

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

Cəfərli Növrəstə İntiqam qızı
Hüseynova Nigar Rafiq qızı
Rüstəmov Nahid Məzahir oğlu

“ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİN PARDAQLANMASI PROSESİNİN
İCRASI QURĞUSUNUN İŞLƏNMƏSİ”

mövzusunda

MAGİSTR DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060625 – “Texoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Yeyinti sənayesi, iaşə və ticarətin texnoloji maşın və avadanlıqları”

Elmi rəhbər:

t.ü.f.d., Dosent Əzizov Əzizağa Ağahüseyn oğlu

MÜNDƏRİCAT

	<u>Səh</u>
GİRİŞ	5
Titul vərəqi (Cəfərli Növrəstə İntiqam qızı)	8
FƏSİL I. ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİ KOLLOİD ÜYÜTMƏ PROSESİNİN TEXNOLOJİ ÜSULLARININ VƏ AVADANLIQLARININ İCMALI VƏ SƏMƏRƏLİ ÜSULUN SEÇİLMƏSİNİN SİSTEMLİ ANALİZİ	9
1.1. Xırdalanma və üyüdülmənin elmi əsasları.....	9
1.2. Xırdalayıcı və üyüdücü maşınların təsnifatı.....	11
1.3. Çoxvəllə və barmaqlı üyütmə üsulları.....	21
1.4. Çəkicli və diskli üyüdücülər.....	24
1.5. Şokolad kütləsini kolloid üyüdülməsi avadanlıqlarının icmalı.....	26
1.6. Mikroxırdalayıcılar.....	29
1.7. Qeyri –axıçı kütlələrin mikroxırdalanması mühitində sistemli müqayisəsi.....	31
1.8. Sistemli analiz əsasında səmərəli konstruksiyanın seçilməsi.....	33
Titul vərəqi (Hüseynova Nigar Rafiq qızı)	35
FƏSİL II. ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİ KOLLOİD ÜYÜTMƏ QURĞUSUNUN KİNEMATİK VƏ DİNAMİK TƏDQIQI	36
2.1. Qurğunun böhran sürətinin rolu, əhəmiyyəti.....	36
2.2. Qurğunun böhran sürətinin hesablanması.....	38
2.3. Böhran sürətdən əvvəl və sonrakı sürət rejimi.....	42
2.4. Qurğunun mexaniki ötürməsinin ötürmə nisbətinin təyini, kinematik hesabat.....	42
2.5. Qurğunun mexaniki ötürməsinin kinematik sxeminin seçilməsi.....	43
2.6. Qurğunun əsas mexaniki ötürmələrinin hesablanması.....	44
2.7. Qurğunun daxili silindrinin və diyircəkli valının möhkəmlik hesabı.....	47
2.8. Qurğunun titrəmə tezliyinin və amplitudunun hesablanması.....	52
2.9. Qurğunun dayaq elementlərinin hesablanması.....	55
2.10 Qurğunun titrəmədən qorunması.....	55
Titul vərəqi (Rüstəmov Nahid Məzahir oğlu)	59

FƏSİL III. ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİ KOLLOİD ÜYÜTMƏ QURĞUSUNUN OPTİMAL TEMPERATUR REJİMİNİN TƏMİNİ ÜÇÜN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ.....	60
3.1. Temperatur rejiminin təmin edilməsinin texnoloji əhəmiyyəti.....	60
3.2. Temperatur rejiminin saxlanması üçün köməkçi vasitələr.....	61
3.3. Kolloid üyütmə qurğusunda temperaturun paylanması.....	62
3.4. Kolloid üyütmə qurğusunda ilkin temperaturun yaradılması üsulları.....	63
3.5. Qızdırıcı-soyuducu sistemlər və onların əlaqələndirilməsi.....	66
3.6. Soyuducu sistemin gücünün təyini.....	72
3.7. Kolloid üyütmə qurğusunun isitimə-soyutma sisteminin riyazi modelinin qurulması.....	78
3.8. Kolloid üyütmə qurğusunun soyutma sisteminin operator modelinin tərtibi.....	81
3.9. Optimal temperaturun təmini üçün məqsəd funksiyasının tərtibi.....	88
3.10. Optimallaşdırma üçün alqoritmin və proqramın tərtibi.....	91
NƏTİCƏ.....	94
ƏDƏBİYYAT.....	95
ƏLAVƏLƏR.....	97

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı. Azərbaycan xalqının maddi vəziyyətinin günü gündən yaxşılaşdırılması Azərbaycan dövlətinin başlıca vəzifəsidir. Xalqımızın artan tələbatını ödəmək üçün dövlətimiz bütün vasitələrdən istifadə edərək bundan ötəri çalışır və hazırkı vəziyyətdə yeyinti sənayesinin bütün istiqamətləri boyunca kifayət qədər yaxşı nəticələr əldə olunmuşdur. Artıq Respublikamızda Qənnadı sənayesinin bütün məhsulları üzrə yüksək texniki vasitələr avadanlıq və inamlı texnologiya mövcuddur. Qənnadı sənayesinin yaradılması və inkişafı hələ Respublikanın ilk illərindən başlayaraq istehsalla məşğul olmuşdur.

Şokolad məhsullarının tərkibini kakao tortası, kakao yağı, şəkər, ətirləyici maddələr təşkil edir. Bu xammallar kompleksi kakao tortası daxil olmaqla kakao tozu ilə əvəz edilə bilər və bu məhsul xırdalanma, qarışdırma əritmə, kolloid üyütmə əməliyyatlarını keçərək desert şokolad məhsuluna gətirilib çıxardılır. Şokolad məhsullarının hazırlanma texnologiyası onların 3 növünün hazırlanmasına gətirilir. Bunlar üzlüklənmə üçün şokolad, adi şokolad, desert şokolad adı ilə məşhurdur. Əsasən üzlüklənmə şokoladı kakao tortasının az miqdarda sərfi ilə kakao tozundan hasil edilir. Adi şokolad isə lövhə şəkilli yaxud konfetlər üçün içlik və nəhayət desert şokoladlar isə həm müxtəlif konfet sortları üçün üzlük və içlik o cümlədən lövhəli şokolad məqsədləri ilə hazırlanır. Şokolad hazırlanması əməliyyatının son mərhələsi şokolad kütləsinin kolloid üyüdülməsi prosesidir. Bu proses 72 saat(3 sutka) ərzində böyük qabariti olan texnoloji maşınlarda xüsusi temperatur rejimi gözləməklə (qızdırma və soyutma mərhələləri olmaqla) həyata keçirilir və avadanlıqlar çox kiçik məhsuldarlığa malikdirlər. Bu avadanlıqların məhsuldarlıqlarının yüksəldilməsi onların sərf etdiyi enerjinin sərfinin azaldılması, avadanlığın həddindən artıq böyük qabarit ölçülərə malik olmasını aradan qaldırmaq disertasiyanın məqsədlərindəndir. Qeyd edək ki, bu məqsədlərlə istifadə olunan texnoloji avadanlıqlar İtaliya, Almaniya, Belçika, Danimarka və İsveçə kimi xarici ölkələrin şirkətlərinin istehsal etdiyi avadanlıqlardır. Bu avadanlıqlar çox baha qiymətə MDB ölkələrinə o cümlədən bizim Respublikaya gətirilmiş və artıq 50 ildən artıqdır ki, onlar Respublikamızda istismar olunurlar. Onların təmiri və xidməti artıq bizim fabriklərin tələbatını ödəmir. Odur ki, bu avadanlıqların yeni modellərini xarici ölkələrdən gətirməyə

yox, öz Respublikamızda müasir tələblərə uyğun yenilənməsi və istehsalatlarda tətbiqi aktual məsələdir və böyük iqtisadi səmərəsi ola bilər.

İşin məqsədi. Şokolad istehsalının son mərhələsi olan kolloid üyüdülmə əməliyyatının məqsədi şokolad kütləsinin tərkibində olan iri ölçülü (>30mkm) hissəciklərin kakao tozu şəklində olan amorf cisimlərin xırdalanması (üyüdülməsi) oksigenlə doydurulması əməliyyatını icra edən konş maşın tipli texnoloji maşının yaradılması və onun istehsalatda tətbiqini həyata keçirməkdir. Maşının yaradılmasında müasir texniki vasitələrdən istifadə edilmiş, onun kiçik qabaritdə olması və az enerji sərfinə malik qurğunun yaradılmasına əsaslanır.

Tədqiqat metodları. Şokolad üyüdən maşının yaradılmasında ən müasir layihələndirmə və konstruksiya etmə üsullarından istifadə etmişik. Burada magistrlardan biri qurğunun hərəkət prinsipinin məhz vallı diyircəkli olması sistemli analiz nəticəsində müəyyən edilmiş və yeni model qurğuya tətbiq etməklə həyata keçirmişdir, digəri üyütmə qurğusunun mexaniki ötürməsini layihələndirilməsi onun standart elementlərinin seçilməsi kinematik və dinamik hesablarının aparmışdır. Sonuncu magistr isə kolloid üyütmə qurğusunun soyutma sistemini və onun kominikasiya qurğularını (nasosu, su çəni, əks klapanı, termostatı və relesi) seçilmiş və optimal temperaturun təyin olunması üçün lazımi tədbirlər görülmüşdür.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Kolloid üyütmə qurğusunun yaradılmasında bir sıra elmi nəzəriyyələr və tədqiqat üsulları tətbiq olunmuşdur. Buraya qida məhsullarının xırdalanma (üyüdülmə) nəzəriyyəsi obyektin riyazi təsvirinin təşkili zamanı təcrübə planının hazırlanması ardıcılığı və prinsipləri obyektin riyazi təsvirinin təşkili üsulu, statistik modelləşdirmənin əsas müddəaları öz əksini tapmışdır.

Dissertasiyanın təcrübi əhəmiyyəti. İstifadə olunan texnoloji avadanlıqların mənəvi və fiziki köhnəliyi onların məhsuldarlıqlarının az olması metal sərfələrinin çox böyük olması enerji sərfələrinin çox olması yaradılan qurğunun təcrübi əhəmiyyətindən xəbər verir. Ehtimal olunur ki qurğu aşağıdakı texniki xarakteristikaya malik olacaqdır:

- | | |
|---------------------|--------------|
| 1. məhsuldarlığı | 100 kq/dövr |
| 2. enerji sərfi | 2,5 kVt |
| 3. qabarit ölçüləri | 800x500x1300 |
| 4. kütləsi | 120 kq |

Disertasiyanın aprovasiyası. Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransın materialı səh.813 və Ümumilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransın materialı səh.632.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

əlyazması hüququnda

Cəfərli Növrəstə İntiqam qızı

**Şokolad kütləsini kolloid üyütmə prosesinin texnoloji
üsullarının və avadanlıqlarının icmalı və səmərəli üsulun
seçilməsi məqsədi ilə sistemli analizi**

mövzusunda

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

İxtisas: 060625 – “Texoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Yeyinti sənayesi, iaşə və ticarətin texnoloji maşın və avadanlıqları”

Elmi rəhbər:

t.ü.f.d., dos Əzizov Əzizağa Ağahüseyn oğlu

BAKİ – 2023

FƏSİL I.

ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİ KOLLOID ÜYÜTMƏ PROSESİNİN TEXNOLOJİ ÜSULLARININ VƏ AVADANLIQLARININ İCMALI

Tarix. İndi bizə çox tanış olan şokoladın emal tarixi çox uzun müddət əvvəl, 3000 ildən çox əvvəl başlamışdır. Təxminən eramızdan əvvəl 1500-cü illərdə Olmec sivilizasiyası Amerikada Meksika körfəzi boyunca düzənliklərdə yaranmışdır. Şokoladın, daha doğrusu şokolad ağacının vətəni indiki Meksikanın ərazisidir. Şokolad istehsalının yaradılması üçün ilk lisenziyalar italyanlar tərəfindən icad edilmişdir. İngiltərədə "Şokolad evləri" qəhvə və çay salonlarından daha çox ziyarət edilirdi. Şokoladdan o dövrün qabaqcıl şəfaçıları da dərman kimi istifadə edirdilər. Belə ki, Kristofer Lüdvig Hoffman kardinal Rişelyenin müalicə təcrübəsinə istinad edərək, şokoladı bir çox xəstəliklərin dərmanı kimi tövsiyə etmişdir.

Sənayenin inkişafı ilə şokolad emalı daha əlçatan oldu, ona müxtəlif əlavələr olunmağa başladı: süd, ədviyyatlar, müxtəlif şirin maddələr, şərab və hətta pivə. Əvvəlcə şokolad yalnız kişi içkisi hesab olunurdusa, sonradan uşaqların sevimli şirniyyatına çevrildi. 1674-cü ildə şokoladdan rulet və tortlar hazırlanırdı. Bu tarix nəinki qeyri-adi, hətta yeyilə bilən "yeməli" şokoladın yaranma tarixi hesab olunur.

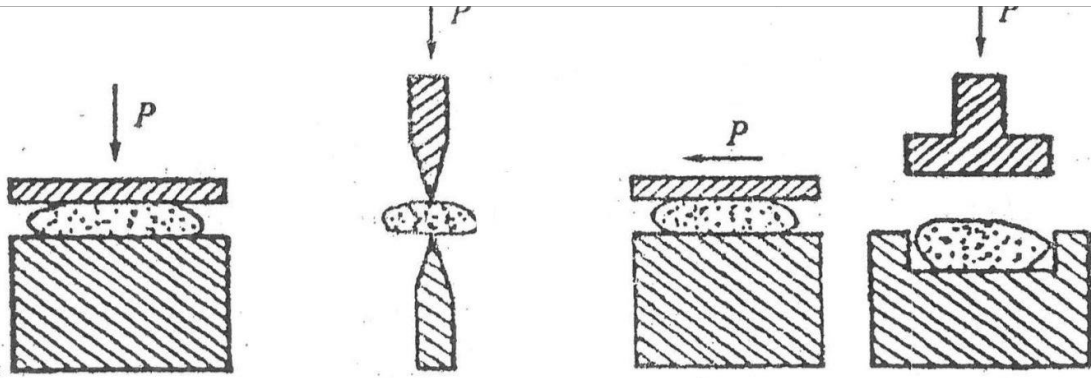
1.1. Xırdalanma və üyüdülmənin elmi əsasları.

Xırdalama və üyüdülmə həddi şokolad kütlələrinin ən mühüm texnoloji göstəricisidir. Xırdalama və üyüdülmə temperaturdan, rütubətdən, şokolad kütləsinin dispersliyindən, tərkibindəki yağdan və bərk hissəciklərdən laxtalanma strukturlarının gücündən asılıdır [1,2].

Şokolad kütlələri 30°-dan 80 °C və yuxarıya qədər geniş temperatur diapazonunda anomaliyasını göstərir. Xırdalama və üyüdülmə zamanı kütlə intensiv istilik və mexaniki təsirə məruz qaldıqda, 11-14 Pa/san kifayət qədər yüksək özlülüyünü saxlayır.

Xırdalanma adətən 2 üsulla aparılır, quru və yaş üsulla. İri və orta xırdalanma quru, kiçik və narın xırdalanma isə yaş üsulla aparılır. Yaş üsulla xırdalanma daha əlverişlidir, çünki bu zaman hissəciklər daha bərabər ölçüyə malik olur ki, bu da tozun əmələ gəlməsini kəskin azaldır və məhsulun boşaldılmasını sadələşdirir [2].

Materialın bərkliyindən və iriliyindən asılı olaraq xırdalanma üsulları seçilir.



Şəkil 1.2.1. Məhsulların xırdalanma üsulları.

a-sıxıb dağıtma, b-qopartma, v-sürtmə-əzmə, q-zərbə endirmə

Xırdalanma prosesi böyük enerji sərfi tələb edir. Şokolad kütlələrinin əmələ gəlməsi prosesləri dispersiya mühitinin interyerləri vasitəsilə dispers fazanın hissəciklərinin qarşılıqlı təsirinin kinetikasi ilə müəyyən edilir, yəni interfeysdəki səth hadisələri ilə müəyyən edilir. Bu qarşılıqlı təsirlərin miqyası, yəni sistemin vahid həcminə düşən bərk hissəciklər arasında yaranan düyünlərin sayı və möhkəmliyi onun struktur və mexaniki xassələrini müəyyən edir ki, bu da son nəticədə dispers sistemin texnoloji xassələrini, habelə hazır məhsulun keyfiyyətini müəyyən edir.

Siloslardan və ya torbalardan alınan şokolad paxlaları tərəzidə çəkilir və sonra təmizləyici və çeşidləyici maşına verilir. Orada mexaniki çirkəldən təmizlənilir. Təmizləndikdən sonra şokolad paxlası 140-180 ° C temperaturda 45-60 dəqiqə istilik təsirinə məruz qaldığı üyütmə maşınına çatdırılır. Eyni zamanda şokolad paxlasının rütubəti 7%-dən 2%-ə qədər azalır. Şokolad paxlasının qabığı kövrək olur və nüvədən asanlıqla ayrılır.

Xırdalama və üyüdülmə maşınından şokolad ucları pnevmatik yolla iki pilləli diskli dəyirmanın üstündə yerləşən bunkerə ötürülür, oradan isə üyütmə vasitəsilə çıxarılır. Daha sonra qaba üyüdülmüş kütlə top dəyirmanına daxil olur. Xırdalama və üyüdülmə zamanı şokolad paxlasının hüceyrələri qırılır, ondan şokolad yağı çıxır. Yaranan süspansiyon kolleksiyalara daxil olur, daha sonra şokolad yağı və şokolad əldə etmək üçün götürülür.

Presləmə 90-96 °C temperaturda baş verir. Qurğunun hidravlik presi sıra ilə düzülmüş altıdan on dördə qədər iş kamerasına malikdir. Hər kamera iki filtr elementi ilə

təchiz olunmuşdur ki, bu da sıxılmış şokolad yağının hazırlanması prosesini sürətləndirməyə imkan verir.[3]

Şokolad istehsalı xətti üçün kollektora verilən şokolad likörü də qarışdırıcıya daxil olur. Rəndələnmiş şokoladdan əlavə reseptə uyğun olaraq digər əlavələr də qarışdırıcıya verilir (şokolad yağı, süd tozu və ya qaymaq tozu, kristallik şəkər və s.)

Komponentlərin dozası mikser dayaqlarına quraşdırılmış sensorlar tərəfindən təmin edilir. Alınan qarışıq iki diyircəkli dəyirməyə əzilir, sonra konveyer vasitəsilə beş valli dəyirmanlara göndərilir.

Yuvarlanandan sonra qarışıq maqnit tutucusundan keçir və şokolad presləmə maşınlarına verilir, orada dispenserdən yaranan şokolad yağından ayrılır. Eyni mərhələdə şokolad kütləsinə tiner (həlləddici) əlavə edilir.

Kütlə 40-45 ° C temperaturda 15-20 dəqiqə yavaş-yavaş qarışdırılır və sonra adi şokolad üçün 3-5 saat, desert şokoladları üçün 72 saata qədər işlənir. Sonuncu üçün kütlənin emal temperaturu 60-70 °C olmalıdır. Yaranan şokolad kütləsi ondan məhsulların qəliblənməsindən əvvəl avtomatik davamlı temperləmə maşınında (isitmə) əridilir. Hazır şokolad kütləsinin istiləşmədən sonra temperaturu 30-31 °C olmalıdır.

Sonra şokolad kütləsi avtomatik qəlibləmə maşınında qəliblərə tökülür. Şokolad tökmək üçün verilən qəliblər 30-35 °C-ə qədər qızdırılır. Qəliblənmiş şokoladın son temperaturu 8-12°C olmalıdır. Yaranan şokolad kütləsi (26%) tərkibində olmalıdır: şəkər 55-65, şokolad kütləsi və şokolad yağı 20-45, nəm 1,2-5, lif 3-4-dən çox olmamalıdır. Ölçüsü 30 mikrondan az olan hissəciklərin üyüdülmə dərəcəsi (Reutov metoduna görə) 92-96% olmalıdır [1-3].

1.2. Xırdalayıcı və üyüdücü maşınların təsnifatı.

Xırdalanma-dedikdə bərk materialların mexaniki təsir nəticəsində hissələrə parçalanması və onların səthlərinin artması prosesi başa düşülür. Buna misal olaraq meyvə-tərəvəzlərin, taxıl məhsullarının xırdalanma prosesini göstərmək olar.

