot f \cdot \mu_q}{4 \cdot \rho_q}$$

$$v'_0 = \frac{4430 \cdot 110 \cdot 0,185 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 1,16} = 1,93 \text{ m/san.}$$

Praktiki məşğələ № 18

Qovma və rektifikasiya

Rektifikasiya sütununun boşqablarının sayının təyini

Tündləşdirmə sütunu. Sütunun boşqablar arasındakı buxar və maye tərkibi arasında olan asılılığı yazmaq üçün şəkil 18.1-dən istifadə edək. Sütunda qalxan buxarın molyar miqdarı $G = const$ və axan fleqmanın miqdarı $f = const$ olursa, onda $G - f = const$ olur.

Şəkildən görünür ki,

$$G - f = D. \quad (18.1)$$

İki boşqablar arasındakı kəsik üçün $yG - xf = const$

$$yG - xf = Dx_D, \quad (18.2)$$

(18.1) və (18.2) tənliyindən

$$y = (xf - Dx) / G = (xf - Dx_D) / (f + D);$$

$$y = (xf + Dx_D) / (f + D) = fx / (f + D) + Dx_D / (f + D) \quad (18.3)$$

f / D mütənasibliyini ν ilə işarə edək. ν kəmiyyəti fleqma ədədi və ya poqon nisbətidir.

Fleqma ədədi defleqmatora daxil olan buxar axınının hansı nisbətdə fleqma və distilyata ayrılmasını göstərir.

(18.3) tənliyində $f - i \nu D$ ilə əvəz etsək, alarıq

$$y = [\nu D / (\nu D + D)]x + Dx_D / (\nu D + D);$$

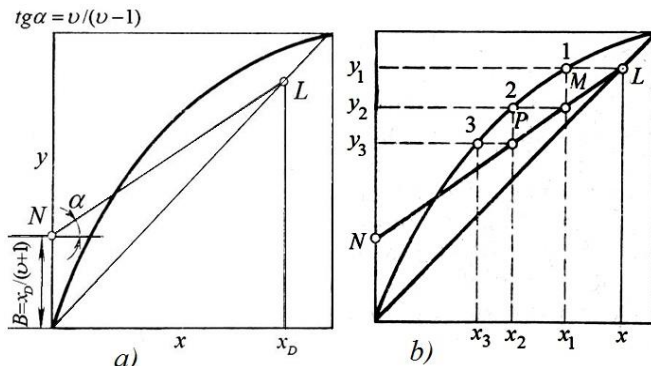
$$y = [\nu / (\nu + 1)]x + x_D / (\nu + 1) \quad (18.4)$$

(18.4) tənliyi düz xətt tənliyidir, çünki $\nu = const$ və $x_D = const$ olur.

Bu düz xətt $y = x$ koordinatlarında qurulur. Bu xətt sütunun operativ və ya işçi xətti adlanır və onun qurulması şəkil 18.1,*a*-da verilir. Xəttin qurulması başqa yolla da yerinə yetirilə bilər. x_D nöqtəsindən diaqonalla kəsişənə kimi perpendikulyar qurulur və alınan L nöqtəsi N nöqtəsi ilə birləşdirilir.

Fərz olunur ki, defleqmatora daxil olan distilyat, fleqma və buxar eyni tərkibdədirlər. Buradan elə çıxır ki, x_D nöqtəsindən diaqonalla kəsişənə kimi çəkilən perpendikulyar işçi xəttin nöqtələrindən birini verir.

$y = [\nu / (\nu + 1)]x + x_D / (\nu + 1)$ tənliyindən və tarazlıq tənliyindən istifadə etsək, hər boşqabda ardıcıl olaraq aşağı qaynama temperaturu komponentin buxarda və mayədə tərkibini hesablamaq olar. Ancaq bu məsələni qrafiki olaraq həll etmək olur (şək.18.1,*b*). Bu şəkildə ardıcıl boşqablarda buxar və mayenin tərkibinin təyin edilməsi üçün qrafik qurulmuşdur.



Şək.18.1. Tünləşdirmə sütununun işçi xətlərinin qurulması (a) və boşqablarının sayının qrafiki olaraq təyin edilməsi (b)

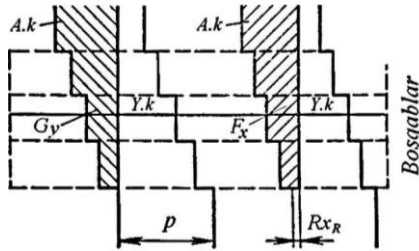
Qrafikin qurulması L nöqtəsindən başlayır ($x_D = y_1$). 1 nöqtəsindən üfüqi oxla çəkilən perpendikulyar birinci boşqabda qaynayan mayenin tərkibini verir. İkinci boşqabdan birinci boşqaba qaynaraq qalxan aşağı qaynama temperaturu komponenti y_2 operativ xəttin köməyi ilə tapmaq olar. y_2 -ni tapmaq üçün operativ xətdəki M nöqtəsindən ordinat oxuna xətt çəkilir.

Tarazlıq əyrisindəki 2 nöqtəsi ikinci boşqabda qaynayan mayenin tərkibini verir, operativ xətdəki P nöqtəsi isə üçüncü boşqabdan ikinci boşqaba qalxan buxar xəttini y_3 verir.

Beləliklə, qrafikdəki hər pillə sütunun bir boşqabına uyğundur. Qrafikin qurulması zamanı fərz olunur ki, boşqabda buxar və maye arasında tarazlıq əldə olunur, buna görə bu boşqab nəzəri boşqab və ya konsentrasiya pilləsi adlanır. $x_k = x_3$ bərabərliyində üç konsentrasiya pilləsi tələb olunur.

Tükənmə sütunu. Fasiləsiz təsirli aparatın tükənmə sütunu qovmaya daxil olan qarışıqdan aşağı temperaturda qaynayan komponentin ayrılması üçündür. Onun mayedə konsentrasiyası müəyyən verilən minimumdan az olmalıdır. Şəkil 18.2-də sütunun sxemi, şəkil 18.3-də isə tükənmə sütununda buxar və mayenin hərə-

kət qrafiki verilmişdir. Bu sütunda axan mayenin axını iki axından, yəni tündləşdirmə sütunundan gələn fleqmadan f və təzə qarışıq M - dən ibarətdir. Bu sütundan qalxan buxar qızdırıcı buxarın kondensasiya p hesabına əmələ gəlir. Bu buxar açıq (kəskin) və ya qapalı zəif ola bilər.



Şək.18.2. Bütöv sütunun sxemi

Tükənmə sütunu üçün yazılır:

- 1) $M + f = F$;
- 2) $M = R + D$;
- 3) $F - R = G$;
- 4) $F_x - G_y = Rx_R$,

burada x və y - tükənmə sütununun hər hansı kəsiyində maye və buxarda aşağı temperaturda qaynayan komponentin miqdarı;

R - qovmadan sonra qalıq;

x_R - qalıqda aşağı temperaturda qaynayan komponentin miqdarı.

- 5) $F_x - G_y = (R + p)x_R$ (açıq buxarla qızdırmada).

Bu tənliklərdə dəyişiklik edərək mayedə aşağı temperaturda qaynayan komponentin miqdarını alırıq:

$$x = \left[\frac{(F - R)}{F} \right] y + \left(\frac{R}{F} \right) x_2 .$$

$F = M + f$ və $M = R + D$ olduqda

$$x = \frac{M + f - M + D}{M + f} y + \frac{M - D}{M + f} x_R = \frac{f + D}{M + f} y + \frac{M - D}{M + f} x_R.$$

Əgər ilkin kütlənin distilyata nisbəti

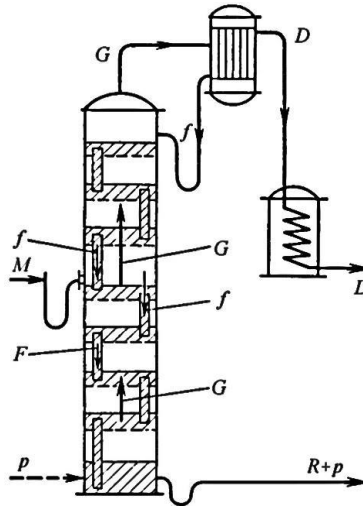
$$u = M / D \text{ və } v = f(D)$$

və fleqma ədədi $f = vD$ olarsa, onda $M = uD$.

Buradan

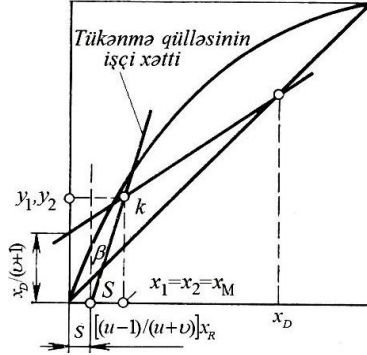
$$x = \left[\frac{vD + D}{uD + vD} \right] y + \left[\frac{uD - D}{uD + vD} \right] x_R$$

$$x = \left[\frac{v + 1}{u + v} \right] y + \left[\frac{u - 1}{u + v} \right] x_R. \quad (18.5)$$



Şək.18.3. Tükənmə sütununda buxar və mayenin hərəkət qrafiki

Bu ifadə x oxunda $\left[\frac{u - 1}{u + v} \right] x_R$ parçasını kəsən düz xəttin tənliyidir (şək.18.4). Bu xətt şaquli xətlə β bucağı əmələ gətirir və $tg\beta = \left[\frac{v + 1}{u + v} \right]$ olur.



Şək.18.4. Tükənmə qülləsinin işçi xəttinin qurulması

Bu qrafikdə tündləşdirmə sütununun işçi xətti qurulur və işçi xətlər K nöqtəsində kəsişir. Bu nöqtənin koordinatlarını tapaq. Onlar $y_2 = y_1$ və $x_2 = x_1$ şərtinə uyğun olmalıdır, 2 indeksi alt sütuna, 1 indeksi isə üst sütuna uyğundur.

Alt sütunun tənliyini yazaq:

$$y_2 = \frac{x_2 - \frac{u-1}{u+v}x_R}{\frac{u+1}{u+v}} = \frac{u+v}{u+1}x_2 - \frac{u-1}{u+1}x_R = \frac{u+v}{u+1}x_2 + \frac{1-u}{u+1}x_R.$$

Üst sütun üçün tənlik aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$y_1 = \left[\frac{v}{v+1} \right] x_1 + x_D / (v+1).$$

$y_2 = y_1$ olduğu üçün

$$(u+v)x_2 + (1-u)x_R = vx_1 + x_D \text{ və ya } ux_2 + (1-u)x_R = x_D,$$

Buradan

$$x_2 = \left[x_D - (1-u)x_R \right] / u;$$

$$x_2 = \frac{x_D - x_R - ux_R}{u} = \frac{x_D - x_R + (M/D)x_R}{M/D} =$$

$$= x_D D/M - x_R D/M + x_R = (D/M)(x_D - x_R) + x_R$$

Təzə qarışıqın kütləsi

$$M = D + R \quad \text{və} \quad Mx_M = Dx_D + Rx_R.$$

Buradan

$$x_M = (D/M)x_D + (R/M)x_R$$

və ya

$$x_M = (D/M)x_D + [(M-D)/M]x_R = (D/M)x_D + x_R -$$

$$-(D/M)x_R = (M/D)(x_D - x_R) + x_R$$

Deməli, $x_2 = x_M$, ancaq $x_1 = x_2$,

buradan

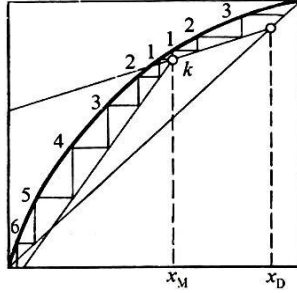
$$x_1 = x_2 = x_M \quad (18.6)$$

Beləliklə, qarışıq aparata qaynama temperaturunda daxil olursa, alt sütunun işçi xəttinin qurulmasını asanlaşdırmaq olar. x_M nöqtəsindən üst sütunun işçi xətti ilə kəsişənə qədər perpendikulyar çəkilir və alınan nöqtəni k ilə işarə edirik.

Bu nöqtəni S nöqtəsi ilə birləşdirdikdə alt sütunun işçi xəttini alırıq.

Tükənmə sütununun boşqablar sayı, tündləşdirici sütunun boşqablarının sayı kimi təyin edilir. Bunun qurulması şəkil 18.5-də verilmişdir.

Alınan konsentrasiya pilləsinin sayı (nəzəri boşqabların sayı) həqiqi boşqabların sayını təyin etmək üçün ilkin kəmiyyət kimi qəbul edilir. Həqiqi boşqabların səmərəlilik ölçüsü boşqabın f.i.ə.-dir.



Şək.18.5. Konsentrasiya pilləsinin sayının qrafiki yolla təyini

Vahiddən kiçik olan bu kəmiyyəti eksperimental yolla tapılır. Əgər konsentrasiya pillələrinin sayını f.i.ə.-na bölsək, onda həqiqi boşqabların sayını alırıq. Boşqabların f.i.ə. müxtəlif faktorların mürəkkəb funksiyası, yəni boşqabın konstruksiyasının, boşqablar arasındakı məsafənin, buxarın sürətinin, qovulan qarışıqların fiziki xassələrinin funksiyasıdır.

Təcrübədə aparatların hesabında müxtəlif qovma halları üçün təyin olunmuş f.i.ə.-nin orta qiymətindən istifadə olunur. Boşqabların f.i.ə. 0,25-0,9 intervalında dəyişir.