Xırdalanma prosesi xırdalanma dərəcəsi ilə xarakterizə olunur, yəni xırdalanmaya qədər material parçasının orta ölçüsünün D_{or} xırdalanmadan sonra orta ölçüsünə d_{or} olan nisbətidir:

$$i = \frac{D_{or}}{d_{or}} \quad (1.2.1)$$

Xırdalanma növü xırdalanma dərəcəsiəndən asılı olaraq 6 qrupa bölünür:

Xırdalanma növü	$D_{or}(mkm)$	$d_{or}(mkm)$
1. İri xırdalanma	1500...2000	250...25
2. Orta xırdalanma	200...25	25...5
3. kiçik xırdalanma	25...5	5...1
4. Narın xırdalanma	5...1	1...0,075
5. Kolloid xırdalanma	0,2...0,1	$1,0 \times 10^{-4}$ -ə qədər
6. Nano xırdalanma	0,2	$0,1 < \text{kiçik}$

Səth nəzəriyyəsinə görə xırdalanmada iş, malekulyar cəzətmə qüvvəsinin aradan qaldırılması üçün sərf edilir. Bu nəzəriyyədən də aydındır ki, burada iş, yeni yaranan səth ilə düz mütənasibdir.

Həcmi nəzəriyyə görə xırdalanmada iş, dağıtma deformasiyasının yetişmə həddinə qədər materialın deformasiyasına sərf olunur.

Rebinder tənliyi ilə xarici qüvvələrin işini təyin edək:

$$A = A_d + A_s = K_1 \Delta V + K_2 \Delta F \quad (1.2.2)$$

Burada, A_d - dağılan material parçasının həcmnin deformasiyasına sərf olunan işdir

A_s - yeni səthin yaranmasına sərf olunan işdir;

K_1 - mütənasiblik əmsalı olub, vahid həcmli cismin deformasiyasının işinə bərabərdir

ΔV - dağılan cismin həcmnin dəyişməsidir;

K_2 - yeni yaranan vahid səthin əmələ gəlməsinə sərf olunan işə bərabərdir

ΔF - yeni yaranan səth artımıdır. Huk qanununa əsasən materialın sıxılmasına sərf olunan işi belə tərif edək:

$$A_d = \frac{\sigma^2 \Delta V}{2E} \quad (1.2.3)$$

(1.2.3) ifadəsini nəzərə alsaq, onda (1.2.4) bərabərliyini yazmaq olar:

$$A = \frac{\sigma^2 \Delta V}{2E} + K_2 \Delta F \quad (1.2.4)$$

Yeni səthin yaranmasına sərf olunan işi nəzərə almasaq onda,

$\Delta V \sim D^3$ olduğunu qəbul etsək,

$$A = K_1 \Delta V = K_1^1 D^3 \quad (1.2.5)$$

Burada D^3 - material parçasının xarakterik ölçüsüdür. (1.5) tənliyi Kika-Kirpiçev fərziyyəsinə ifadə edir.

Rittinger fərziyyəsinə əsasən yazsaq:

$$A=K_2\Delta F=K_2^1D^2 \quad (1.2.6)$$

(1.2.2) ifadəsinin aşağıdakı kimi yazılışı Bonda tənliyi adlanır.

$$A=K_3\sqrt{D^3}\sqrt{D^2} \approx K_3D^{2.5} \quad (1.2.7)$$

Qoryaçgin V.P görə aşağıdakı düstura baxaq:

$$A=A_s+A_f \quad (1.2.8)$$

Materialın sıxılmasına sərf olunan iş aşağıdakı kimi hesablanır:

$$A_s=\frac{\exists h_s}{h} \quad (1.2.9)$$

Faydalı iş $A_f=F_k(h-h_s)$ düsturu ilə təyin edilir.

Hər halda bu emal xammalın xırdalanması və resept üzrə qarışdırılmasından ibarətdir bu xırdalanma, pərli və çəkicli xırdalayıcılarla hayata keçirilir.

Qarışıq yem sənayesinin əsas avadanlığı bu xırdalayıcılardır. Bu xırdalayıcılar konstruksiya ehtibarla çox sadədir, iş zamanı çox ehtibarlı, xidmət üçün rahatdırlar. Onlar yemi yarma şəkilinə salır, xırdalanmış məhsul sürətlə kənarlaşdırılır, xırdalanma dərəcəsini tənzimləmək mümkün olur, tozabənzər fraksiyanın alınmasına imkan verilmir, xırdalanma prosesinin avtomatik idarə olunmasına imkan vardır. Bu qurğularda yükləmə və boşaltma avtomatik yerinə yetirilir, ən az elektrik enerjisi sərf olunur.

Lakin bu xırdalayıcılarda müxtəlif taxıl və bostan bitkilərinin emalı zamanı Xırdalanma dərəcəsi ilə taxıl növünün uyğunlaşdırmaq mümkün olmur, bəzi taxıl məhsulları bənzər fraksiya verir, bəzilərinin yaranması kobud olur. Bu problem də parli xırdalayıcıların müxtəlif taxıl məhsulları üçün optimal parametrlərinin təyin olunmasına əsaslanır.

Bərk qida məhsullarının xırdalanması əsasən dörd üsulla aparılır. Bunlar sıxıb-əzmə,doğrama, sürtmə və zərbə üsullarıdır. Xırdalanmanın nəticəsi olaraq materialların işçi səthlərinin sahəsi artır, yeni səthlər yaranır.

Qida məhsullarının material kimi xırdalanması meyvə-tərəvəzlərin emalında, şəkər, şirniyyat istehsalında, ət-balıq məhsullarının hazırlanmasında, bitki yağlarının aralıq proseslərində geniş istifadə olunur.

Bir çox hallarda xırdalanma materialların həndəsi ölçülərinin azaldılmasına yox, onların biokimyəvi və diffuziya proseslərində texnoloji əməliyyatların intensivləşdirilməsi məqsədi daşıyır. Məsələn şəkər istehsalında əhəng daşı xırdalanıb, əhəng südü hazırlanması üçün istifadə olunur.

Bitki yağları emalında xammal (pambıq çiyidi) xırdalanır ki, ekstraksiya prosesində diffuziya sürətli getsin. Eləcədə şirniyyat istehsalında şəkərin çətin həll olmasını nəzərə alıb, şəkər tozu, kirşan (pudra) şəkilinə salınıb, ona əlavə edilir. [4-5]

Materialların elastiklik xassələrini Huk, özüllüyünü Nyuton, plastikliyini isə Sen-Venan modelləri xarakterizə edir. Material yalnız dartılma-sıxılma deformasiyasına uğradılırsa (şəkil 1.2.1) Huk modeli onun deformasiyasını aşağıdakı ifadədən təyin edirlər [10]:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1.2.10)$$

Əgər material xalis sürüşmə deformasiyasına uğradılırsa həmin gərginlik:

$$\tau = G\gamma \quad (1.2.11)$$

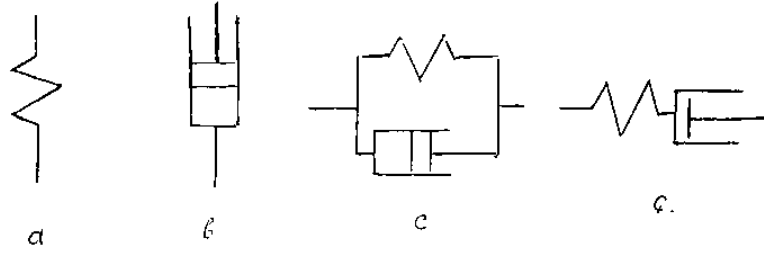
Fəzada baş verən deformasiya zamanı Huk modeli daha ümumiləşmiş forma alır və aşağıdakı tənlik sistemi ilə ifadə olunur:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)] \\ \varepsilon_y &= [\sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z)] \\ \varepsilon_z &= [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)] \end{aligned} \quad (1.2.12)$$

Burada, E-elastiklik moduludur; ε -deformasiya həddi, G - materialın reoloji xarakteristikası olub, II tərtib elastiklik moduludur, γ_e - sürüşmə həddidir, μ -özüllük əmsalındır, sabit kəmiyyətdir: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ və $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ - uyğun gərginliklər və deformasiyalar.

İdeal cisimlər üçün modellər özlü və elastik xassələrin birgə istifadə edən materiallar üçün qurulmuşdur. Bu modellərin riyazi modulu gərginlik və deformasiyanın əlaqəsinə və onların I tərtib törəmələrini ifadə edir.

Kelvin modelinin tərkibinə paralel qoşulmuş Huk və Nyuton modelləri daxil olur (şəkil 1.2.2).



Şəkil 1.2.2. a-Huk modeli, b- Nyuton modeli, c- Kelvin modeli, ç- Maksvell modeli.

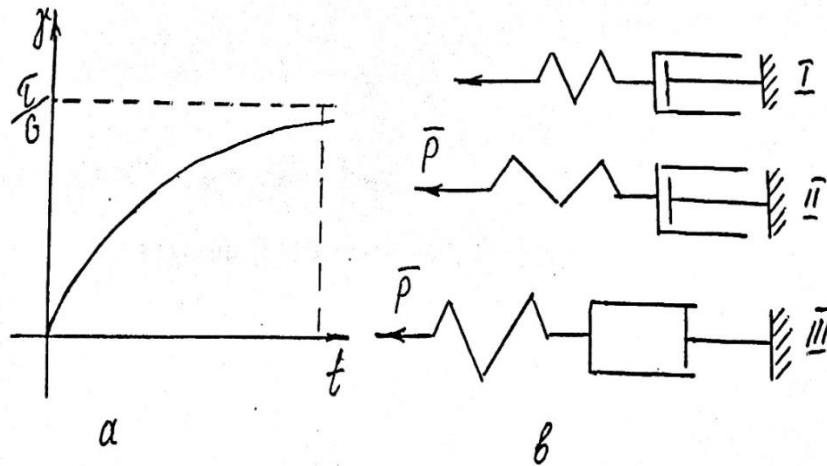
Lord Kelvin bərk maddənin özüllüyü anlayışın daxil etməklə, təklif etdiyi mexanika modelinin köməyi ilə asanlıqla riyazi modelini yazmaq üçün belə düşünmək lazımdır ki, mürəkkəb cisimin deformasiyası, onun paralel birləşdirmiş və $G\mu$ xarakteristikalı elementlərinin deformasiyasına bərabər olacaqdır. Bu halda gərginlik τ_k onun elementlərinin τ_Q və τ_H gərginlikləri cəminə bərabər olacaqdır. [10]

$$\tau_k = \tau_Q + \tau_H \quad (1.2.13)$$

Lakin $\gamma_k = \gamma_Q = \gamma_H$ Huk və Nyuton elementləri üçün yazılmış riyazi tənliklərdən istifadə edərək:

$$\tau_Q = G \times \gamma_Q \quad (1.2.14)$$

$$\tau_H = \mu \cdot \gamma_H \quad (1.2.15)$$



Şəkil 1.2.3. Maksvell cisiminin üç vəziyyəti.

Qeyd olunan yuxarıdakı dörd tənliyi ümumiləşdirib Kelvin cisimi üçün aşağıdakı tənliyi alırıq:

$$\tau = G \cdot \gamma_e + \mu \gamma \quad (1.2.16)$$

Deformasiyanın öz-özünə inkişaf etməsi kimi qiymətləndirilməni Kelvinin bərk cismin özlü axmasını göstərmək olar. Kelvin cisiminin tənliyini γ_e – ya görə həll etsək,

$$\tau = \tau_c = const .$$

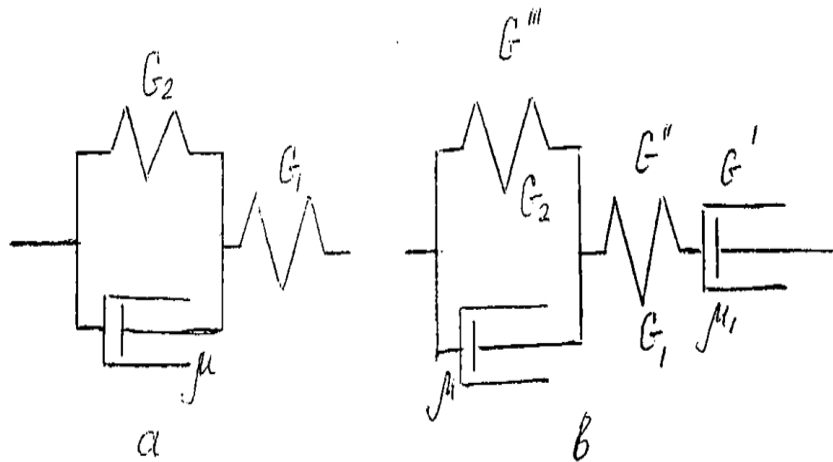
Onda alarıq:

$$\gamma_e = \frac{\tau}{G} + C \cdot e^{\frac{\tau}{G}} \quad (1.2.17)$$

Bu tənlikdə deformasiyanın kinetikasi əks etdirilir və C sabit inteqralın ilkin şərtindən təyin olunur ($t=0, \gamma = \gamma_0=0$) onda,

$$C = -\frac{\tau}{G} \quad (1.2.18)$$

Kelvin davranışına əsasən həqiqi materiallarda rast gəlmək mümkündür. Həm Kelvin, həm də Maksvellin modelləri qıvrıqlıq-özüllük xassələrinin müəyyən uyğunluğunu nəzərə aldı. Lakin lazımi tələbləri ödəmədi və real cisimlərin bütövlükdə xassələrini əks etdirmədi. Ona görə də, təcrübədə 3 parametrlı model tətbiq olunmağa başladı. Bu model Kelvin və Hukk qanunun ardıcıl birləşməsindən ibarətdir.



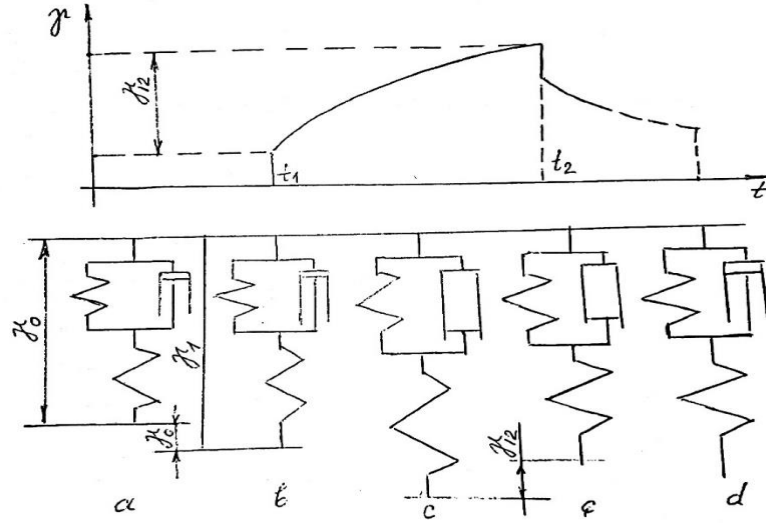
Şəkil 1.2.4 Üç parametrlı modellər.

Bu model təcrübədə daha əlverişli xassələrə malik olduğu üçün Maksvell-Tomson modeli adlandırıldı. Modelin reoloji tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$\tau + n\tau = E\mu + nH\gamma \quad (1.2.19)$$

Burada: n – reaksiya müddətinin əmsalı, E – müddət modulu, H – şərti an moduludur

Deformasiyanın kinetikasi əyrisinə şəkil 1.2.5- də baxaq.



Şəkil 1.2.5. Ümumiləşdirilmiş xətti cisimin deformasiya kinetikası ayrısı.

Şəkildən də görüldüyü kimi bu modelə yük əlavə edildikdə ani olaraq deformasiya baş verir və γ_1 - qeyd olunan t_1 anı üçün cismin ilkin vəziyyəti olur. Ancaq Kelvinin özüllü elementi ona ani olaraq deformasiya etməyə imkan vermir. Burada yükün verilməsinə və zamanın t_1 dən t_2 qədər dəyişməsi tədricən baş verir ki, bu da deformasiyanın γ_1 -dən γ_2 -yə qədər artmasına səbəb olur. Əgər yük götürülsə, əvvəlcə Kelvin elementi, sonra da Huk elementi işləyəcəkdir.

Mürəkkəbliyi cəhətdən fərqlənən, materiallar daha real əks etdirən Byürqers modelidir. Bu model bütün çatışmazlıqları aradan qaldırır və materialın qıvraq özüllü aparmasını daha real şəkildə əks etdirmişdir. Bu modeli gələcəkdə daha dəqiqləşdirmək və 4,5 elementli modellərə tərtib etmək mümkündür.

Şokolad kütləsinin üyüdülməsində ən çox istifadə olunan Maksvell və Kelvin modelləridir. Bu modellər mühəndis hesabətı üçün kifayət edir. Byürqers modelini asanlıqla ardıcıl birləşdirilmiş Kelvin və Maksvell madellərinə bölmək olar. Bu modellərin də reolji tənlikləri mövcuddur. Onlardan istifadə edərək istənilən yeyinti texnologiyasında istifadə olunan materialların xırdalanması prosesini öyrənmək olar. Aşağıdakı cədvəldə bəzi qida məhsullarının reoloji sabitləri verilmişdir: Reoloji sabitlər $\tau = k \cdot \gamma_H$ tənliyinə əsasən müəyyən edilmişdir.

Xırdalanma prosesi böyük enerji tələb edir və xırdalanmaya sərf olunan enerjini mövcud xırdalanma nəzəriyyəsindən təyin edirlər.

Səth nəzəriyyəsinə görə xırdalanmada iş, materialın dağılma həddinə qədər onun deformasiyasına sərf olunur. Xırdalanma üçün zəruri olan iş, materialı həcmnin azalması (kiçilməsi) ilə düz müənasibdir [4].

Materiala təsir edən dağıdıcı qüvvələrin ümumi işi Rebinder tənliyi ilə ifadə olunur:

$$A=A_d+A_s=K_1 \cdot \Delta V+K_2 \cdot \Delta F \quad (1.2.20)$$

Cədvəl 1.2.1. Bəzi qida məhsullarının reoloji sabitləri.

Məhsullar	Ölçü cihazı	K	n
Konfet «Kosmos»	PB	7,0	0,88
Konfet «Kara-Kum»	PB	50,0	0,63
Konfet «Çaradeyka»	KB	97,0	0,58
Konfet	PB	149,6	0,60

Burada, A_d - xırdalanan material tikəsinin tam deformasiyasına sərf olunan işdir;

A_s - yeni səthin yaranmasına sərf olunan işdir;

K_1 - müənasiblik əmsalı vahid həcmli materialın tam (dağılmaya kimi) deformasiyasına sərf olunan işi edir.

K_2 - müənasiblik əmsalı olub, yeni yaranan vahid səthin əmələ gəlməsinə sərf olunan izafi işi ifadə edir.

ΔV və ΔF - xırdalanan materialın həcmnin və yeni yaranan səthinin artımlarıdır.

Materialın sıxılmaqla dağılmasına sərf olunan iş Huk qanununa görə aşağıdakı ifadədən təyin edilir:

$$A_d=\frac{\sigma^2 \Delta V}{2E} \quad (1.2.21)$$

Burada, σ - dağıdıcı sıxma gərginliyi (məlumat cədvəllərdə verilir)

$$A_d=\frac{\sigma^2 \Delta V}{2E}+K_2 \cdot \Delta F \quad (1.2.22)$$

Xırdalanma dərəcəsinin kiçik qiymətlərində yeni səthlərin yaranmasına sərf olunan işin çox kiçik olduğunu və nəzərdən atılması qəbul olunur. $\Delta V \approx D^3$ kimi qiymətləndirsək

$$A = K_1 \cdot D^3 \quad (1.2.23)$$

olar. Bu tənlik Kik-Kirpicev fərziyyəsini ifadə edir və sərf olunan işin xırdalanan materialın tikəsinin hacmi ilə düz mütanasibdir.

Xırdalanma dərəcəsinin böyük qiymətlərində material tikəsinin həcmindən deformasiyasına sərf olunan işi nəzərə almamaq olar. Bununla belə $\Delta F \approx D^2$ olduğunu qəbul etsək, onda aşağıdakı bərabərliyi yazmaq olar:

$$A = K^2 \cdot \Delta F = K_2 \cdot D^2 \quad (1.2.24)$$

Bu tənlik Rittinqer fərziyyəsini ifadə edir və sərf olunan iş, xırdalanmada yeni yaranan səthlərin sahəsi ilə düz mütanasibdir. (3.11) ifadəsinin yuxarıdakı əlavələri nəzərə almaqla

$$A = K^3 \sqrt{D^3 \cdot D^2} \approx K^3 \cdot D^{2,5} \quad (1.2.25)$$

ifadəsi Bonda tənliyi adlanır.