Rektifikasiya aparatlarının işinin analizi

Əgər fleqma ədədinin qiyməti dəyişərsə, onda operativ xəttin yeri dəyişəcəkdir. Operativ xəttin hədd vəziyyətini tapaıq. Aydın ki, həddlərin biri $v \rightarrow \infty$, çünki $D \rightarrow 0, v = f/D \rightarrow \infty$.

Bu halda operativ xətt diaqonalla üst-üstə düşür, çünki $x_D/(v+1) = x_D/\infty = 0$.

Şəkil 18.6,a-dan görünür ki, bu halda ən böyük möhkəmləndirici effekt uyğun gəlir. Deməli, bu halda boşqabların sayı minimal olacaqdır.

Fleqma ədədinin ikinci hədd qiyməti fleqmanın minimumuna uyğundur. Bu halda operativ xətt tarazlıq əyrisinin N nöqtəsindən keçir. Bu nöqtə x_k nöqtəsindən çəkilən

perpendikulyarda yerləşir. Bu halda qovma üçün lazım olan boşqabların sayı sonsuzluğa bərabərdir. Fleqma ədədinin sonradan yenə də azalmasında verilən şəraitdə qovma mümkün deyil.

B_0 parçasını ölçərək ν_{\min} -ni təyin etmək olar, çünki

$$x_D / (\nu_{\min} + 1) = B_0,$$

buradan

$$\nu_{\min} = (x_D - B_0) / B_0.$$

Minimal fleqma ədədi analitik yolla da tapıla bilər.

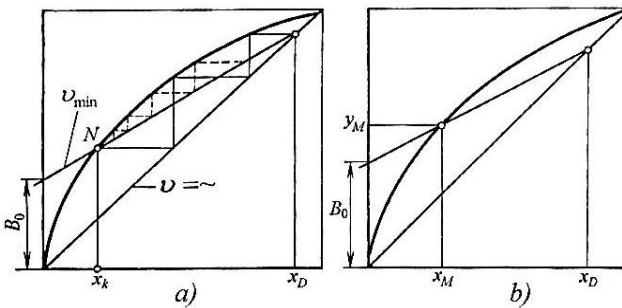
$$y = [\nu / (\nu + 1)]x + x_D / (\nu + 1)$$

tənliyindən yazıla bilər

$$y(\nu + 1) = \nu x + x_D; \quad y\nu + y = \nu x + x_D; \quad y\nu - \nu x = x_D - y$$

$$\nu = (x_D - y) / (y - x). \quad (18.7)$$

Əgər $\nu = \nu_{\min}$ olarsa, onda $x = x_M$ olar, yəni aşağı temperaturda qaynayan komponentin mayedə miqdarı qidalandırıcı boşqabda qaynayan həmin komponentin miqdarına bərabərdir, $y = y_M$ (şək. 18.6,b). Burada y_M - maye ilə tarazlıqda olan aşağı temperaturda qaynayan komponentin buxarda miqdarıdır.



Şək.18.6. Fleqma ədədinin hədd qiymətləri (a) və minimal qiymətinin qrafiki təyini (b)

(18.7) tənliyi bütün binar qarışıqlar üçün istifadə oluna bilməz. Məsələn, yəhərşəkili tarazlıq əyrisi olan etil spirti – su sistemi üçün bəzi konsentrasiyalarda bu tənlik istifadə olunmur, tarazlıq əyrisi işçi xətlə üç nöqtədə kəsişə bilər.

Fleqmanın minimumu istiliyin minimal sərfinə və boşqabların sonsuz qiymətinə uyğundur. Əksinə $\nu = \sim$ olduqda, iş qovma üçün lazım olan boşqabların minimal qiymətinə uyğun gəlir. Əgər spirtin rektifikasiyasında $\nu = \sim$ olarsa, onda sütunun tündləşdirmə qabiliyyəti maksimal olur. Buna görə aşağı temperaturda qaynayan komponentin konsentrasiyası üçün “ləngimə” işindən istifadə olunur, yəni distilyat ayırmadan. Belə “ləngimə” sütunun boşqablarında aşağı temperaturda qaynayan komponentin konsentrasiyasına səbəb olur, ləngimə bitdikdən sonra komponent sütundan “tullanılır”.

Daxil olan qarışığın temperaturunun qovmanın gedişinə təsiri. Rektifikasiya aparatlarına qovulma üçün daxil olan qarışığın temperaturu çox vaxt qaynama temperaturundan aşağı olur. Bu halda qidalandırıcı boşqaba gələn buxarlar daxil olan qarışığı qızdırmaq üçün qismən kondensasiya edir. Bu zaman kondensasiya edən buxar daxil olan qarışıqda aşağı temperaturda qaynayan komponentin konsentrasiyasını artırır və nəticədə qovma elə gedir ki, guya qovulmaya daxil olan qarışıq aşağı temperaturda qaynayan komponentlə zəngindir. Hesablamaq olar ki, kondensasiya hesabına ilkin qarışığın miqdarı nə qədər artır. Mayeni qaynama temperaturuna çatdırmaq üçün aşağıdakı miqdarda buxar kondensasiya edəcəkdir.

$$\Delta M = MC_q (t_s - t_b) / r, \quad (18.8)$$

burada r - xüsusi kondensasiya istiliyi, kCoul/kq;

M - ilkin qarışığın kütləsi, kq;

ΔM - kondensatorun kütləsi, kq;

C_q - qarışığın xüsusi istilik tutumu, kCoul/(kq·K);

t_s - qarışıqın qaynama temperaturu;

t_b - qidalandırıcı qarışıqın temperaturu.

$(M + \Delta M)/M$ nisbətini K ilə işarə etsək, onda qidalandırıcı boşqabdan axan mayenin miqdarı

$$F_1 = f + KM$$

$$u' = (M + \Delta M)/D = KM/D = Ku.$$

Alt sütunun işçi xəttinin tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$x = [(v+1)/(v+u')]y + [(u'-1)/(u'+v)]x_R. \quad (18.9)$$

Rektifikasiya aparatlarının material və istilik balansları

Fasiləsiz təsirli rektifikasiya aparatının balansını qurulması üçün fərz edək ki, aparatın sütunu qapalı kontura salınır. Kontura daxil olan və oradan xaric olanları nəzərdən keçirək (şək.18.7).

Material balansı

Gəlir (kq/saat):

- 1) qovulmaya daxil olan maye M ;
- 2) qızdırıcı buxar P ;
- 3) fleqma (maye) $f = vD$.

Sərf olunan (kq/saat):

- 1) distilyat D ;
- 2) fleqma (buxar) $f = vD$;
- 3) qalıq R ;
- 4) qızdırıcı buxarın kondensatı P' , $P = P'$.

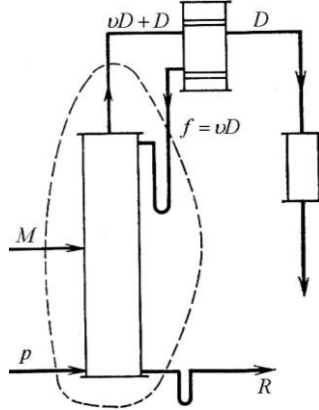
İstilik balansı.

Gəlir (kCoul/saat):

- 1) qovulan maye ilə daxil olan istilik

$$Q_M = MC_M t_M,$$

burada C_M və t_M - qarışıqın xüsusi istilik tutumu və temperaturu;



Şək.18.7. Rektifikasiya aparatının material balansının qurulma sxemi

2) qızdırıcı buxarla daxil olan istilik

$$Q_b = Pi_b,$$

burada i_b - buxarın xüsusi entalpiyası;

3) maye fleqma ilə gətirilən istilik

$$Q_{fm} = vDC_f t_f,$$

burada C_f və t_f - fleqmanın xüsusi istilik tutumu və temperaturudur.

Sərf olunan:

1) distilyatla aparılan istilik,

$$Q_D = Di_D,$$

burada i_D - distilyat buxarlarının xüsusi entalpiyası;

2) fleqma buxarları ilə aparılan istilik,

$$Q_{fb} = \nu D i_D,$$

3) qalıqla aparılan istilik,

$$Q_R = RC_R t_R,$$

burada $R = M - D$, kq/saat;

C_R və t_R - qalığın xüsusi istilik tutumu və temperaturu;

4) kondensatla aparılan istilik,

$$Q_k = PC_k \theta_k,$$

burada C_k və θ_k - kondensatın xüsusi istilik tutumu və temperaturu;

5) ətraf mühitə itən istilik Q_{it} .

İstilik balansını qurub qovulmaya sərf olunan buxarın miqdarı tapılır

$$MC_M t_M + P i_b + \nu DC_f t_f = D i_D + \nu D i_D + RC_R t_R + PC_k \theta_k + Q_{it}; \quad (18.12)$$

$$P = \frac{D i_D + \nu D (i_D + C_f t_f) + RC_R t_R + Q_{it} + MC_M t_M}{i_b - PC_k \theta_k}. \quad (18.13)$$

(18.13) tənliyindən aşağıdakı nəticələrə gəlinir:

- 1) fleqma ədədi artdıqda rektifikasiyaya buxar sərfi artır;
- 2) qarışıqın temperaturu artdıqda sütuna daxil olan buxar sərfi azalır.

Yoxlama sualları

1. Maye eyni cinsli məhulları ayırmaq üçün hansı metodlardan istifadə olunur?
2. Bu ayırma metodları maye məhlulların hansı xassələrinə əsaslanır?

3. Adi qovma nədən ibarətdir?
4. Adi qovmadan hansı məhlulların ayrılmasında istifadə olunur?
5. Rektifikasiya prosesi nədən ibarətdir?
6. İşçi fleqma ədədi necə təyin olunur?
7. Boşqabların sayı və sütunun hündürlüyü hecə hesablanır?
8. Qida sənayesində hansı konstruksiyalı rektifikasiya sütunlarından istifadə olunur?

Məsələ № 1: *Distilyatın və kub qalığının miqdarının təyini.*

Rektifikasiyaya etil spirti daxil olur. $G_f=5000$ kq/saat miqdarında suyun tərkibində $a_f=40\%$ (kütlə) etil spirti var. Distilyatda etil spirtinin konsentrasiyası $a_d = 98,5\%$ (kütlə), kub qalığında isə $a_w=1,5\%$ (kütlə) təşkil edir. Distilyatın və kub qalığının miqdarını təyin edin.

Həlli: Material balansı tənliyini birgə həll etdikdə distilyat və kub qalığının miqdarını tapırıq:

$$G_f = G_d + G_w \quad (18.14)$$

$$\frac{G_f \cdot a_f}{100} = \frac{G_d \cdot a_d}{100} + \frac{G_w \cdot a_w}{100} \quad (18.15)$$

$$5000 = G_d + G_w$$

$$5000 \cdot 0,4 = G_d \cdot 0,985 + G_w \cdot 0,015$$

$$G_d = 1985 \text{ kq/saat} = 0,552 \text{ kq/san}$$

$$G_w = 3015 \text{ kq/saat} = 0,838 \text{ kq/san.}$$

Məsələ №2: *Araq-spirt məhlulunu ayırmaq üçün rektifikasiya sütununun minimal və işçi fleqma ədədlərinin hesablanması.*

Tərkibində $x_m=3,03\%$ (mol) etil spirti olan araq-spirt məhlulunu ayırmaq üçün rektifikasiya sütununun minimal və işçi fleqma

ədədlərini hesablayın. Distilyatda spirtin konsentrasiyası $x_d = 66\%$ (mol)-dur.

Həlli: 1. $x_m = 3,03\%$ (mol) tərkibli mayedən alınan buxarda tarazlı spirt tutumu $y_m^t = 24,5\%$ (mol) olduğundan minimal fleqma ədədi

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_m^t}{y_m^t - x_m}$$

$$R_{\min} = \frac{66 - 24,5}{24,5 - 3,03} = 1,65$$

2. Fleqmanın izafilik əmsalı $\sigma = 1,4$ olduqda işçi fleqma ədədi

$$R = \sigma \cdot R_{\min};$$

$$R = \sigma \cdot R_{\min} = 1,4 \cdot 1,65 = 2,31$$

Praktiki məşğələ № 19

Adsorbsiya

Adsorbsiya prosesinin hesabat metodları

Adsorbsiya bərk cisim - qaz (maye) sistemində kütlə dəyişmə prosesidir.

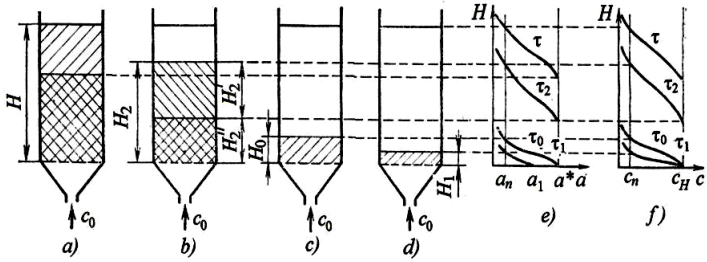
Qeyri-stasionar kütlə dəyişmənin adsorbsiya prosesində mövcud hesabat metodlarından istifadə etmək üçün bu prosesin əsas kinetik əmsalları olan molekulyar diffuziya əmsalı və kütləvermə əmsalını bilmək lazımdır. Molekulyar diffuziya əmsalı yalnız müxtəlif adsorbent – adsorbentiv cütləri üçün deyil, həmçinin adsorbsiya şərti və müddətindən asılı olaraq dəyişir.