Qida materialının kəsmə üsulu ilə xırdalanmasına sərf olunan iş V.P.Qoryaçkinə görə aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$A = \frac{E \cdot h_s}{h} + A_f \quad (1.2.26)$$

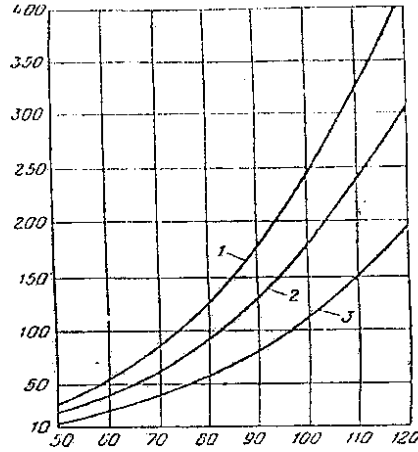
burada h , h_s , – kəsmə tiyəsində ilkin və dağılma anında qalınlığıdır; A_f – kəsilmədə faydalı işdir, aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$A_f = F_k(h - h_s) \quad (1.2.27)$$

Burada F_k – kəsmə qüvvəsidir.

Bıçağın tiyəsi ilə materialın şərti sıxılma modulu təcrübi olaraq təyin olunur və ədədi qiyməti materialın xassələrindən, bıçağın tiyəsinin konstruksiyasından və digər amillərdən asılıdır.

Təcrübi olaraq materialın “xüsusi kəsilmə qüvvəsi” anlayışından istifadə edilir. Bu anlayışa görə bıçaq tiyəsinin vahid uzunluğuna düşən qüvvə nəzərdə tutulur. Məsələn, yerkökü üçün xüsusi kəsilmə qüvvəsi 1400÷1600 N/m, kartof üçün 600÷700 N/m təşkil edir.



Şəkil 1.2.6. Materialın kəsmə qüvvəsinin diaqramı.

Əgər cismə müəyyən forma vermədən bölünürsə bu xırdalanma, müəyyən forma verməklə aparılırsa bu kəsmə adlanır [4-5].

Xırdalayıcıların konstruksiyaları çox müxtəlifdir:

- çənəli (yanaqlı) - material tərپənməz və tərپənən çənələr arasında əzilib xırdalanır (a sxemi);

- konusvari (girasion) –xırdalanma iki konus arasında materialın sıxılması ilə gedir (b sxemi);

- valli - materialın fırlanan vallar arasında sıxılması və sürtülməsi ilə aparılır (c sxemi)

- çəkicli - hərəkətdə olan hissəciklərə zərbə endirməklə material xırdalanır (ç sxemi);

-kürəcikli (barmaqlı) materiala zərbə endir sürtməklə kürəciklər və ya barmaqlar arasında xırdalanma (e sxemi);

- titrəyən - gövdənin dairəvi rəqsləri nəticəsində xırdalanma gedir (j sxemi);

- diskli - material fasiləsiz olaraq disklər və disklər arasında sürtülüb xırdalanır. Bunlara kir-kirə, daş dəyirmanları aid edilir (su dəyirmanları da bura aiddir), (z, k sxemi);

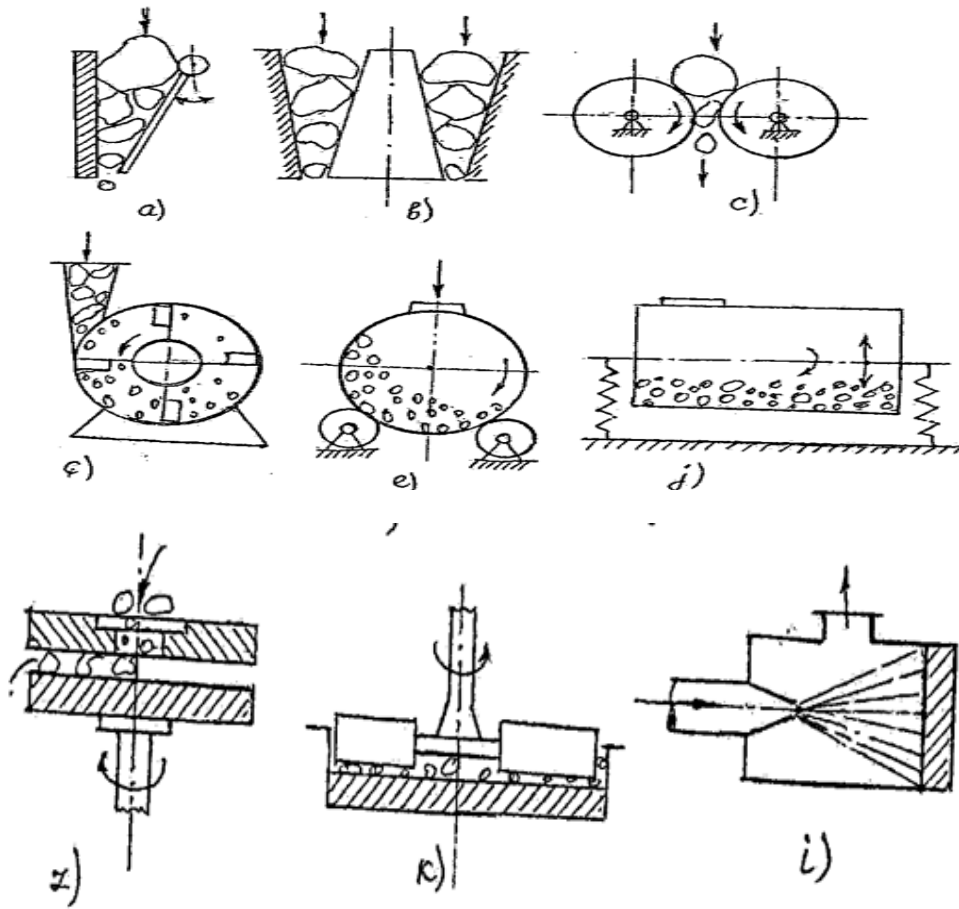
- şırnaqlı - qazın enerjisindən istifadə etməklə materialı sərt divara çırpıb xırdalayır (i sxemi).

Xırdalayıcıların hesabatında əsasən böhran sürəti təyin edilir. Məsələn, kürəcikli xırdalayıcı üçün böhran sürəti: [3]

$$P < G \quad \text{və ya} \quad m\omega^2 r < mg,$$

Buradan $\omega < \sqrt{\frac{g}{r}}$, $\omega = \frac{\pi n}{30}$ nəzərə alıb $n < 42,4 \frac{1}{\sqrt{D}}$ təyin edilir. D - barabanın

diametridir.



Şəkil 1.2.7. Xırdalanma maşınlarının sxemləri.

a) çənəli; b) konusvari; c) vallı; ç) çəkicli; e) kürəcikli; j) titrəyən; z, k) diskli i) şırnaqlı xırdalayıcı

1.3. Çoxvallı və barmaqlı üyütmə üsulları.

Şokolad kütlələrinin resepturası kakao tortasından, kakao yağından, şəkərdən və yeri gəlsə süd kirşanından ibarət olmaqla texniki şərtlərə görə müəyyən edilir. Məsələn, desert şokoladlar üçün kakao tortası və kakao yağı 45% və şəkərin miqdarı 55%-dən az olmamalıdır.

Şokolad üzlüyü üçün bu tərkib desert şokoladlarına yaxın olub tərkibində 36-38% yağ olmaqla hazırlanır. Son zamanlar tərkibində yağ faizi çox olan şokolad sortları geniş tətbiq olunur. Belə şokolad növləri üçün reseptur qarışığı aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$KB - KT + \frac{XKT}{100} = M \quad (1.3.1)$$

Burada,

M – şokoladın tərkibindəki yağların miqdarı, KB və KT – kakao tortası ilə kakao yağının kütlələr miqdarı və yalnız kakao tortasının miqdarıdır, X – kakao tortasında % - lə yağların miqdarı, KT – kakao tortasının miqdarıdır.

Resepturaya daxil olan şəkər kirşanı şəklində,55%-ə qədər olmaqla qarışdırma maşınına yüklənir.Bu məqsədlə universal z-şəkili işçi orqanı olan maşınlardan istifadə edilir.Maşının gövdəsi buxarla qızdırılır və kütlə qarışdırılıb kolloid üyüdüldükdən sonra təhnə əyilir və kütlə 40°C temperaturda boşaldılır.Burada kakao yağının hamısı birdən-birə yüklənmir,təqribən yarısı(10%) yoğrulmadan sonra əlavə edilir.Təqribən 10-15 dəqiqə müddətində yoğrulma tamamlandıqdan sonra kütlə vallaanmaq üçün melanjora(beqan) yaxud 5 valli dəzgaha verilir.Bu maşında şokolad kütləsi təqribən 40 mkm qədər ölçüyə çatır.Bu maşının buxarla qızdırılan gövdəsi və xüsusi formalı xırdalayıcısı vardır.Hər iki maşın şokolad kütləsinin kolloid üyüdülməsinə xidmət edir. Lakin:

1. Qurğu sakitsürətli olduğundan onun yoğurma prosesinə heç bir köməyi yoxdur.Burada yalnız qarışdırma əməliyyatı icra olunur.

- 2.Valli xırdalayıcıda kakao hissəcikləri və ya kakao tortası vallar arasında bərk sıxıldığından yalnız deformasiya edib öz formasını dəyişir (xırdalanma getmir,yalnız öz formasını dəyişir)

- 3.Valli xırdalayıcıda normal xırdalanma həllini almaq üçün kütlənin təkrar-təkrar vallaanmaya verilməsi tələb olunur.

- 4.Hər iki maşın kakao bobusunun miqdarına tam mənada imkan verməyərək (20%-dən az olmamaq şərtilə),kakao tortasının isə 18%-dən az olmaqla şəkərin miqdarının isə 55%-dən çox olmaqla qarışdırılmasını təmin edir [10].

Normativ üzrə desert şokoladlarda yağların miqdarı 35-38% olduğu halda adi şokoladlarda isə 30-33% olur və təbidir ki,şokolad üzlükləyən nisbətən adi şokolada yaxın olur.Adətən şokolad kütləsinin özüllüyünü azaltmaq və onun acı dadını yumşaltmaq mənasında kakao tortasının miqdarı kakao yağı ilə əvəz edilir.Son zamanlar əhali arasında daha çox təlabat tərkibində nisbətən az kakao tortası, lakin yüksək miqdarda kakao yağı olan və quru süd olan südlü şokoladlar çox populyardır.