Kütləvermə əmsalı adsorbsiya aparatlarından və onların ayrı-ayrı elementlərinin konstruktiv xüsusiyyətlərindən asılıdır.

Adsorbentin hərəkətsiz layında prosesin hesabı N.A.Şilov tənzimləyinə əsaslanır və prosesin müddəti mühitin axın layının sürəti, mühitdə udulan komponentin konsentrasiyası və adsorbentin tənzimləyici aktivliyi arasında olan asılılığı təyin edir.

Adsorbentin ilkin konsentrasiyası c_H olan mühit (şək.19.1, e) ilkin aktivliyi $a_a = 0$ olan hərəkətsiz adsorbent layına daxil olur.

Prosesin ilkin mərhələsində müəyyən zaman müddətində $\tau_1 < \tau_0$, $H_1 < H_0$ layında adsorbentin aktivliyi H_1 hündürlüyündə $a_0 = 0$ qiymətindən $H = 0$ hündürlüyündə a_1 qiymətinə çatır (şək.19.1).



Şək.19.1. Periodik adsorbsiya mexanizmi

Adsorbentin konsentrasiyası uyğun olaraq mühitdə $H = 0$ kəsiyində c_H qiymətindən kiçik c_n -ə qədər aşağı düşür və burada hansı ki, H_1 hündürlüyündə eksperimental yolla tapıla bilər ($c_n \approx 0$) (şək.19.1, d, f). c_n konsentrasiyasına adsorbentin $a_n \approx 0$ aktivliyi uyğundur.

Bu səviyyələr arasındakı məsafədə aparatın şaquli oxuna perpendikulyar kəsiklərdə əmələ gələn bərabər konsentrasiyalar frontu azalan sürətlə hərəkət edir (şək.19.1,e).

Xarakterik kimi zaman kəsiyini $\tau = 0$ qeyd etmək olar (şək.19.1, f, e, c). Bu zaman kəsiyinin sonunda c_n konsentrasiya frontu H_0 hündürlüyünə çatacaq, $H \approx 0$ kəsiyində isə adsorbentin aktiv-

liyi $a = a^*$ bərabərləşəcək, yəni sonsuz kiçik qalınlığında tam işlənmiş adsorbent yaranacaq.

Bu andan başlayaraq maye (qaz) laya daxil olduqda, hər iki konsentrasiya frontu bərabər sürətli hərəkət etməyə başlayır.

Hər hansı sonrakı τ_2 zamanında iki xarakterik sahəyə bölünən H_2 layı əmələ gəlir. $H'_2 = H_0$ hündürlüyündə olan layda (şək. 19.1,c), adsorbent işlənməsi baş verir. Adsorbent və adsorbentiv konsentrasiyası H_0 layının τ_0 zamanındakı kimi dəyişir və H''_2 hündürlüyündə olan ikinci layda adsorbent tam işlənmiş olur. Bərabər sürətlə hərəkət etdikdə c_n konsentrasiyalı maye frontu τ_n momentində H hündürlüyünə çatır (şək.19.1,a). Konsentrasiyası c_n olan maye (qaz) frontu adsorbent hissəciklərinin sonuncu layına çatdığı zaman momenti sıçrayış momenti adlanır. Bunun ardınca aparatdan adsorbent konsentrasiyasının artması ilə maye (qaz) çıxmağa başlayacaq.

Mayenin laya daxil olma momentindən sıçrayışmomentinə kimi olan müddət layın qoruyucu təsir müddəti adlanır. N.A.Şilovun nəzəriyyəsinə uyğun layın qoruyucu təsir müddəti aşağıdakı tənliklə hesablanır:

$$\tau = kH - \tau_0, \quad (19.1)$$

burada $k = a^* / w \cdot c_0$, k - Şilovun konstantası;

H - layın ümumi hündürlüyü;

τ_0 - bərabər konsentrasiyalı frontun hərəkətinin azalın sürətinin periodu;

a^* - adsorbent statiki aktivliyi;

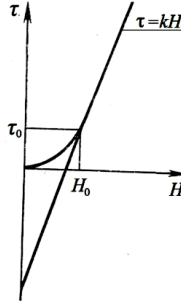
w - mayenin (qazın) laydan keçən hərəkət sürəti.

(19.1) asılılığı qrafiki olaraq şəkil 19.2-də verilir.

Fasiləsiz adsorbsiyanın hesabı maye-qaz sistemində kütlə dəyişmənin hesabı ilə analogi aparılır.

Adsorbsiya prosesinin fasiləsiz getməsi üçün adsorbent qaz axınına qarşı hərəkət etməlidir. Bu o zaman mümkündür ki, adsor-

bentin hissəcikləri tam doyduqdan sonra fasiləsiz regenerasiya etsin və yenidən adsorbsiya prosesi gedən işçi laya daxil olsun. Beləliklə, adsorbentin hissəcikləri (adətən toz şəkilli), üç zonadan keçməlidir (şək.19.3): adsorbsiya H_0 , desorbsiya H_p , qurutma və soyutma $H_{c,p}$ zonaları.



Şək.19.2. Layın qoruyucu təsir müddətinin onun hündürlüyündən asılılığı qrafiki

Son iki zona regenerasiya zonası adlanır. Adsorbsiya zonasının hündürlüyü aşağıdakı tənliklə təyin edilir:

$$H_0 = \frac{V}{S\beta} \int_{c_1}^{c_0} \frac{dc}{c - c_p} = hm, \quad (19.2)$$

burada V - qaz (maye) fazasının sərfi, m^3/san ;

S - layın en kəsiyinin sahəsi, m^2 ;

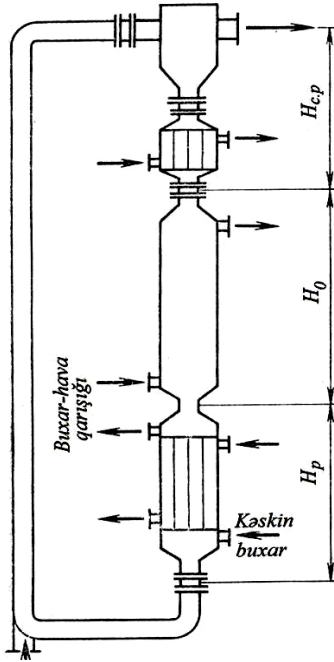
β - kütlə vermə əmsalı, m/san ;

$h = V / S\beta$;

$m = \int_{c_1}^{c_0} \frac{dc}{c - c_p}$ - ötürmə vahidi ədədi;

c_0 - adsorberə daxil olan qazşəkilli (maye) fazada udulan maddənin konsentrasiyası, kq/m^3 ;

c_1 - adsorbentin çıxışında qazşəkilli (maye) fazada udulan maddənin konsentrasiyası, kq/m^3 ;
 c_p - qazşəkilli fazada tarazlı konsentrasiya, kq/m^3 .



Şək.19.3. Fasiləsiz adsorbsiya aparatında əsas zonalar

Konsentrasiyanın dəyişmə pillələrinin ədədi qrafiki olaraq tarazlı konsentrasiyalar və işçi xəttlər köməyi ilə tapılır (şək.19.4).

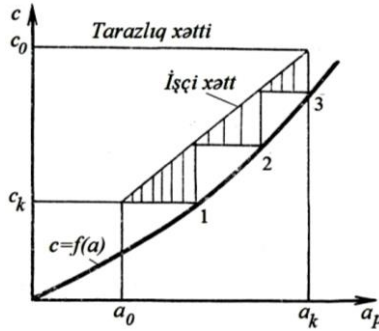
Ümumilikdə (tarazlıq xətti əyri olduqda) konsentrasiyaların dəyişmə pillələri müxtəlif qiymətdə olur, buna görə

$$m = \sum_{i=1}^n m_i \quad (19.3)$$

burada

$$m_i = \frac{c_i - c_{i-1}}{\left[(c_i - c_{i-1}^*) + (c_{i-1} - c_{i-2}^*) \right] / 2} = \frac{2(c_i - c_{i-1})}{c_i - c_{i-2}^*}, \quad (19.4)$$

$$c_{i-1} = c_{i-1}^*.$$



Şək.19.4. Dəyişmə pilləsi ədədinin tapılması

Yoxlama sualları

1. Adsorbsiya prosesinin mahiyyəti nədədir?
2. Qida sənayesində hansı adsorbentlərdən istifadə olunur?
3. Adsorbentlər hansı xassələrə malik olmalıdır?
4. Qida sənayesində hansı konstruksiyalı adsorberlərdən istifadə olunur?
5. Fasiləsiz və periodik tipli adsorberlərin hesabı nədən ibarətdir?

Məsələ № 1: *Etil spirti buxarlarının aktivləşmiş kömürlə havadan adsorbsiyası zamanı kütləvermə əmsalının hesablanması.*

Atmosfer təzyiqində və 20⁰C temperaturda etil spirti buxarlarının aktivləşmiş kömürlə havadan adsorbsiyası zamanı kütləvermə əmsalını β (m/san) hesablayın.

Adsorberdə buxar-hava məhlulunun sürəti $w=0,15$ m/san. Aktivləşmiş kömür danələrinin diametri $d_e=3,5$ mm.

Həlli: 20°C temperaturda və atmosfer təzyiqində havanın kinematik özlülük əmsalı $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{san}$. 0°C temperaturda və atmosfer təzyiqində etil spirtinin diffuziya əmsalı $D_0 = 0,102 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{san}$. $t = 20^{\circ}\text{C}$ üçün diffuziya əmsalı:

$$D_{20} = D_0 \cdot \left(\frac{T+t}{T} \right)^{1,5} = 0,102 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{293}{273} \right)^{1,5} = 0,113 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{san}.$$

Kütləvermə əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\beta = \frac{1,6 \cdot D \cdot w^{0,54}}{\nu^{0,54} \cdot d_e^{1,46}}$$

$$\beta = \frac{1,6 \cdot 0,113 \cdot 10^{-4} \cdot 0,15^{0,54}}{(15,6 \cdot 10^{-6})^{0,54} \cdot 0,035^{1,46}} = 10 \text{ m/san}.$$

Praktiki məşğələ № 20

Qurutma

Nəmliyin konsentrasiyası

Adətən, materialda nəmlik qeyri-bərabər paylanır. Bu səbəbdən materialda orta konsentrasiya və ya müəyyən nöqtədə konsentrasiya anlayışları qəbul olunur.

Nəm materialın nəmlik tutumu (faizlə) materialın nəmliyi W adlanır:

$$W = (m_n / m) 100,$$

burada m_n - suyun kütləsi, kq;

m - materialın kütləsi, kq.

Bir sıra hallarda nəmliyi mütləq quru maddəyə aid edirlər, bu halda materialın nəmlik tutumu

$$\zeta = m_n / (m - m_n).$$

Tarazlı nəmlik. Materialı hər hansı bir müəyyən parsial təzyiqli su buxar olan, nəmli hava yerləşən qapalı qaba yerləşdirək. Nəmli havanın materialla təması nəticəsində nəmlik materialdan havaya və ya havadan materiala keçəcək, bundan sonra tarazlıq yaranacaq və nəmliyin ötürülməsi dayanacaqdır.

Bu tarazlıq halında materialın nəmliyi tarazlı nəmlik adlanır.

Təcrübə yolu ilə müəyyən edilir ki, bir çox materiallar üçün tarazlı nəmlik temperaturdan asılı deyil və yalnız havanın nisbi rütubətindən asılı olur. Cədvəl 20.1-də bəzi qida məhsullarının tarazlı nəmliyi verilir.

Cədvəl 20.1

Məhsullarının tarazlı nəmliyi

Material	Nisbi nəmlik								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Un	2,2	3,9	5,05	6,9	8,5	10,08	12,6	15,8	19,0
Ağ çörək	1,0	2,0	3,1	4,6	6,5	8,5	11,4	13,9	18,9
Makaron	5,0	7,1	8,75	10,6	12,2	13,75	16,6	18,85	22,4
Peçenyə	2,1	2,8	3,3	3,5	5,0	6,5	8,3	10,9	14,9
Nişasta	2,2	3,8	5,2	6,4	7,4	8,3	9,2	10,6	12,7
Jelatin	-	1,6	2,8	3,8	4,9	6,1	7,6	9,3	11,4
Alma	-	-	5,0	-	11,0	18,0	25,0	40,0	60,0
Bərk buğda	-	-	9,3	-	-	13,0	-	-	24,0
Çovdar	6,0	8,4	9,5	12	12,5	14,0	16,0	19,5	26,0
Vələmir	4,6	7,0	8,60	10	11,6	13,6	15,0	18,0	22,5
Arpa	6,0	8,5	9,60	10,6	12,0	14,0	16,0	20,0	29,0

Cədvəldə göstərilənlərdən aydın olur ki, müəyyən quruducu agentin köməyi ilə materialdan bütün nəmliyi ayırmaq mümkündür deyildir. Material tarazlı nəmliklə xarakterizə olunacaqdır. Bu səbəbdən “ayrılan nəmlik” W_{ay} anlayışını qəbul edək

$$W_{ay} = W - W_t, \quad (20.1)$$

burada W - materialın nəmliyi, %;

W_t - tarazlı nəmlik, %.

W_{ay} ayrılan nəmliyi artırmaq üçün qurutma zamanı nisbi rütubəti aşağı olan havadan istifadə etmək lazımdır.

Qurutmanın kinetikasi. Nəmlikötürmə və termonəmlikötürmə

Konvektiv ötürmədə nəmlik materialın mərkəzindən kənarlara doğru hərəkət edir və burada quruducu agentlə (hava, dəm qazları) əhatə olunur. Nəmliyin belə hərəkəti (miqrasiya) əsasən diffuzion prosesdir, burada hərəkətedici qüvvə materialın müxtəlif nöqtələrində nəmliyin konsentrasiyalarının fərqi bərabər olur. Ancaq bu proses materiala istiliyin təsiri ilə mürəkkəbləşir. Əvvəlcə nəmliyin konsentrasiyalarının fərqi təsirindən nəmliyin hərəkətini izləyək. Burada diffuziya prosesi getdiyinə görə nəmlik ötürmənin əsas tənliyi olan Furiye tənliyinə əsasən yazılır

$$m_w = -K_w F (dc / dx) \tau , \quad (20.2)$$

burada m_w - dc / dx temperatur qradientində τ zamanında

F səthindən keçən nəmliyin miqdarıdır;

K_w - nəmliyin materialla əlaqələnməsi və materialın xarakterindən asılı olan əmsaldır.

Qeyd etmək lazımdır ki, nəmlik materialda həm maye halında, həm də buxar halında hərəkət edə bilər ki, bu da əlaqə formasından və materialın xarakterindən asılıdır. Osmotik nəmlik hüceyrənin divarlarından maye halında miqrasiya edir. Adsorbsiya yolu ilə əlaqəli nəmlik buxar halında hərəkət edir. Materialın nəmliyi çox olduqda maye halında miqrasiya üstün olur, materialın nəmliyi az olduqda isə hərəkət əsasən buxar halında baş verir.

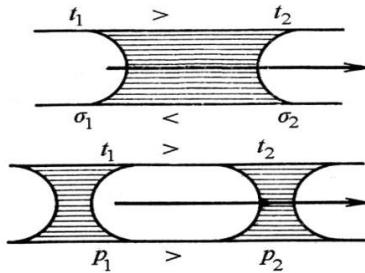
Həqiqətdə proses onunla mürəkkəbləşir ki, material eyni zamanda istilik təsirinə məruz qalır. Burada konsentrasiya qradienti ilə yanaşı temperatur qradienti də yer tutur. Nəmli materialda bu qradient nəmliyin miqrasiya mexanizminə əhəmiyyətli təsir göstərir. Temperatur qradientinin olması nəticəsində nəmli material-

da termonəmlikötürmə baş verir. Eksperimental yolla təyin edilmişdir ki, temperatur qradientinin təsirindən nəmli materiallarda nəmlik istilik axını istiqamətində hərəkət edir. Bu hadisənin üç əsas səbəbini göstərmək olar:

1) termodiffuziya, yəni maye və ya buxarın molekulyar hərəkəti;

2) temperaturun artması ilə səthi dartılma qüvvəsinin azalması, bunun nəticəsində (şək.20.1) məsaməli cisimlərin kapilyarlarında mayenin aşağı temperatūra tərəf, yəni istilik axını istiqamətində hərəkəti baş verir;

3) əzilmiş havanın təsiri, burada kapilyarlarda olan havanın qızdırılmasında hava genişlənir və nəmliyi havanın təzyiqi az olan, yəni aşağı temperaturlu istiqamətə tərəf itələyir, beləliklə, bu hadisədə nəmliyin istilik axınına tərəf hərəkətinə səbəb olur.



Şək.20.1. Kapilyar qüvvələri və əzilmiş hava effekti

Temperatur qradienti dt/dx təsirindən hərəkət edən nəmliyin ümumi miqdarı aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$m_t = -K_t F (dt/dx) \tau, \quad (20.3)$$

burada K_t - materialın xarakterindən asılı olan əmsaldır.

Hər iki qradienti olduqdanəmliyin cəmi miqdarı adi konvektiv qurutmada nəmliklərin fərqi bərabərdir:

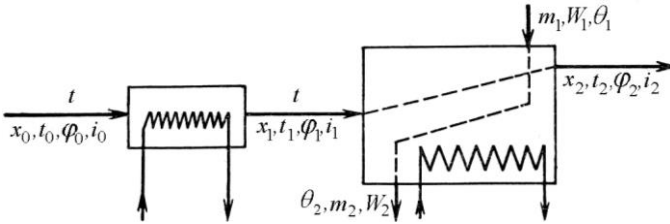
$$m_w - m_t = m, \quad (20.4)$$

çünkü istilik axını kənarlardan cismin mərkəzinə, nəmlik axını isə konsentrasiyaların fərqi olduğundan əks istiqamətdə baş verir.

Real qurutma prosesinin material və istilik balansı

İstilik itkiləri zamanı real quruducuda baş verən və ya ayrı-ayrı hallarda quruducu kameraya əlavə istiliyin daxil edilməsi zamanı baş verən prosesləri nəzərdən keçirək.

Material balansı. Quruducunun material balansını qurmaq üçün aşağıdakı işarələməni qəbul edək (şək.20.2):



Şək.20.2. Real quruducunun hesabat sxemi

burada m_1 - nəm material sərfi, kq/saat;

W_1 - onun kütləyə görə nəmliyi, %;

m_2 - qurudulmuş materialın sərfi, kq/saat;

W_2 - qurudulmuş materialın nəmliyi, kütlə payı (%kütə);

m_w - buxarlanmış nəmliyin miqdarı, kq/saat;

L - quru hava sərfi, kq/saat;

θ_1 və θ_2 - materialın temperaturu.

Material balansı tənliyi aşağıdakı kimi olacaq:

$$L + Lx_0 + m_1 = L + Lx_2 + m_2.$$

Buradan

$$m_1 - m_2 = Lx_2 - Lx_0 = L(x_2 - x_0) \quad (20.5)$$

və ya

$$W = L(x_2 - x_0) \quad (20.6)$$

$$W / (x_2 - x_0) = L \quad (20.6a)$$

Material balansı cədvəli (cədv.20.2) qururuq (kq/saat).

Cədvəl 20.2

Material balansı

Gəlir	Sərf
Quru hava L	Quru hava L
Quru havada nəmlik miqdarı, Lx_0	Quru havada nəmlik miqdarı, Lx_2
Nəm material, m_1	Qurudulmuş material, m_2

İstilik balansı. Real quruducu kameranın istilik balansını nəzərdən keçirək.

İstilik hava və onda olan nəmliklə, həmçinin nəm materialla; quruducuya daxil edilən avadanlıqla; qızdırıcı elementlərlə daxil olur.

İstilik: 1) hava ilə; 2) qurudulan materialla; 3) avadanlıqla; 4) ətraf mühitə istilik itkilərinə sərf olunur.

İstilik balansı tənliyini quraq

$$Li_1 + m_1c_1\theta_1 + m_i c_i \theta'_i + q_{\circ} = Li_2 + m_2c_2\theta_2 + m_i c_i \theta''_i + Q_{it}$$

Buradan

$$L(i_2 - i_0) = m_1c_1\theta_1 + m_i c_i \theta'_i + q_{\circ} - m_2c_2\theta_2 - m_i c_i \theta''_i - Q_{it},$$

və ya

$$L(i_2 - i_1) = \sum Q. \quad (20.7)$$

Bu tənliyin sağ və sol tərəflərinin quruducuda buxarlanan 1 kq suya nisbəti

$$L/W(i_2 - i_1) = \sum Q/W ; \quad l(i_2 - i_1) = \Delta \quad (20.8)$$

Buradan i_2 (1 kq quru havaya kCoul)

$$i_2 = i_1 + \Delta/l , \quad (20.9)$$

burada Δ - quruducunun kamerasına daxil olan və ya onunla itirilən istilik miqdarı, 1 kq buxarlanan nəmliyə Coul ilə.

İstilik balansını cədvəlini (cədv.18.2) quraq (kCoul/saat).

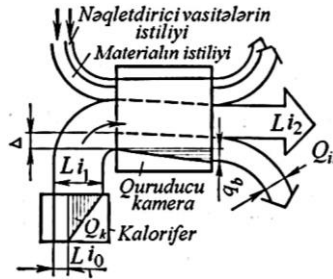
Cədvəl 18.2

İstilik balansını

Gəlir	Sərf
Hava ilə daxil olan istilik $L_i = Li_0 + Q_n$ Li_0 - hava ilə qızdırıcıya daxil olan istilik Q_n - qızdırıcıya daxil olan istilik	Quruducudan çıxan, hava ilə aparılan istilik Li_2
Materialla daxil olan istilik, $m_1c_1t_1$ burada c_1 - materialın istilik tutumu, kCoul/(kq·K); θ_1 - onun temperaturu	Qurudulmuş materialla aparılan istilik, $m_2c_2\theta_2$
Nəqliyyat vasitəsilə daxil olan istilik, $m_t c_t \theta'_t$	Nəqliyyat vasitəsilə aparılan istilik $m_t c_t \theta''_t$
Kameraya daxil olan əlavə istilik q_o	Ətraf mühitə istilik itkiləri Q_{it}

Δ -nın qiyməti istilik balansının tərkibindən asılı olaraq müsbət və ya mənfi ola bilər. Xüsusi hallarda mənfi kəmiyyətlərin qiyməti müsbət kəmiyyətlərin qiymətinə bərabər olduqda $\Delta = 0$.

Bu halda $i_2 = i_1$. Quruducunun istilik balansı qrafiki olaraq şəkil 20.3 – də verilir.



Şək.20.3. Quruducunun istilik balansı qrafiki

i-x diaqramında qurutmanın həqiqi normal prosesi

i-x diaqramında qurutma prosesinin qurulmasını nəzərdən keçirək. $\Delta > 0$ halı üçün nəzərdən keçirək. Əvvəl quruducunun verilən iş şəraiti üçün nəzəri proses qrafikini qururuq (şək.20.4 ABC xətti).

$\Delta > 0$ olduqda quruducu kamerada havanın halı *BC* xəttinə uyğun olmayıb, bu xəttin üstündə yerləşən və *B* nöqtəsində başlayan xətlə dəyişir. Əgər hava quruducudan eyni nisbi nəmlikdə çıxarsa, onda onun istilik tutumu C_1 nöqtəsində *C* nöqtəsinə nisbətən çoxdur.

Yuxarıda deyilənlərə görə

$$i_2 = i_1 + \Delta / l \quad \text{və} \quad \Delta = (i_2 - i_1) l,$$

ancaq $l = 1 / (x_2 - x_1)$ olduğundan

$$\Delta = (i_2 - i_1) / (x_2 - x_1).$$

Δ məlum olduqda bu ifadə BC_1 xəttinin yerini təyin etməyə imkan verir. Bunun üçün *BC* xəttindəki hər hansı bir *e* nöqtəsindən üfqi *eF* və şaquli *Ee* xətti çəkirik. C_1 nöqtəsindən *BC* xətti

ilə kəşisənə qədər C_1G şaquli xətti çəkirik. $B E e$ və BC_1G , FBe və DBG üçbucaqlarının oxşarlığından alırıq ki,

$$GC_1 / (Ee) = DG / (eF),$$

ancaq $GC_1 = (i_2 - i_1)M_i$ və $DG = (x_2 - x_1)M_x$ olarsa, burada M_i və M_x - istilik və nəmlik tutumu miqyasları.

Bu tənliklərdən yazmaq olar:

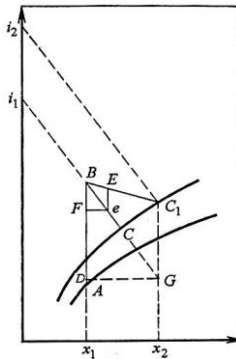
$$(i_2 - i_1)M_i / (Ee) = (x_2 - x_1) \cdot M_x / (eF)$$

və ya

$$Ee = \frac{(i_2 - i_1)M_i}{(x_2 - x_1)M_x} eF = \frac{i_2 - i_1}{x_2 - x_1} eFn,$$

burada $n = M_i / M_x$, ancaq $(i_2 - i_1) / (x_2 - x_1) = \Delta$ olduğundan

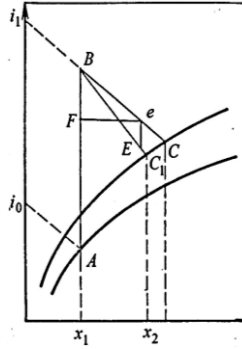
$$Ee = \Delta n F e. \quad (20.10)$$



Şək.20.4. Real quruducunun qrafiki hesabı

Beləliklə, $\Delta > 0$ olduqda həqiqi proses xəttini aşağıdakı kimi qururuq. Verilən qurutma şərtlərində nəzəri proses xəttini qururuq. BC xəttində hər hansı bir e nöqtəsindən eF xətti çəkirik

və onu ölçürük (mm). (20.10) tənliyinə görə eF -ni tapırıq (mm). eE çəkirik və B və E nöqtələrindən həqiqi proses xəttini qururuq. Analoji olaraq $\Delta < 0$ olduqda qurutmanın həqiqi proses xəttini tapırıq (şək.20.5).



Şək.20.5. Qurutmanın həqiqi prosesinin qrafiki hesabı

Havanın xüsusi sərfi

$$l = 1 / (x_2 - x_1).$$

Qızdırıcıda xüsusi istilik sərfi

$$q = (i_1 - i_0) / (x_2 - x_1).$$

Yoxlama sualları

1. Hansı proses qurutma adlanır?
2. Qıda sənayesində hansı qurutma növlərindən istifadə olunur?
3. Nəmliyin materialla bağlanma xarakteri necə təyin olunur?
4. Niyə qurutma prosesi I və II dövrlərə ayrılır?
5. Qurutmanın material balansı necə qurulur?
6. Konvektiv qurutmada istilik nəyə sərf olunur?
7. İdeal qurutma real qurutmadan nə ilə fərqlənir?
8. Hansı xüsusi qurutma növləri mövcuddur?
9. Qıda sənayesində hansı konstruksiyalı quruduculardan istifadə olunur?