Şokoladın tərkibində kakao tortasının hissəcikləri 30 mkm yaxın ,desert şokoladlarda isə bu ölçü daha az,şəkər kirşanı isə 80 mkm yaxın olurlar.Lakin normal

şokolad kütləsi üçün həmin ölçü adi şokoladlarda 25mkm, desert şokoladlarda isə 12 mkm bərabər olmalıdır. Bu səbəbdən şokolad kütləsi sürtmə-əzmə əməliyyatına uğradılır. Bu məqsədlə vallı üyüdüclərdən istifadə edilir. Bu qurğular 5 vallı və 3 vallı ola bilər. Əsasən 5 vallı üyüdüclərdən istifadə edilir, onun valları güzgü təkli, çuqun səthin dəqiq araboşluğu saxlanılmaqla həyata keçirilir. Bu valların mərkəzi oxuna soyuq su verilməklə soyudulur və şokolad kütləsini orada təkrar emal etməklə onun hissəcikləri lazımi ölçüyə çatdırılır.

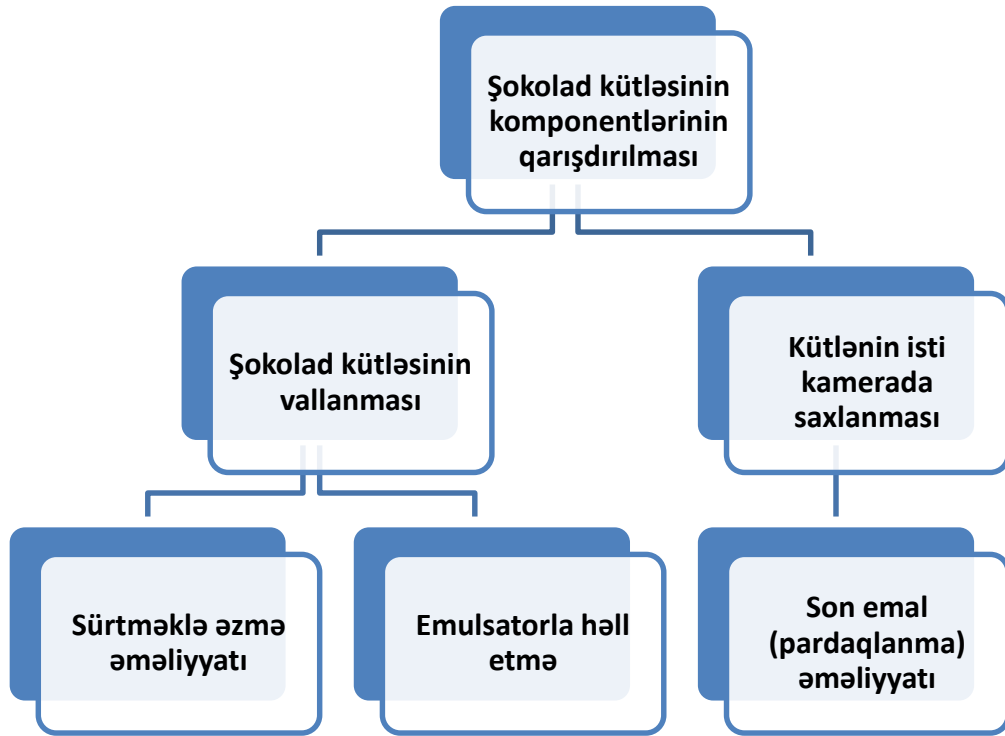
Bu xırdalayıcılarda şokolad kütləsi 3 dəfə təkrar buraxılır. 1-ci buraxılma yumşaltma, 2-ci nəmləşmə, 3-cü buraxılma isə kütlə şəklini alma adlana bilər. Şokolad kütləsinin özüllüyünü təkcə yağların miqdarı yox, eyni zamanda nəmliyin miqdarı da rol oynayır. Nəmliyin az olması şokolad kütləsinin özünüdə özüllü edir. Bu məqsədlə şokolad kütləsinin özüllüyünü azaltmaq məqsədilə onu isti kamerada 45-50°C temperaturda 72 saat saxlayırlar. Çox zaman bu əməliyyatı şokolad kütləsini pardaqlama qurğusu ilə icra edirlər. Xarici ölkələrdə bu əməliyyat vakuum quruducu qurğularda aparılır. Burada nəinki şokoladın nəmliyi uzaqlaşdırılır eyni zamanda onun tərkibindəki uçucu turşular kənarlaşdırılır və şokoladın dadı gözəlləşir.

Şokolad kütləsinin nəmləndirilməsi əməliyyatında şokolad yağının bərabər paylanması və dayanıqlı emulsiyaya çevrilməsi üçün onu sürtmə-əritmə əməliyyatına uğradırlar. Və bu məqsədlə kütləyə fosfatit qrupuna aid olan letsitin eləcədə mürəkkəb üzvi birləşmələrdən olan vanilin, essenetsin və şərab əlavə edilir.

Bu xırdalayıcılarda şokolad kütləsi 3 dəfə təkrar buraxılır. 1-ci buraxılma yumşaltma, 2-ci nəmləşmə, 3-cü buraxılma isə kütlə şəklini alma adlana bilər. Şokolad kütləsinin özüllüyünü təkcə yağların miqdarı yox, eyni zamanda nəmliyin miqdarı da rol oynayır. Nəmliyin az olması şokolad kütləsinin özünüdə özüllü edir. Bu məqsədlə şokolad kütləsinin özüllüyünü azaltmaq məqsədilə onu isti kamerada 45-50°C temperaturda 72 saat saxlayırlar. Çox zaman bu əməliyyatı şokolad kütləsini pardaqlama qurğusu ilə icra edirlər. Xarici ölkələrdə bu əməliyyat vakuum quruducu qurğularda aparılır. Burada nəinki şokoladın nəmliyi uzaqlaşdırılır eyni zamanda onun tərkibindəki uçucu turşular kənarlaşdırılır və şokoladın dadı gözəlləşir.

Şokolad kütləsinin nəmləndirilməsi əməliyyatında şokolad yağının bərabər paylanması və dayanıqlı emulsiyaya çevrilməsi üçün onu sürtmə-əritmə əməliyyatına

uğradırlar və bu məqsədlə kütləyə fosfadit qrupuna aid olan letsitin eləcədə mürəkkəb üzvibirləşmələrdən olan vanelin,essenetsin və şərab əlavə edilir.

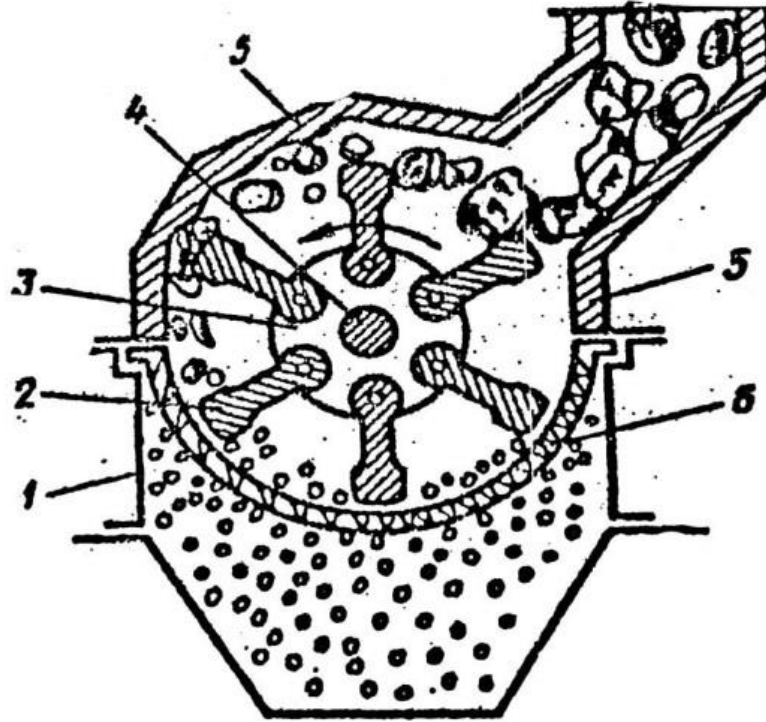


Şokolad kütləsinin yuxarıda qeyd etdiyimiz vallaanma,sürtmə ilə üyüdülmə və emulsatordan buraxma əməliyyatlarından sonra onun son emal maşınında (kütlənin pardaqlanması) emal edirlər.Bu maşında kütlə 48-72 saat ərzində 65-70°C temperaturda emal prosesində şokolad yağının kütlənin tərkibində bərabər paylanmasını tərkibdə olan şəkərin çox nazik lövhə şəklini almasını və onun kənarlarının dairəvi forma qazanmasını, eləcədə kakao tortasının kütlənin tərkibdə kürə formasını alması və şokoladın homogenləşməsi prosesi gedir. Aşı maddələri kakao bobusunun tərkibində həll olan və olmayan birləşmələrə keçir və bundan şokoladın büzücü dadı yumşalır. Şəkərin təsiri ilə bu yumşalma demək olar ki, hiss olunmur. Uçucu turşular kənarlaşır və şokoladın xoşagəlməz dadı, xoşagələn dad keyfiyyətinə keçir. Ətirli maddələr diffuziya edərək kütlənin özünəməxsus ətir və dad keyfiyyətlərini yaxşılaşdırırlar.

1.4. Çəkicli və diskli üyüdücülər.