Məsələ №1: Nəm havanın nəmlik tutumunu və entalpiyasının hesablanması.

$t=25^{\circ}\text{C}$ temperaturda və $\varphi=80\%$ nisbi rütubətdə 1 kq quru havaya düşən nəm havanın nəmlik tutumunu və entalpiyasını hesablayın. Ümumi təzyiq $P=10^5$ Pa.

Həlli: 1. $t=25^{\circ}\text{C}$ temperaturda su buxarının təzyiqi $P_{\text{doy}}=3,167 \cdot 10^3$ Pa olarsa, onda nəm havanın nəmlik tutumu

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{doy}}}{(P - \varphi \cdot P_{\text{doy}})}$$

$$x = 0,622 \cdot \frac{0,8 \cdot 3167}{(1000000 - 0,8 \cdot 3167)} = 0,0162 \text{ kq n.b./kq q.hava}$$

2. Nəm havanın entalpiyası

$$J_{n.h} = J_{q.h} + x \cdot J_{s.b} = C_{q.h} \cdot t + x \cdot (r_0 + C_b \cdot t)$$

$$J_{n.h} = 1,01 \cdot 25 + 0,0162 \cdot (2493 + 1,97 \cdot 25) = 66,4 \text{ kCoul/kq,}$$

burada $J_{q.h}$ – quru havanın entalpiyası, kCoul/kq;

$J_{s.b}$ – su buxarının entalpiyası, kCoul/kq;

r_0 – xüsusi buxar əmələ gəlmə istiliyi, 0°C - də 2493 kCoul/kq;

$C_{q,b}$ – havanın xüsusi istilik tutumu - 1,01 kCoul/kq·K;

C_b – su buxarının xüsusi istilik tutumu - 1,97 kCoul/kq·K.

Məsələ №2: Qurutma zamanı quru materialın kütləsinin və materialdan buxarlanan nəmliyin miqdarının təyini.

Qurutma zamanı quru materialın (G_2) kütləsini və materialdan 1 saat ərzində buxarlanan nəmliyin miqdarını (u) təyin edin. Qurutmaya daxil olan materialın miqdarı $G_1=1200$ kq/saat, ilkin nəmliyi $w_1=77\%$, qurudulmuş materialın nəmliyi $w_2=10\%$ -dir.

Həlli: 1. Buxarlanan nəmliyin miqdarını aşağıdakı düsturla hesablayaq:

$$u = G_1 \cdot \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2}$$

$$u = 1200 \cdot \frac{77 - 10}{100 - 10} = 893 \text{ kq/saat.}$$

2. Qurudulan materialın miqdarı

$$G_1 = G_2 + u ; G_2 = G_1 - u$$

$$G_2 = 1200 - 893 = 307 \text{ kq/saat.}$$

Praktiki məşğələ № 21

Kristallaşma

Kristallaşdırmanın kinetikası və şərtləri

Maddənin məhluldan bərk fazaya keçməsi həll olan maddənin sərhəd layından keçərək diffuziya etməsi ilə baş verir. Kristallaşma prosesinin sürəti həll olan maddənin sərhəd layından keçərək diffuziya etmə sürəti və kristalın cismi ilə maddənin birləşmə sürətilə təyin olunur yaxud hər iki mərhələdən eyni vaxtda asılı olur.

Saxarozanın kristallaşma prosesini müşahidə edək. Böyümə prosesində kristallar δ qalınlığında çoxdoymuş kristallar arası məhlul ilə əhatə olunur.

Bu doymuş məhlul layından artıq, yəni izafi saxaroza molekulları kristalların üzərində tez ayrılaraq saxarozanın konsentrasiyası y_H olan doymuş məhlul əmələ gətirir.

Kristallardan bir qədər məsafədə məhlul çoxdoyma konsentrasiyasını y_n saxlayır. Kristalların tillərindən bir qədər məsafədə

əhatə edən məhlulda saxarozanın konsentrasiyası y_n olan çoxdoyma qorunub saxlanılır. $y_n - y_H$ konsentrasiyalar fərqi nəticəsində saxarozaya məhlulun sərhəd layından keçərək diffuziya edir. Kristalların tillərinə yaxınlaşaraq saxarozanın molekulları kristallik şəbəkəyə keçir, yəni faza keçidi baş verir. Beləliklə, kristalların böyümə sürəti saxarozanın diffuziya sürəti və fazalar ayırıcı sərhəddində faza keçidi sürəti ilə şərtlənir. Əgər faza keçidi sürəti saxarozanın diffuziya sürətindən çox yüksəkdirsə, onda saxarozanın kristallaşma prosesinin son mərhələsi onun diffuziyası olur. Saxarozanın kristallarının böyümə sürəti aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$dM / d\tau = [DF(y_n - y_H)] / \delta, \quad (21.1)$$

burada dM - vahid zamanda kristallaşan maddənin miqdarı;
 D - diffuziya əmsalı;
 F - maddənin kristallaşan səthinin sahəsi;
 y_n - çoxdoymuş məhlul həcmində maddənin konsentrasiyası;
 y_H - kristalın səthində maddənin konsentrasiyası (məhlulun konsentrasiyasına bərabər qəbul olunur);
 δ - konsentrasiyası y_n -dən y_H -ə qədər dəyişən məhlulun sərhəd layının qalınlığı.

(21.1) tənliyini inteqrallamaqla alırıq:

$$M = [D(y_n - y_H)F\tau] / \delta.$$

Kristallaşma sürəti

$$M / (F\tau) = D(y_n - y_H) / \delta. \quad (21.2)$$

Çoxdoymuş məhlulun kristalların üzəri ilə axma xarakterinin laminar olmasını nəzərə alsaq, sərhəd layının qalınlığı

$$\delta \simeq (\mu / \nu)^{0.5}, \quad (21.3)$$

burada μ - doymuş məhlulun dinamik özlülüyü;
 ν - kristalların məhlulda hərəkət sürəti.

Stoks qanununa əsasən $\nu = 1/\mu$.

Diffuziya əmsalının mütləq temperaturdan T və özlülükdən μ asılılığı Eynşteynə görə

$$D = kT / \mu ,$$

burada k - diffuziya edən maddənin təbiətindən asılı olan sabitdir.

Onda $\delta = (\mu/\nu)^{0.5} = [\mu/(1/\mu)]^{0.5} = \mu$ və $D = kT / \mu$.

(21.2) tənliyinə nəzərən alırıq:

$$M / (F\tau) = kT (y_n - y_H) / \mu^2 \quad (21.4)$$

$\mu^2 = 1$ olduqda k əmsalının qiyməti 2318-ə bərabər olur. Onda tənlik aşağıdakı şəkildə alınır

$$M / (F\tau) = 2318 (y_n - y_H) / \mu^2 , \quad (21.5)$$

burada $M / (F\tau)$ - saxarozanın kristallaşma sürəti, mq/(m²·dəq);

$y_n - y_H$ - konsentrasiyalar fərqi olub 100 qr məhlulda qr-la;

μ - verilən temperaturda doymuş məhlulun dinamik özlülüyü, mPa·san.

(21.5) tənliyi təmiz və texniki məhlullarda kristalların böyümə prosesinin ümumi keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün yararlıdır.

Kristallaşma sürətini təyin edən əsas faktorlar məhlulun çoxdoyma sürəti, temperatur, kristalların mərkəzlərinin yaranması, qarışdırma intensivliyi və məhlulda qarışıqların olmasıdır. Kristallaşma prosesi iki mərhələdən: kristallaşma mərkəzlərinin yaranmasından və kristalların böyüməsindən ibarətdir.

Kristallaşma prosesinin optimallaşdırılması dayanıqlı nizamlanan kristal yaranmadan, kristalların böyüməsindən, sistemdə istiliyin çıxarılması və ya verilməsinin nizamlanmasından ibarətdir. Kristalların nüvələrinin (dənlərinin) ölçüləri və miqdarı məhlulun çoxdoymasını əldə etmə sürətindən və temperaturundan asılıdır.

İstiliyin çıxarılması və verilməsi müəyyən sürətli qanunla baş verməlidir. Məhlulun həddən tez çoxsoyumasında və ya konsentrasiya olmasında dənlərin yaranmasını və kristalların böyüməsini ləngitmək olar.

Kristallaşmanın material və istilik balansı

Kristallaşmanın ümumi material balansı aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$G_H = G_{kr} + G_M + W, \quad (21.6)$$

burada G_H , G_{kr} , G_M - uyğun olaraq ilkin məhlulun, alınan kristalların və əsas məhlulun kütlələri, kq;
 W - ayrılan suyun kütləsi, kq.

Mütləq quru həll olan maddəyə görə balans

$$G_H x_H = G_{kr} a + G_M x_M,$$

burada x_H , x_M - uyğun olaraq ilkin və əsas məhlulun konsentrasiyaları, kütlə payı;

$a = M / M_{kr}$ - mütləq quru həll olan maddənin və kristalsolvatın molekulyar kütlələrinin nisbəti, su molekullarının birləşmədən kristallaşmasında $M = M_{kr}$; $a = 1$.

Ayrılan həlledicinin kütləsi $a = 1$ olduqda

$$W = G_{kr} / G_H (1 - x_H / x_M). \quad (21.7)$$

Əmələ gələn kristalların kütləsini (21.6) və (21.7) tənliklərini birgə həll etməklə tapırıq

$$G_{kr} = \frac{G_H (x_M - x_H) - W x_M}{x_M - a}. \quad (21.8)$$

Suyun havaya buxarlanmasında quru havanın kütləsi (kq) $L = W(x_2 - x_1)$ tənliyindən tapılır, burada x_2 və x_1 - uyğun olaraq havanın son və ilkin nəmlik tutumu, yəni 1 kq quru havaya nəmlik miqdarı, kq.

Həllədicinin qovulmaması ilə kristallaşmada ($W = 0$)

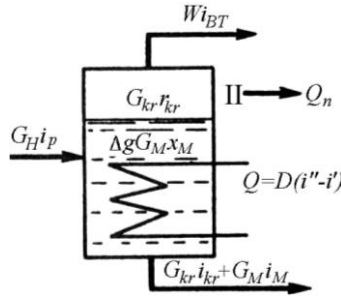
$$G_{kr} = \frac{G_H (x_H - x_M)}{a - x_M}. \quad (21.9)$$

$a = 1$ olduqda

$$G_{kr} = \frac{G_H (x_H - x_M)}{1 - x_M}. \quad (21.10)$$

Suyun qismən çıxarılması ilə kristallaşmanı nəzərdən keçirək. Kristallaşmaya ilkin qarışıq G_H daxil olur, ondan G_{kr} kristal və G_M əsas qarışıq alınır.

Həllədicinin qovulması üçün kristallizatora qızdırıcı buxar D verilir (şək.21.1).



Şək.21.1. İstilik axınlarının sxemi

İşarələmə edək: $i_p, i_{kr}, i_M, i_{BT}, i', i''$ - uyğun olaraq məhlulun, kristalların, əsas məhlulun, ikinci buxarın, qızdırıcı buxarın və

kondensatın entalpiyaları, kCoul/kq; r_{kr} - kristal qəfəslərinin əmələ gəlmə istiliyi; kCoul/kq; Δq - məhlulun x_H -dən x_M qədər konsentrasiya etməsinin istilik effekti.

Məhlulun kristallaşması zamanı kristal qəfəsinin yaranması baş verir və bir qədər istilik ayrılır (bərkimə istiliyi), maddənin həll olmasında isə istilik sərf etmək tələb olunur. Əgər həll olan maddə həlledici ilə kimyəvi əlaqəyə girərək hidrat əmələ gətirirsə, bu zaman istilik ayrılır. Kristallaşmanın cəmi istilik effekti bərkimə istiliyindən və hidratların yaranmasından asılı olaraq müsbət və ya mənfi ola bilər.

Qəbul edilən işarələmələri nəzərə alaraq kristallaşma istiliyi $Q_{kr} = G_{kr}r_{kr}$, hidratasiya istiliyi $Q_r = \pm \Delta q G_M x_M$.

İstilik axınları sxeminə görə istilik balansını aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$G_H i_p + G_{kr} r_{kr} \pm \Delta q G_M x_M + D i'' = G_{kr} i_{kr} + G_M i_M + W i_{BT} + D i' + Q_n, \quad (21.11)$$

buradan kristallaşmaya sərf olunan buxarı təyin etmək olar

$$Q = D(i'' - i') = G_{kr} i_{kr} + G_M i_M + W i_{BT} + Q_n + G_H i_r - G_{kr} r_{kr} \pm \Delta q G_M x_M;$$

$$D = Q / (i'' - i').$$

Məhlulun soyuması halında soyudan suyun kütlə sərfi

$$G_B = \frac{Q_s}{G_B c_B (t_k - t_H)}; \quad (21.12)$$

soyudan havanın kütlə sərfi

$$L = \frac{Q_s}{i_k - i_H}, \quad (21.13)$$

burada t_k, t_H - suyun uyğun olaraq son və ilkin temperatur-
ları, °C;

i_k, i_H - havanın uyğun olaraq son və ilkin entalpiyası,
kCoul/kq.

Yoxlama sualları

1. Kristallaşma prosesinin mahiyyəti nədədir?
2. Kristallaşma prosesinin tarazlığına hansı faktorlar təsir edir?
3. Hansı kristallaşma metodları mövcuddur?
4. Məhlulun çox doymasını hansı üsullarla əldə etmək olar?
5. Kristallaşdırıcıların hesabı necə aparılır?

Məsələ №1: *Utfeldən kristalların çıxımının təyini.*

$G_y = 600$ kq utfeldən kristalların çıxımını təyin edək. Utfeldə şəkarin miqdarı $C_s = 86\%$, kristallararası qarışıqda $C_{k.a} = 69\%$ -dır.

Həlli: 1. Utfeldə kristalların faizlə miqdarı

$$G_{kr} = \frac{(C_s - C_{k.a}) \cdot 100}{(100 - C_{k.a})}$$
$$G_{kr} = \frac{(86 - 69) \cdot 100}{(100 - 69)} = 54,8\%$$

2. Kristalların kütləsi

$$G_{kr} = \frac{G_u \cdot G_{kr}}{100}$$
$$G_{kr} = \frac{600 \cdot 54,8}{100} = 328,8 \text{ kq.}$$

Praktiki məşğələ № 22

Xırdalama

Ümumi məlumat. Xırdalama üsulları

Xırdalama bərk materialların əzmə, qopartma, sürtmə və zərbə nəticəsində səthlərinin artması prosesinə deyilir.

Qida sənayesində xırdalanmadan bərk materialların səthini artırmaq üçün istifadə olunur ki, bu da meyvə-tərəvəzin emalında biokimyəvi və diffuziya proseslərinin sürətini artırmaq üçün istifadə olunur.

Xırdalama üsulu materialın iriliyindən və fiziki-mexaniki xassələrindən asılıdır. Təcrübədə kombinəedilmiş xırdalama üsullarından istifadə olunur. Xırdalama prosesləri parçalama (iri, orta, xırda), xırdalama (narın) və kəsmə üsullarına bölünür. Hissəciklərə xırdalayaraq forma verilməsində kəsmədən istifadə olunur.

Xırdalayıcı maşınlarda iri kəltənlərdən başlayaraq hissəciklərin ölçüsü 0,1 mkm-ə qədər kolloid xırdalama yerinə yetirmək olar. Klassifikasiya – yekcins səpələnən materialın hissəciklərinin ölçülərinə görə ayrılma prosesidir. Xırdalama prosesi xırdalanma dərəcəsi ilə xarakterizə olunur, yəni materialın xırdalanmadan əvvəl və xırdalanmadan sonrakı ölçülərinin nisbəti ilə:

$$i = d_i / d_s . \quad (22.1)$$

Adətən, xırdalanmaya verilən və xırdalanan hissəciklər düz formada olmur. Təcrübədə hissəciklərin ölçüləri (d_i və d_s) material ələnən ələklərin ölçüləri ilə xarakterizə olunur.

Yüksək xırdalama dərəcəsi əldə etmək məqsədilə xırdalama prosesini ardıcıl quraşdırılmış maşınlarda yerinə yetirirlər.

İri hissəciklərin ilkin və son ölçülərindən asılı olaraq xırdalama aşağıdakı növlərə bölünür:

Xırdalama növləri	d_i , mm	d_s , mm
İri	1500...2000	250...25
Orta	200...25	25...5
Xırda	25...5	5...1
Narın	5...1	1...0,075
Kolloid	0,2...0,1	$1 \cdot 10^{-4}$ -ə qədər

İri və orta xırdalama quru üsulla, narın xırdalama isə yaş üsulla adətən, suda yerinə yetirilir. Yaş xırdalamada hissəciklərin

ölçüləri bərabər olur. Bu zaman tozlanmanın qarşısı alınır və hazır məhsulun çıxarılması asanlaşır.

Xırdalamanın fiziki əsasları

Materialların xırdalanması əzmə, qopartma, zərbə və sürtünmə ilə yerinə yetirilir.

Xırdalanma metodunun seçilməsi xırdalanan materialların möhkəmliyindən və iriliyindən asılıdır. Möhkəm və kövrək materiallar əzmə və zərbə ilə xırdalanır. Möhkəm və özlü materiallar əzmə ilə, orta möhkəmliyi olan özlü materiallar isə sürtmə, zərbə və qopartma ilə xırdalanır. Xırdalama bir və ya bir neçə üsulla açıq və qapalı tsikllərdə (dövr) yerinə yetirilir.

Açıq tsikllə xırdalamada materialın parçaları xırdalayıcı maşından bir dəfə keçir. Əgər ilkin materialda xırda hissəciklər olarsa, onda onu əvvəlcə ələyirlər. Açıq tsikldə bir qayda olaraq iri və orta xırdalama aparılır. Qapalı tsikldə xırdalamada xırdalayıcı maşından sonra klassifikasiya qurğusu yerləşdirilir. Onun köməyi ilə son ölçüyə uyğun olmayan hissəciklər yenidən xırdalayıcı maşına verilir. Xırdalama prosesləri böyük enerji sərfinə malikdirlər. Xırdalanmaya sərf olunan enerji mövcud xırdalama nəzəriyyələrinədən təyin edilə bilər.

Səth nəzəriyyəsi ona əsaslanır ki, xırdalanmada iş materialın parçalanma səthi üzrə molekulyar cazibə qüvvəsini qət etməyə sərf olunur. Bu nəzəriyyəyə əsasən xırdalanmaya lazım olan iş xırdalanan materialın yeni yaranan səthinə mütənasibdir.

Həcm nəzəriyyəsi ona əsaslanır ki, xırdalanmada iş materialın hüdud parçalanma deformasiyası əldə edənə qədər materialın deformasiyasına sərf olunur. Burdan görünür ki, xırdalanmaya lazım olan iş parçalanmadan əvvəl materialın hissəciklərinin həcmi azalması ilə mütənasibdir.

Xarici qüvvələrin tam işi Rebinder tənliyi ilə ifadə olunur:

$$A = A_d + A_p = K_1 \Delta V + K_2 \Delta F, \quad (22.2)$$

burada A_d - parçalanmış hissəciyin həcmində deformasiyasına sərf olunan işdir, Coul;

A_p - yeni səthin yaranmasına sərf olunan işdir, Coul;

K_1 - mütənasiblik əmsalı, cismin vahid həcmində deformasiyasına sərf olunan işə bərabərdir;

ΔV - parçalanmış cismin həcmində dəyişməsi;

K_2 - mütənasiblik əmsalı olub, yeni vahid səthin yaranmasına sərf olunan işə bərabərdir;

ΔF - yeni yaranmış səthin dəyişməsidir.

Huk qanununa əsasən sıxılmada materialın deformasiyasının işi (N·m) aşağıdakı kimi tapılır:

$$A_d = \frac{\sigma^2 \Delta V}{2E}, \quad (22.3)$$

burada σ - sıxılmanın parçalayıcı gərginliyi, N/m;

ΔV - parçalanmadan əvvəl deformasiya nəticəsində hissəciklərin həcmində azalması, m³;

E - materialın elastiklik modulu, N/m².

(22.3) tənliyindən görüldüyü kimi, materialın parçalanmasına sərf olunan iş parçalama gərginliyindən və elastiklik modulundan asılıdır. (22.3) nəzərə alaraq yazırıq:

$$A = \left[\sigma^2 \Delta V / (2E) \right] + K_2 \Delta F. \quad (22.4)$$

Kiçik xırdaalanma dərəcəsi olan iri parçalamada yeni səthin yaranmasına sərf olunan iş nəzərə alınmaq olar. Nəzərə alsaq ki, $\Delta V \sim D^3$ olarsa, onda

$$A = K_1 \Delta V = K_1' D^3, \quad (22.5)$$

burada D^3 - kəltənin xarakterik ölçüsüdür.

(22.5) tənliyi Kik-Kirpiçyov hipotezini ifadə edib parçalanma işi parçalanmış kəltənin həcmində mütənasibdir.

Böyük xırdalanma dərəcəsi ilə parçalamada kəltənin deformasiyasına sərf olunan işi nəzərə almamaq olar, onda $\Delta F \sim D^2$ olmasını nəzərə alsaq:

$$A = K_2 \Delta F = K_2' D^2. \quad (22.6)$$

Bu tənlik Rettinger hipotezasını ifadə edir, belə ki, parçalanma işi parçalanmada yaranan yeni səthin ölçüsünə mütənasibdir.

(22.2) tənliyindəki toplananları nəzərə almamaq mümkün olmadıqda aşağıdakı tənliyi alırıq:

$$A = K_3 \sqrt{D^3 D^2} = K_3 D^{2.5}. \quad (22.7)$$

Bu tənlik Bond tənliyi adlanıb parçalanma işi onun həcmi və səthinin orta həndəsi qiymətinə mütənasibdir.

Kəsilməyə sərf olunan iş A_{tam} (Coul) (kəsilmə iki ardıcıl pildəndən ibarətdir: əvvəl bıçaq materialı sıxır, sonra isə kəsir) akademik V.P.Qoryaçkinin düsturu ilə ifadə edə bilər:

$$A_{tam} = A_{sıx} + A_f,$$

burada $A_{sıx}$ - materialın sıxılmasına sərf olunan iş, Coul;

A_f - kəsmənin faydalı işi, Coul.

Sıxılmaya sərf olunan iş

$$A_{sıx} = \mathcal{E} h_{sıx},$$

burada \mathcal{E} - bıçaqla materialın sıxılmasının şərti moduludur, Coul;

$h_{sıx}$ - sıxılan layın hündürlüyü, m;

h - material layının ilkin hündürlüyü, m.

Faydalı iş

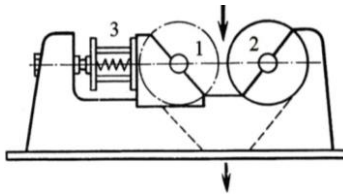
$$F_f = F_{kəs} (h - h_{sıx}),$$

burada $F_{kəs}$ - kəsmə qüvvəsidir.

Adətən, “xüsusi kəsmə qüvvəsi” anlayışından istifadə olunur, bu bıçağın 1 m uzunluğuna düşən qüvvədir. Belə ki, yer kökünün xüsusi kəsmə qüvvəsi 1400...1600 N/m, kartofun isə 600...700 N/m-dir. Kəsici alət kəsicilik qabiliyyəti ilə xarakterizə olunur ki, o istismar prosesində azalır.

Qida sənayesində müxtəlif formalı kəsici alətlərdən istifadə olunur: düzbucaqlı, diskli, lentli, oraq şəkilli və s. Kəsici alətlər fırlanma, irəli-geri, titrəyişli hərəkətli olur, ancaq material maşında hərəkət etdikdə hərəkətsiz də ola bilər.

Vallı xırdalayıcılar qida istehsalında dənin, jmxının və s. xırdalanması və üyüdülməsi üçün istifadə olunur. Vallı xırdalayıcının işçi orqanları üfqi vallardır. Valların sayı müxtəlif ola bilər. Sadə xırdalayıcı bir vallı olaraq hərəkətsiz işçi yanağa paralel ox ətrafında fırlanır. Bu halda xırdalanma hərəkətsiz yanaq və fırlanan val arasında baş verir. Cüt vallı xırdalayıcılarda vallar qarşı-qarşıya fırlanır ki, xırdalama onların arasında baş verir. Valların səthləri hamar, rifli və dişli olur. Şəkil 22.1-də vallı xırdalayıcının sxemi verilir.



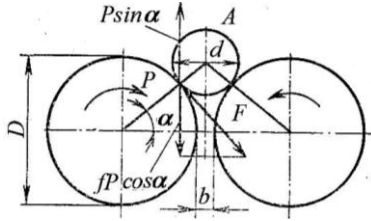
Şəkil.22.1. Vallı xırdalayıcı:

1, 2- vallar; 3- yay

Val 2-nin yastıqları hərəkətsizdir, val 1-in yastıqları isə hərəkətli və yay 3-ün köməyi ilə xırdalayıcıya bərk cisimlər daxil olduqda val 1-ə hərəkət etməyə imkan verir. Məhsulun hissəciklərinin ölçüləri valların ara məsafəsi ilə təyin olunur. Xırdalayıcı bilavasitə bunkerdən qidalanır.

Vallar fırlandıqda materialın hissəcikləri onlarla tutulmalı və parçalanmalıdır. Materialın tutulması üçün valların diametri və hissəciyin ölçüləri arasında müəyyən uyğunluq olmalıdır.

Fərz edək ki, vallar hamar olmaqla eyni fırlanma tezliyinə malikdir (şək.22.2). A hissəciyi tərəfindən vala P qüvvəsi təsir edir – ağırlıq qüvvəsi; val tərəfindən hissəciyə isə uyğun olaraq P qüvvəsi təsir edir.



Şək.22.2. Vallı xırdalayıcının iş sxemi

Bu qüvvənin şaquli toplananı $P \sin \alpha$ hissəciyi üstədən itələyərək çıxarır. Belə bir qüvvə ikinci val tərəfindən də təsir edir, demək itələyən qüvvələr $2P \sin \alpha$ -ya bərabərdir. Sürtünmə qüvvəsi $2fP$ təşkil edəcək, onun şaquli proyeksiyası isə $2fP \cos \alpha$ olacaqdır, burada f -sürtünmə əmsalıdır. Bu qüvvə aşağı yönəlib hissəcikləri vallar arasına çəkir. Hissəciyin vallar arasına keçməsi üçün aşağıdakı şərt yerinə yetirilməlidir.

$$2P \sin \alpha < 2P \cos \alpha \text{ və ya } \operatorname{tg} \alpha < f. \quad (22.8)$$

Ancaq sürtünmə əmsalı f sürtünmə bucağının tangensinə bərabər olduğu üçün $\operatorname{tg} \alpha < \operatorname{tg} \varphi$, burada φ - xırdalanan məhsulun valın materialına sürtünmə bucağı.