Kartof və tərəvəzlərin,yem istehsalında sümük və taxılın xırdalanması zamanı çəkicli üyüdücülərdən istifadə olunur. Üyüdülmə prosesinin həyata keçirilməsi cisimlərin fırlanma hərəkəti zamanı diskə oynaqla birləşdirilmiş çəkiclərin materiala zərbəsi prinsipinə əsaslanır. Bunkerdən daxil olmuş material çəkiclər vasitəsilə, həmçinin zirehli

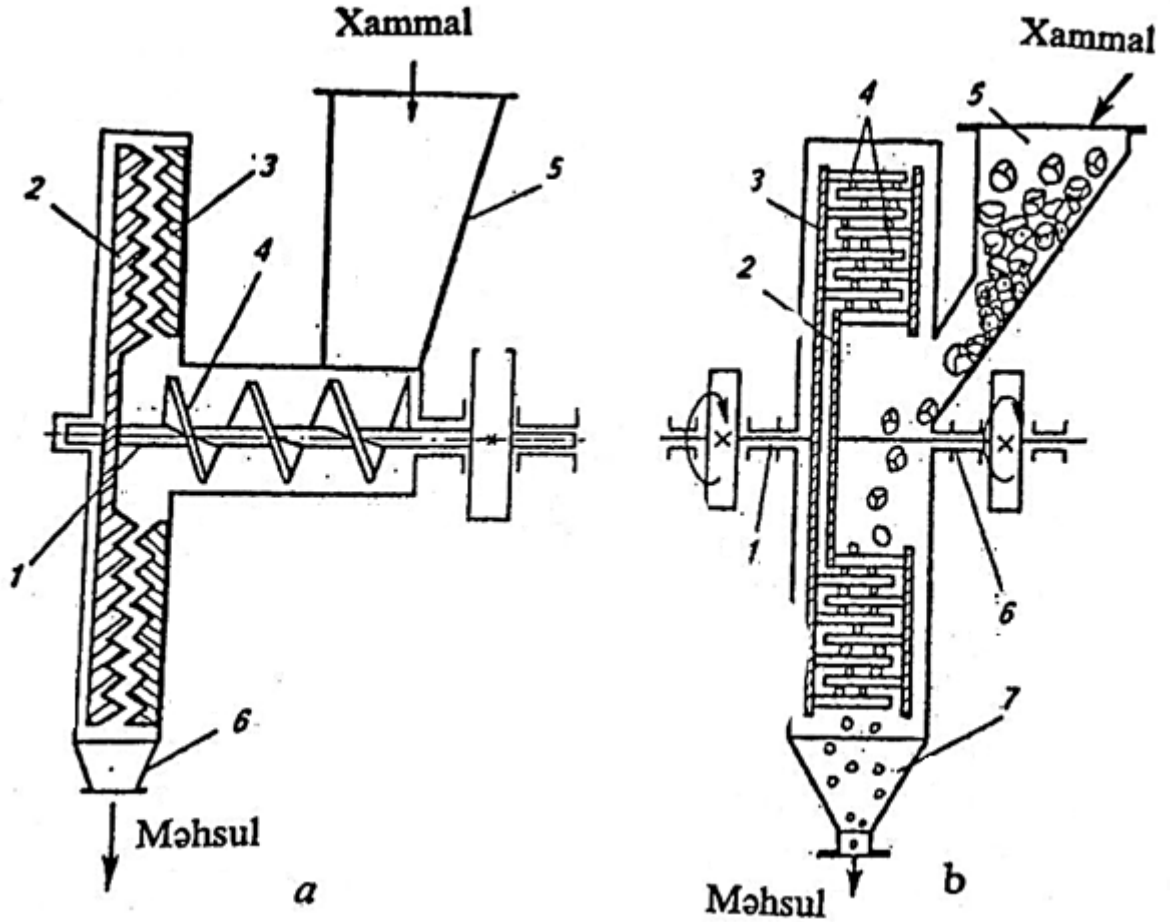
döşəməyə materialın zərbə ilə dəyməsi nəticəsində üyüdülmür. Üyüdülmüş material tor qəfəsdən xaric edilir. Materialların kiçik və narın xırdalanması üçün diskli xırdalayıcılardan istifadə olunur. Xırdalayıcının şaquli kələ-kötürlü diskinin araboşluğuna məhsul qidalandırıcı şneklə verilir. Burada proses disklərin birinin hərəkəti zamanı baş verəcəkdir. Diskin birinin fırlanması nəticəsində məhsul kələ-kötürlər arasından diskin kənarına doğru yerini dəyişməklə xırdalanacaqdır. Konsentrik çevrələr üzrə diskə barmaqciqlar bərkidilmiş dezintegratorlardır ki, bu da diskli xırdalayıcıların bir növüdür. Disklərdən birinin barmaqciqları konsentrik şəkildə digərinin barmaqciqları arasından keçir. Buna baxmayaraq, disklərdən biri digərinə nəzərən tərpənməz və ya yavaş sürətlə fırlana bilər.



Şəkil 1.4.1. Çəkicli xırdalayıcı.

1-gövdə, 2-parçalayıcı çəkic, 3-disk, 4-val, 5-zirehli döşəmə, 6-torlu qəfəs

Burada xırdalanma fırlanan barmaqciqların zərbəsi hesabına baş verir. Xırdalanmış material boşaltma qıfından tökülür. Diskin fırlanma tezliyi $200 \dots 1200 \text{dəq}^{-1}$ -dir. Bu maşınların məhsuldarlığı $0,5 \dots 20 \text{t/saat}$ arasında yerləşir.



Şəkil 1.4.2. Diskli xırdalayıcılar.

a-kələ-kötür diskli, 1-fırlanan val, 2-fırlanan disk, 3-tərpənməz disk, 4-şəklili qidalandırıcı, 5-yükləmə bunker, 6-xırdalanmış materialın çıxması üçün qısaboru; b-dezintegrator: 1- sol diski fırladan val, 2-sağ disk, 3-sol disk, 4-barmaqçılar, 5-yükləmə bunker, 6-sağ diski fırladan val, 7- xırdalanmış materialın çıxması üçün qısaboru;

1.5. Şokolad kütləsini kolloid xırdalanması avadanlıqlarının icmalı.

Qida məhsullarının yüksək dərəcəli, zərif üyüdülməsi üçün kolloid üyüdücülərdən istifadə olunur. Bu maşınlarda hissəciklərin son ölçüsü kolloid hissəciklərin ölçülərinə yaxınlaşır və mikrometrlərlə ölçülür. Burada üyüdülmüş hissəciklərin işçi orqanlara yapışmasının qarşısını almaq üçün üyüdülmədə dispersiya edici fazada iştirak edir ki, bu məqsədlə maye və qazdan istifadə edilir.

Kolloid xırdalanma məqsədli aparatlar çox müxtəlifdir, buraya vallı, barmaqlı, kürəcikli, diskli xırdalayıcıları və konus tipli üyüdücüləri aid etmək olar. Konus tipli kolloid üyüdücünün əsas detalları stator(5), konus şəkilli rotor(2) və gövdə (3)-dən

ibarətdir. Rotor və statorun səthində kolloid ölçüdə kanalcıqlar (6) vardır. Rotor və stator üzərindəki həmin kanalcıqlar biri-birinin əksinə yönəlmişlər. Stator gövdəyə (4) qaykası ilə bağlanır və hərəkət vaxtı tədricən material (7) qıfından daxil olur və qapağa (8) toplanır. Materialın hər iki səthdə sürtülməsi onun qızmasına və ştutserdən (9) kənara tullanmasına səbəb olur. Rotor və stator arasındakı araboşluğun ölçüsü (4) qaykası ilə tənzimləne bilər. Bu araboşluğun ölçüsü 0,05mm ölçüdə olur və 105 m/san sürəti ilə rotor fırlanır.

İstehsalat şəraitində Almaniyanın 292-B tipli Xeydenaul şirkətinin kürəcikli üyüdücüsü tətbiq olunur. Bu xırdalayıcının şaquli gövdəsi 2qat divarla əhatə olunmuşdur. Onun daxili kamerası kürəciklərlə (7) doldurulmuşdur. Bu kamerada qarışdırıcı fırlanır və şaquli valdan (5) diskərlə həlqələrlə, kürəklərlə (8) hərəkət alır. Bəzi xırdalayıcılarda qarışdırıcı kürəklər çox sürətlə fırlanır. Digərlərində isə sakit sürətlə fırlanır. Burada, pilləsiz sürətin tənzimlənməsi tətbiq olunur. Qarışdırıcı kürəklər elektrik mühərrikində (1) hərəkət alır. İlk üyüdülmüş kakao tortası pilləsiz tənzimlənen nasos (10) vasitəsilə kran (9) açılmaqla kameraya daxil edilir. Üyüdülmüş kakao tortası tədricən yuxarıya qalxaraq kürəciklərin bir-birinə zərbəsi nəticəsində üyüdülmür və (4) torundan və buradakı aralıqdan borucuqla (2) sonrakı emala istiqamətləndirilir. Burada tor kakao tortasını kürəciklərdən ayırır. Kakao tortasının xırdalanma kamerasında qalma müddəti onun xırdalanma dərəcəsiindən asılı olur. Kameranın həcmi üyüdücünün məhsuldarlığından asılıdır. Burada şirkətin işarətmədə qeyd etdiyi həcm (292sm^3). Bu təqribən 2,92 litr edir. Üyüdücünün həcmi ifadə edir. Üyütmə kamerası köynəklə əhatə olunmuşdur və buraya soyuducusu borucuqla (3) daxil olur və çənə (4) axıdılır.

Qatı kütləli kakao tortası nasosla (10) borucuqla (12) daxil olur. Qurğunun təmizlənməsi üçün qıfdan (13) kran vasitəsilə yuyucu məhlul daxil ola bilər. Elektrik mühərriki (11) pilləsiz variator vasitəsilə nasosun (10) dişli çarxını fırladır. Maşınla işə başlamazdan əvvəl onun kamerasının köynəyinə isti su verilir. İşin sonunda isə (3) gedişli kran (9) vasitəsilə şokolad kütləsi ilə axıdılıb kənarlaşdırılır [8].

Şəkil 1.4.2(b)-də həmin üyüdülmə kamerasının konstruksiyası verilmişdir. Gövdənin (3) tıxaclı kranının (1) üstündə metallik tor (2) vardır. Gövdənin çıxış lüləyi torlu arakəsmə ilə gövdənin daxilində halqavari detallarla (8,10) bərkidilmişdir. Qapağın üzərində konik diyircəkli yastıqlar qoyulmuşdur. Onun üzərində şaquli



Şəkil 1.5.1. Şokolad kütləsini kolloid üyütmə qurğusu.

val (5) fiksatorla (13) çatıya (14) bağlanmışdır. Kürəklər (7) valın üzərində üç işgillə (6) bərkidilmişdir. Kürəklər və gövdə ligirlənmiş poladdan, kürəciklər isə legirlənmiş və termik emal edilmiş poladdan yeyilməyə qarşı davamlı hazırlanmışdır. İş zamanı kürəciklər yeyilir və öz formalarını itirirlər. Kürəciklərin həlqə şəklində hazırlanması gövdənin yeyilməsini azaldır.