Xırdalanan dən materialları üçün sürtünmə bucağı $\varphi = 12 - 21^\circ$, sürtünmə əmsalı 0,213-0,384 (çuqun vallarda) olur.

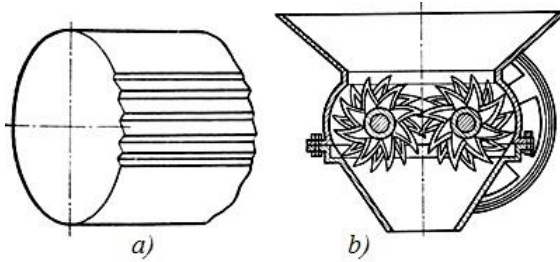
Şəkil 22.2-dən görünür ki, α qiyməti valın diametrindən D , materialın ölçüsündən d və yarığın enindən b asılıdır. Qəbul etmək olar ki,

$$D_{\min} = (d - b)(1 - \cos \varphi). \quad (22.9)$$

Təcrübədə dən əzən hamar valların diametri 250-350 mm olur. Əgər cüt valların fırlanma tezliyi eyni olarsa, onda material yalnız əzilir və yastılanır. Xırdalanma baş verməsi üçün valların fırlanma tezlikləri 1/1,3-1/2,5 nisbətərində müxtəlif olmalıdır. Dənin xırdalanmasında valların çevrə sürəti 2,5-5 m/san olur.

Dənin üyüdülməsində riflənmiş səthli vallardan istifadə olunur (şək.22.3,a). Belə vallar materialı sıxaraq parçalayır. Hamar vallardan fərqli olaraq onların ilişmə bucağı başqadır. Əgər hamar vallarda $D/d = 20 \div 25$, riflilərdə isə $D/d = 10 \div 12$ olur.

Xırdalanmada riflilərdən başqa dişli vallardan da istifadə olunur. Şəkil 22.3,b-də dişli valları olan xırdalayıcı verilir. Bu xırdalayıcılarda $D/d = 2 \div 5$.



Şək.22.3. Riflənmiş (oyuqlu) val (a) dişli vallı xırdalayıcı (b)

Vallı xırdalayıcının məhsuldarlığı aşağıdakı kimi təyin edilə bilər. Xırdalayıcının yarığından çıxan materialın həcmi (m^3 /saat),

$$V = bl \cdot \pi Dn \cdot 60, \quad (22.10)$$

burada l - yarığın və ya xırdalayıcının valının uzunluğu, m;

D - valın diametri, m;

n - fırlanma tezliyi, dövr/dəq;

b - yarığın eni, m.

Xırdalayıcının saatlıq məhsuldarlığı

$$m_s = bl \cdot \pi Dn \cdot 60 \rho \varphi, \quad (22.11)$$

burada ρ - materialın sıxlığı, kq/m^3 ;

φ - qıdalanmanın bərabərsizliyini nəzərə alan əmsal-
dır (dənlər üçün 0,5...0,7 qəbul edilir).

Yoxlama sualları

1. Xırdalamadan hansı məqsədlə istifadə olunur?
2. Bərk materiallar necə klassifikasiya olunur?
3. Xırdalanma hansı növlərə ayrılır?
4. Xırdalanma prosesi nə ilə xarakterizə olunur?
5. Xırdalanmaya sərf olunan iş xırdalanan materialın hansı xassə-
lərindən asılıdır?
6. Sənayedə hansı xırdalayıcı maşınlardan istifadə olunur?

Məsələ №1: Vallı xırdalayıcının tezliyinin və fırlanma sürətinin təyini.

Vallı xırdalayıcının tezliyini və fırlanma sürətini təyin edin. Valların diametri $D=0,25$ m, xırdalanan darının həcmi kütləsi $\rho=900$ kq/m³, materialın vallara sürtünmə əmsalı $\varphi=0,28$, dənlərin ilkin ölçüləri $d_i=3,5$ mm – dir.

Həlli: 1. Valların fırlanma tezliyi

$$n = 616 \cdot \sqrt{\frac{\varphi}{\rho \cdot d_i \cdot D}}$$

$$n = 616 \cdot \sqrt{\frac{0,28}{900 \cdot 0,0035 \cdot 0,25}} = 367 \text{ dövr/dəq.}$$

2. Valların fırlanma sürəti

$$w = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$

$$w = \frac{3,14 \cdot 0,25 \cdot 367}{60} = 4,8 \text{ m/san.}$$

Praktiki məşğələ № 23

Presləmə

Ümumi məlumat

Presləmə (təzyiqlə emal) – qida sənayesində geniş yayılmış mexaniki proseslərdən biri olub mahiyyəti ondan ibarətdir ki, emal edilən material xüsusi mexaniki qurğular, yəni preslər vasitəsilə xarici təzyiqlə məruz qalır. Bu halda aşağıdakı məqsədlər nəzərdə tutulur:

1) bərk cisimdən mayenin alınması. Bu proses sıxılan məhsulun qalığının kapilyarlarından mayenin filtrasiyası ilə sıx bağlıdır. Mayenin çıxarılması ilə eyni vaxtda qalığın kipləşməsi və briketləşməsi baş verir;

2) plastik materiallara müəyyən həndəsi forma verilməsi (formalaşdırma və ştamplanma). Bu halda mürəkkəb sistemdən maye ayrılır, ancaq emal olunan kütlə texnoloji şərtlərə uyğun lazımi forma alır;

3) səpələnən dənəvər materialların hissəciklərinin bağlayan maye ilə və uyğun təzyiqlə (presləmə) müəyyən formalı daha böyük aqreqatlara çevrilməsi.

Sıxma yüksək təzyiqlə mayenin sıxılması olub şərabçılıqda üzumdən şirənin sıxılması, likor-araq istehsalında meyvə və giləmeyvələrdən sıxılaraq şirə alınmasında istifadə olunur. Təzyiğin köməyi ilə bitki yağı, şəkər çuğundurundan şirə və s. alınır.

Formalaşdırma (ştamplama) plastiki materialların formalaşdırılması olub qənnadı və makaron istehsalında xəmirə müəyyən forma vermək üçün istifadə olunur.

Presləmə (briketləmə) şəkər-rafinat istehsalında, şəkər zavodlarında və qida konsentratları zavodlarında geniş yayılmışdır.

Qida məhsullarının təzyiqlə emal nəzəriyyəsinin elementləri

Susuzlaşdırma. Bərk qalıqdan təzyiqlə sıxaraq mayeni çıxarma iki halda istifadə olunur: 1) maye qalıqdan daha qiymətli

olduğu halda (üzüm şirəsi, bitki yağı); 2) maye qalıqda qaldıqda, bu onun dəyərini azaldır (cecədə suyun qalması).

Nəzərə almaq lazımdır ki, qida sənayesində təzyiqlə məruz qalan kütlə (toxumlar, meyvə, giləmeyvə, bitki gövdələri, heyvani toxumalar) mürəkkəb hüceyrə strukturuna malikdir. Onlardan maye fazanı ayırmadan əvvəl, müqaviməti azaltmaq üçün onları mexaniki, hidrotermiki, istilik, fermentativ və elektrik emal edirlər. Mexaniki emal hüceyrə örtüyünü parçalamaq və hüceyrələrdən mayeni çıxarmaq üçün hüceyrə toxumalarının parçalanmasından ibarətdir. İstilik, hidrotermiki və elektrik emallarda daha mürəkkəb proseslər baş verir.

Sıxılmada mayenin ayrılmasına təsir edən faktorları nəzərdən keçirək:

- sıxılmanı təmin edən təzyiqlə p ;

- sıxılmaya daxil olan məhsulun keyfiyyəti, yəni onun hüceyrə strukturu və ilkin emalda onun parçalanma dərəcəsi. Bu göstəricilər C konstantı ilə xarakterizə olunur, bu kəmiyyət materialın növündən və ilkin emal üsulundan asılıdır;

- sıxılacaq mürəkkəb strukturda maye fazanın x_0 kütlə fazası;

- presləmə müddəti və təzyiqlə dəyişmə ardıcılığı;

- sıxılma baş verən termiki şərtlər;

- sıxılan material layının qalınlığı.

Sıxılmanın və xammalın ilkin emalının mürəkkəbliyi lazımı təzyiqlə hesablamaq üçün vahid tənlik təklif etməyə imkan vermir. Bitki yağını sıxaraq çıxarmaq üçün aşağıdakı empirik tənlik təklif olunur:

$$W = CW_0 \frac{\sqrt{p} \sqrt[6]{\tau}}{\nu^a}, \quad (23.1)$$

burada W - yağın çıxımı, %;

C - materialın növündən asılı konstanta;

W_0 - ilkin materialda yağın miqdarı, %;

- p - yağın çıxması baş verən təzyiq, Pa;
- τ - sıxma müddəti, san;
- ν - yağın kinematik özlülüyü, m^2/san ;
- a - yağın növündən asılı olan göstərici.

Tənlikdən görünür ki, mayenin çıxımı bir çox faktorlardan asılıdır, xüsusilə də sıxma müddətindən.

Sıxılan maye kütlədə en kəsikləri sıxılma prosesi zamanı dəyişən mürəkkəb kapilyarlar sistemində uzun və ya qısa yol keçməlidir. Buna görə sıxılma prosesi zamanı filtrləmə prosesinə məxsus hadisələr baş verir və mayenin kapilyarlarda axması üçün Puazeyl tənliyindən istifadə olunur:

$$V = \Delta p d^2 n F \tau / (32 \mu l), \quad (23.2)$$

- burada V - τ müddətində axan mayenin həcmi, m^3 ;
- Δp - kapilyarlarda təzyiq itkisi, Pa;
- d - kapilyarın diametri, m;
- n - material layının vahid sahəsində kapilyarların sayı;
- F - kapilyarın en kəsiyi, m^2 ;
- μ - mayenin özlülüyü, Pa·san;
- l - kapilyarın uzunluğu, m.

Puazeyl tənliyi ilə ifadə olunan sıxma kapilyarlarla mayenin axmasından daha mürəkkəbdir. Mayenin materialın məsamələrinə filtrlənməsini nəzərə alsaq Puazeyl tənliyi əsasında vacib təcrübə nəticələrinə gəlmək olar: 1) sıxılan layın qalınlığını artırmaq, deməli, sıxılan kütlənin həcmi artırmaq məqsədəuyğun deyil; 2) istehsal texnologiyası imkan verirsə məhsulu sıxdıqda qızdırmaq məqsədəuyğundur. Hər bir hazırlanan məhsul müəyyən temperatur və yəziqdə sıxıldıqda son nəmliklə xarakterizə olunur və tarazlıq nəmliyi adlanır. Nəzərə almaq lazımdır ki, tarazlıq nəmliyi preslənən materialın həcmindən və təzyiğin tətbiq etmə ardıcılığından asılıdır.

Yoxlama sualları

1. Qida sənayesində presləmədən hansı məqsədlə istifadə olunur?
2. Məhsulların susuzlaşdırılması və briketləşdirilməsi nə ilə fərqlənir?
3. Presləmə təzyiqi hansı kəmiyyətlərdən ibarətdir?
4. Məhsulların presləmə ilə emalında hansı avadanlıqdan istifadə olunur?
5. Qranullaşdırma nədir?

Məsələ № 1: Səbətli presdə üzüm əzintisinin layının qalınlığının hesablanması.

Səbətli presdə üzüm əzintisinin layının qalınlığını hesablayın. Şirənin nisbi ayrılma sürəti $w_h = 0,6 \text{ m}^3/\text{t}$.

Həlli: $w_h = \frac{1,465}{60^{(0,0332h)}}$ düsturundan üzüm əzintisinin layının qalınlığını təyin edək:

$$h = \frac{(\lg 1,465 - \lg 0,6)}{0,0332 \cdot \lg 10} = 11,68 \text{ sm} = 0,1168 \text{ m}.$$

ƏLAVƏLƏR

Əlavə 1

Quru doymuş buxarın doyma xətti üzrə parametrləri

Təzyiq MPa	Çox doyma temperaturu, °C	Xüsusi həcm m ³ /kq	Sıxlıq kq/m ³	Entalpiya, kCoul/kq		Buxar əmələ gəlmə istiliyi, kCoul/kq
				su	buxar	
<i>P</i>	<i>t</i>	<i>v</i>	<i>ρ</i>	<i>i'</i>	<i>i''</i>	<i>r</i>
0,005	32,89	28,24	0,03541	137,79	2560,9	2423,1
0,010	45,82	14,70	0,06805	191,84	2583,9	2392,1
0,014	52,57	10,69	0,09358	220,05	2596,1	2376,0
0,016	55,34	9,437	0,1060	231,63	2601,1	2369,5
0,018	57,82	8,448	0,1184	242,03	2605,4	2363,3
0,020	60,08	7,652	0,1307	251,48	2609,2	2357,7
0,025	64,99	6,201	0,1613	272,03	2617,6	2345,5
0,030	69,12	5,232	0,1911	269,30	2624,6	2335,3
0,040	75,87	3,999	0,2501	317,62	2636,3	2318,7
0,050	81,33	3,243	0,3083	340,53	2645,2	2304,7
0,060	85,94	2,734	0,3558	359,90	2653,1	2293,2
0,070	89,95	2,367	0,4224	376,79	2659,8	2283,1
0,080	93,50	2,089	0,4707	391,75	2665,3	2273,5
0,090	96,71	1,871	0,5345	405,19	2670,2	2265,1
0,10	99,62	1,696	0,5896	417,47	2674,9	2257,5
0,12	104,80	1,430	0,6992	439,34	2683,0	2243,6
0,14	109,31	1,237	0,8083	458,42	2690,1	2231,7
0,16	113,31	1,092	0,9160	475,41	2696,3	2220,8
0,18	116,93	0,9782	1,022	490,68	2701,8	2211,1
0,20	120,23	0,8860	1,129	504,74	2706,8	2202,0
0,22	123,27	0,8103	1,234	517,70	2711,0	2193,3
0,24	126,09	0,7469	1,338	529,90	2714,9	2185,0
0,26	128,73	0,6929	1,443	541,20	2713,9	2177,7
0,28	131,20	0,6463	1,547	551,70	2722,3	2170,7
0,30	133,54	0,6055	1,652	561,70	2752,5	2163,9
0,35	138,87	0,5241	1,908	584,40	2732,3	2147,9
0,40	143,62	0,4623	2,163	604,60	2738,7	2134,1
0,45	147,92	0,4139	2,416	623,00	2743,9	2120,9
0,50	151,84	0,3749	2,667	640,10	2748,8	2108,7
0,60	158,84	0,3156	3,169	670,60	2756,9	2086,3

Əlavə 2**Suyun fiziki parametrləri (doyma xətti üzrə)**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$C_p, \text{kCoul/kg}\cdot\text{K}$	$\lambda, \text{Vt/m}\cdot\text{K}$	$\mu\cdot 10^3, \text{Pa}\cdot\text{s}$
0	1000	4,23	0,551	1,790
10	1000	4,19	0,575	1,310
20	998	4,19	0,599	1,000
30	996	4,18	0,618	0,804
40	992	4,18	0,634	0,657
50	988	4,18	0,648	0,549
60	983	4,18	0,659	0,470
70	978	4,19	0,668	0,406
80	972	4,19	0,675	0,355
90	965	4,19	0,680	0,315
100	958	4,23	0,682	0,283
120	943	4,27	0,685	0,238
140	923	4,27	0,685	0,201

Maddələrin istilik fiziki xassələri**Əlavə 3****Təzyiqdən asılı olaraq su buxarının xassələri**

Təzyiq (mütləq), kqg/sm^2	Temperatur, $^\circ\text{C}$	Sıxlıq, kq/m^3	Xüsusi buxar-əmələ gəlmə istiliyi $r, \text{kCoul/kg}$
1,0	99,1	0,5790	2264
1,2	104,2	0,6865	2249
1,4	108,7	0,7931	2237
1,6	112,7	0,8980	2227
1,8	116,3	1,003	2217
2,0	119,6	1,107	2208
3,0	132,9	1,618	2171
4,0	142,9	2,120	2141
5,0	151,1	2,614	2117
6,0	158,1	3,104	2095
7,0	164,2	3,591	2075
8,0	169,6	4,075	2057

Əlavə 4**Üzsüz südü istilik fiziki xassələri**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kq/m}^3$	$C_p,$ Coul/kq	$\lambda, \text{Vt/m}\cdot\text{K}$	$\mu, 10^{-3},$ Pa·san
5	1033	3930	0,306	2,96
10	1032	3943	0,355	2,47
15	1031	3951	0,410	2,10
20	1029	3957	0,470	1,79
30	1026	3976	0,580	1,33
40	1021	3989	0,690	1,04
50	1017	4011	0,805	0,85
60	1011	4035	0,915	0,71
70	1006	4048	1,025	0,62
80	1000	4069	1,030	0,57

Əlavə 5**Pivənin istilik fiziki xassələri**(CO₂ –nin miqdarı 0,353% , spirt miqdarı 2,9 %)

$T, ^\circ\text{C}$	$P,$ kq/m^3	$C_p,$ Coul/kq	$\lambda,$ $\text{Vt/m}\cdot\text{K}$	$\nu, 10^{-7},$ m/san^2
5	1019	3991	0,5095	23,7
10	1018	3993	0,5141	19,8
20	1017	3994	0,5250	14,3
30	1014	4000	0,5355	11,6
40	1011	4004	0,5468	9,68
50	1008	4008	0,5559	7,75
60	1004	4012	0,5699	6,48
70	1000	4021	0,5850	5,20
80	1000	4025	0,5931	4,80
90	1000	4028	0,5966	4,40

Əlavə 6

Havanın fiziki parametrləri

t, °C	ρ , kq/m ³	λ , 10 ⁻² Vt/m·K	a , 10 ⁻⁸ m ² /san	ν , 10 ⁻⁶ m ² /san	Pr
10	1,247	2,51	17,6	14,16	0,705
20	1,205	2,59	18,1	15,06	0,703
30	1,165	2,67	18,6	16,00	0,701
40	1,128	2,76	19,1	16,96	0,699
50	1,093	2,83	19,6	17,95	0,698
60	1,060	2,90	20,1	18,97	0,696
70	1,029	2,96	20,6	20,02	0,694
80	1,000	3,05	21,1	21,09	0,692
90	0,972	3,13	21,5	22,10	0,690
100	0,946	3,21	21,9	23,13	0,688
120	0,898	3,34	22,8	25,45	0,686
140	0,854	3,49	23,7	27,80	0,684
160	0,815	3,64	24,5	30,09	0,682
180	0,779	3,78	25,3	32,49	0,681
200	0,746	3,93	26,0	34,85	0,680

Əlavə 7

Su və qliserinin bəzi fiziki xassələri

№	Mayenin temperaturu	Özlülük $\mu \cdot 10^3$, Pa·san		Sıxlıq ρ , kq/m ³	
		su	qliserin 50%	su	qliserin 50%
1	10	1,35	9,5	1000	-
2	15	1,20	8,0	-	-
3	20	1,0	6,5	998	1240
4	25	0,9	5,5	-	-
5	30	0,85	4,8	996	-

Əlavə 8**Millivolt və dərəcə Selsi arasındakı uyğunluq**
(xrom-koppelli termocütlər üçün)

$t, ^\circ\text{C}$	E, mV	$t, ^\circ\text{C}$	E, mV	$t, ^\circ\text{C}$	E, mV	$t, ^\circ\text{C}$	E, mV
0,0	0,00						
5,0	0,38	80	5,45	155	11,08	230	17,18
10	0,65	85	5,81	160	11,47	235	17,61
15	0,98	90	6,17	165	11,87	240	18,03
20	1,31	95	6,53	170	12,27	245	18,45
25	1,64	100	6,90	175	12,66	250	18,87
30	1,97	105	7,29	180	13,06	255	19,29
35	2,31	110	7,66	185	13,46	260	19,72
40	2,65	115	8,03	190	13,86	265	20,14
45	3,00	120	8,41	195	14,25	270	20,56
50	3,34	125	8,79	200	14,65	275	20,98
55	3,68	130	9,17	205	15,07	280	21,41
60	4,03	135	9,55	210	15,49	285	21,83
65	4,38	140	9,92	215	15,92	290	22,25
70	4,73	145	10,30	220	16,34	295	22,66
75	5,09	150	10,68	225	16,76	300	23,10

ƏDƏBİYYAT

1. **Abasov İ.D.** Ərzaq təhlükəsizliyi və kənd təsərrüfatının prioritet istiqamətləri. – Bakı: Elm və təhsil, 2011. – 640 s.
2. **Məmmədov Q.B.** Kənd təsərrüfatı məhsullarının emal maşınları və avadanlıqları. – Bakı: Elm, 2005. – 120 s.
3. **Məmmədov Q.B.** Yeyinti istehsalının prosesləri və aparatları. – Bakı: Elm, 2005. – 112 s.
4. **Məmmədov Q.B.** Soyuduculuq texnikası. – Bakı: Elm, 2007. – 284 s.
5. **Məmmədov Q.B., Allahverdiyeva Q.M.** İstilik və soyutma texnikası. – Bakı: Elm, 2011. – 492 s.
6. **Məmmədov Q.B., Allahverdiyeva Q.M., Cəfərov M.H.** İstilik və soyutma texnikası üzrə praktikum. – Bakı: Elm, 2011. – 148 s.
7. **Nəbiyev Ə.Ə.** Şərabın kimyası. – Bakı: Elm, 2010. – 472 s.
8. **Nəbiyev Ə.Ə., Həsənova N.R., Tağıyev M.M., Abadov M.K., Əhmədova M.İ.** Qida məhsullarının texnologiyasının nəzəri əsasları. – Bakı: Elm, 2008. – 248 s.
9. **Qurbanov X.H.** Heyvandarlıqda texnoloji maşınlar. – Gəncə: AKTA, 2005. – 450 s.
10. **Галицкий Р.Р.** Оборудование зерно – перерабатывающих предприятий. – М.: Колос, 1982. – 288 с.
11. **Гинзбург А.С.** Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 335 с.
12. **Гинзбург А.С.** Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1985. – 335 с.
13. **Гребенюк С.М.** Технологическое оборудование сахарных заводов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 520 с.
14. **Жужжиков В.Д.** Фильтрование. – М.: Химия, 1971. – 420 с.
15. **Золин В.П.** Технологическое оборудование предприятий общественного питания. М.: Академия, 2000. – 436 с.
16. **Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В.** Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2000. – 551 с.
17. **Кавецкий Г.Д., Королев А.В.** Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
18. **Кельцев Н.В.** Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1984. – 592 с.

19. **Коба В.Г., Брагинец Н.В., Мурусидзе Д.Н., Некрашевич В.Ф.** Механизация и технология производства продукции животноводства. – М.: Колос, 2000. – 528 с.
20. **Крусь Г.Н., Тиняков В.Г., Фофанов Ю.Ф.** Технология молока и оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1990. – 284 с.
21. **Кук Г.Д.** Процессы и аппараты молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1984. – 768 с.
22. **Куручкин А.А., Ляшенко В.В.** Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства / Под ред. В.М.Баутина. – М.: Колос, 2001. – 440 с.
23. **Лыков А.В.** Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
24. **Марценюк А.С., Стабников В.Н.** Пленочные тепло – и массообменные аппараты пищевой промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 160 стр.
25. **Михеев М.А., Михеева И.М.** Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1973. – 319 с.
26. **Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.** Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – М.: Химия, 1976, 1981. – 552 с.
27. **Плановский А.Н., Николаев П.И.** Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
28. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств / Под ред. **С.М.Гребенюка** и **И.М.Михеевой**. – М.: Агропромиздат, 1987. – 304 с.
29. **Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д.** Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1985. – 503 с.
30. **Стабников Н. В.** Перегонка и ректификация спирта. – М.: Пищепромиздат, 1962. – 373 с.

MÜNDƏRİCAT

Giriş.....	3
I Hissə. Laboratoriya işləri	5
Laboratoriya işi № 1. Bərk hissəciklərin mayədə çökmə prosesinin kinetikasının öyrənilməsi.....	5
Laboratoriya işi № 2. Səpələnən materialların fiziki-mexaniki xassələrinin tədqiqi.....	12
Laboratoriya işi № 3. Separatorlar.....	16
Laboratoriya işi № 4. MB-6 mikserin (çalan maşının) işinin öyrənilməsi.....	21
Laboratoriya işi № 5. TMM-1M xəmir yoğuran maşının işinin öyrənilməsi.....	24
Laboratoriya işi № 6. Qurutma kinetikasının öyrənilməsi.....	27
Laboratoriya işi № 7. Məhsulların kəsilmə üsullarının öyrənilməsi.....	32
Laboratoriya işi № 8. MİM – 300 ətçəkən maşının istismarı və xidməti üçün quruluşu və iş prinsipinin tədqiqi.....	36
Laboratoriya işi № 9. MII-800 sürtgəc maşının işinin öyrənilməsi.....	42
Laboratoriya işi № 10. Kotlet formalaşdırıcı maşının işinin öyrənilməsi.....	46
II Hissə. Praktiki məşğələlər.....	51
Praktiki məşğələ № 11.Çökdürmə və saflaşdırma	51
Praktiki məşğələ № 12. Filtrləmə.....	60
Praktiki məşğələ № 13. Saxta mayeləşmə (qaynayan lay).....	68
Praktiki məşğələ № 14. Qarıxdırma.....	76
Praktiki məşğələ № 15. Qızdırma və kondensasiya.....	81
Praktiki məşğələ № 16. Buxarlanma.....	95
Praktiki məşğələ № 17. Absorbsiya.....	104
Praktiki məşğələ № 18. Qovma və rektifikasiya.....	114
Praktiki məşğələ № 19. Adsorbsiya.....	128
Praktiki məşğələ № 20. Qurutma.....	134
Praktiki məşğələ № 21. Kristallaşma.....	145
Praktiki məşğələ № 22. Xırdalama.....	151

Praktiki məşğələ № 23. Presləmə.....	160
Əlavələr	164
Ədəbiyyat	169

Мамедов Габиль Балакиши оглы
доктор технических наук, профессор
Аллахвердиева Гахира Музаффар кызы
доктор философии по технике, доцент

**ПРАКТИКУМ ПО ПРОЦЕССАМ И
АППАРАТАМ ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

(учебное пособие)

Баку – «Элм» - 2014