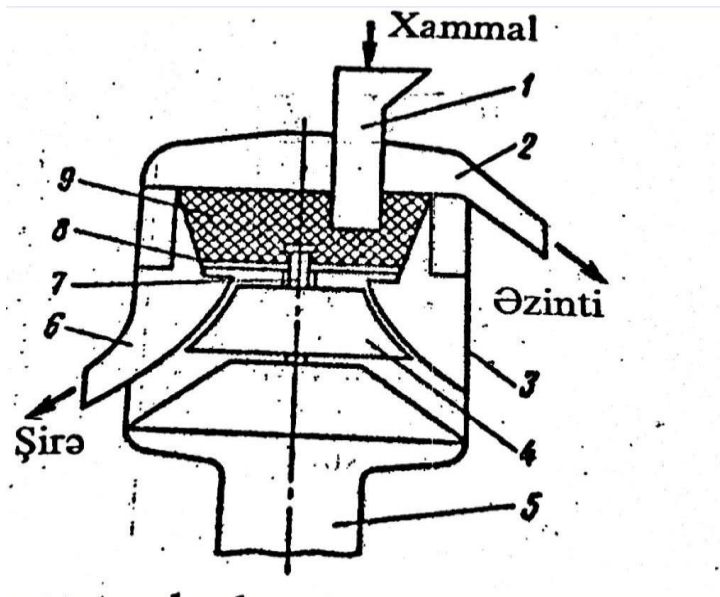
292-Üyüdücüsünün texniki xarakteristikası

1. Məhsuldarlığı 200-800 kq/saat
2. Elektrik mühərriklərin quraşdırılma gücü 23,5 km/saat
3. Qabarit ölçüləri 700x800x1900
4. Kütləsi 1350 kq

Kürəcikli üyüdücü diskli üyüdücü olan 306 ilə birgə aqreqatlaşdırılır.

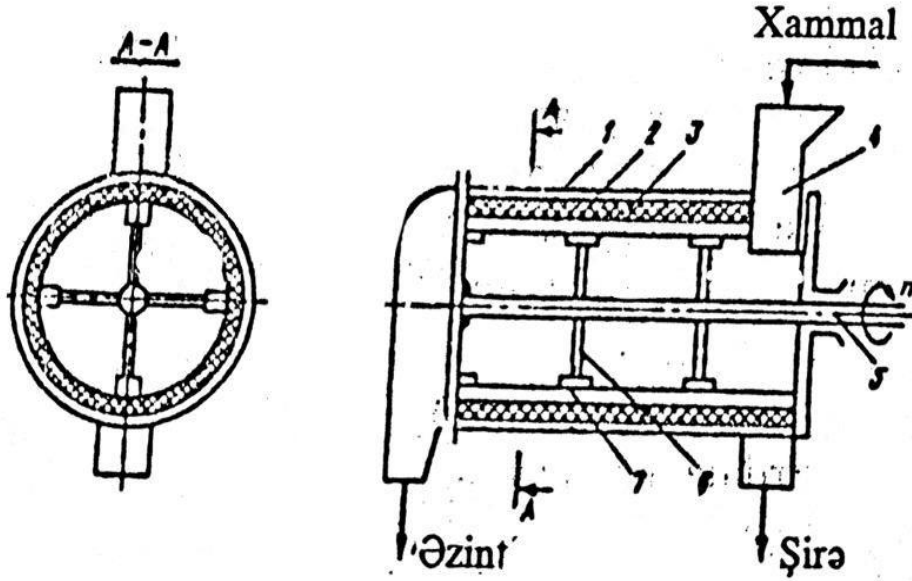
1.6. Mikroxırdalayıcılar.

Səməninin, suxarının, taxılın və digər məhsulların xırdalanması diskli dəyirmanlarda aparılır. Dəyirmanların quruluşu işlək üzvləri iki şaquli kələ-kötürlü disklərdən ibarətdir. Bu disklərdən biri tərpnəmz, digəri isə üfiqi valda fırlanma hərəkəti edir. Burada xırdalanma dərəcəsi disklər arasındakı məsafənin dəyişilməsi ilə müəyyən olunur. Meyvə və tərəvəzlərdən şirə alınmasında sürtgəc maşınlarından istifadə edilir.



Şəkil 1.6.1. Meyvə və tərəvəzin xırdalanması üçün maşın.

1-yükləmə qığı; 2-azinti üçün qısaboru; 3-gövdə; 4-rotor; 5-mühərrik; 6-şirənin çıxması üçün qısaboru; 7-val; 8-xırdalayıcı disk; 9-zənbil



Şəkil 1.6.2. Sürtgəc maşını.

1-gövdə,2-halqavari nov,3-tor,4-yükləmə qfı,5-rotor,6-mil,7-kürək

Vallı dəyirmanlardan səməninin taxılın meyvələrin orta.kiçik və narın xırdalanması üçün istifadə edilir.Vallı dəyirmanların işlək üzvi –üfüqi yerləşmiş vallar olmaqla səthi hamar.kələ-kötürlü və dişli ola bilər. Şəkildə vallı dəyirmanın sxemi verilmişdir. Valların birinin yastığı tərپənməz,digərinin isə tərپənən olmaqla yayın köməyi ilə saxlanılmışdır ki, bu da qurğuya kənar bərk cisimlər düşdükdə valın yerdəyişməsinə imkan verir.Vallar arasındakı yarığın eni ilə isə material parçasının ölçüsü təyin edilir. Dəyirman material bunkerlə tökülür. Material parçası fırlanan valların təsiri ilə zəbt olunması və basılıb əzilməsi üçün aşağıdakı şərt ödənilməlidir.

$$tg\alpha \leq f \quad (1.6.1)$$

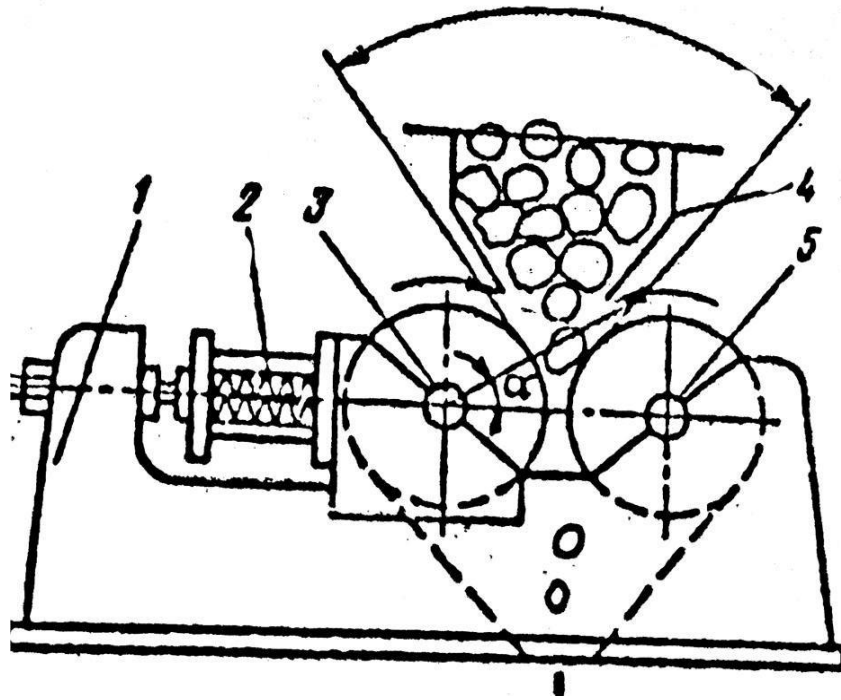
Burada: f-material tikəsi ilə val arasındakı sürtünmə əmsalındır və yaxud

$$tg\alpha \leq tg\varphi \quad (1.6.2)$$

Burada φ -sürtünmə bucağıdır.

Vallı xırdalayıcı maşınlarda zəbt etmə bucağı $\alpha = 18^\circ$ qəbul edilir.Vallı dəyirmanda xırdalanmış məhsulun parçalarının ən böyük ölçüləri valların diametrindən 20...25 dəfə azdır. Aşağıdakı düsturda valların fırlanma tezliyinin hədd qiymətini göstərək:

$$n=616 \sqrt{\frac{f}{g\rho_m d_a D}} \quad (1.6.3)$$



Şəkil 1.6.3 Vallı dəyirman.

1-çatı;2-yay;3-tərpənən val;4-bunker;5-tərpənməz val

Burada, f -materialla val arasındakı sürtünmə əmsalıdır. ρ_m –materialın sıxlığı; d_s -material parçasının əvvəlki ölçüsüdür; D - valın diametridir.

Valların çevrəvi sürəti 3...6m/san həddlərdə dəyişir. Nəzəri məhsuldarlığı aşağıdakı kimi tapılır:

$$Q=0,2\mu\rho_mLDen, \quad (1.6.4)$$

Burada, μ -xırdalanan materialın yumşalma əmsalı; L -valın uzunluğu; D -diametri, e -vallar arasındakı aralığın yarısı [8].

1.7. Qeyri-axıcı kütlələrin mikroxırdalanması mühitində sistemli müqayisəsi.

Cisimlərin deformasiyası və axması haqqında elm reologiya adlanır. Qida məhsullarının reologiyası çox zaman Huk qanununa tabe olmur. Qida məhsullarının reoloji xassələri nəmlikdən, mexaniki təsirin qiymətindən,temperaturdan və sair səbəbdən asılı olaraq dəyişə bilər. Qeyri-axıcılıq xarakteristikasına malik olan mühit tədqiq olunursa, müxtəlif ölçmə rejimlərində aparılan təcrübələr fərqli nəticələrə gətirib çıxarır.Reoloji xassələrə əsasən elastiklik, plastiklik, möhkəmlik və özüllük aid edilir. Əgər xarici zərbənin təsiri altında mühitdə daxili elastik qüvvələr meydana çıxırsa və

sistemin daxili enerjisində elastik toplanan meydana çıxmış olursa, təsir kəsildikdən sonra deformasiya (və ya onun bir hissəsi) aradan götürülərək, əvvəlki vəziyyət bərpa olunur. Plastik deformasiya isə daxili sürtünmə səbəbindən istilik enerjisi formasına sistemdən kənarlaşaraq sistemin yeni vəziyyətini müəyyən etmiş olur. Burada həlledici amil yerdəyişmə sürətidir. Onu da toxunan gərginliyin qiyməti müəyyən edir. Özlü axmada deformasiya Nyutonun qanununa əsasən gərginliklə mütənasibdir və qüvvənin təsiri kəsildikdən sonra bərpa edilir. Bəzi cisimlər də vardır ki, onlar xarici qüvvənin təsiri altında öz formalarını saxlama qabiliyyətinə malikdirlər. Bu forma möhkəmlik adlanır. Özüllük (daxili sürtünmə) axmaya qarşı müqavimət ölçüsüdür. Aşağıdakı düsturda Nyuton materialları üçün sürüşmə gərginliyi sürüşmə sürəti ilə mütənasibdir.

$$\tau = \mu\dot{\gamma} = \mu \frac{d\gamma}{dt} \quad (1.7.1)$$

Burada τ -sürüşmə gərginliyi, Pa; μ -dinamik özüllük əmsalı, Pa·san; $\dot{\gamma}$ -sürüşmə sürətidir, 1/san.

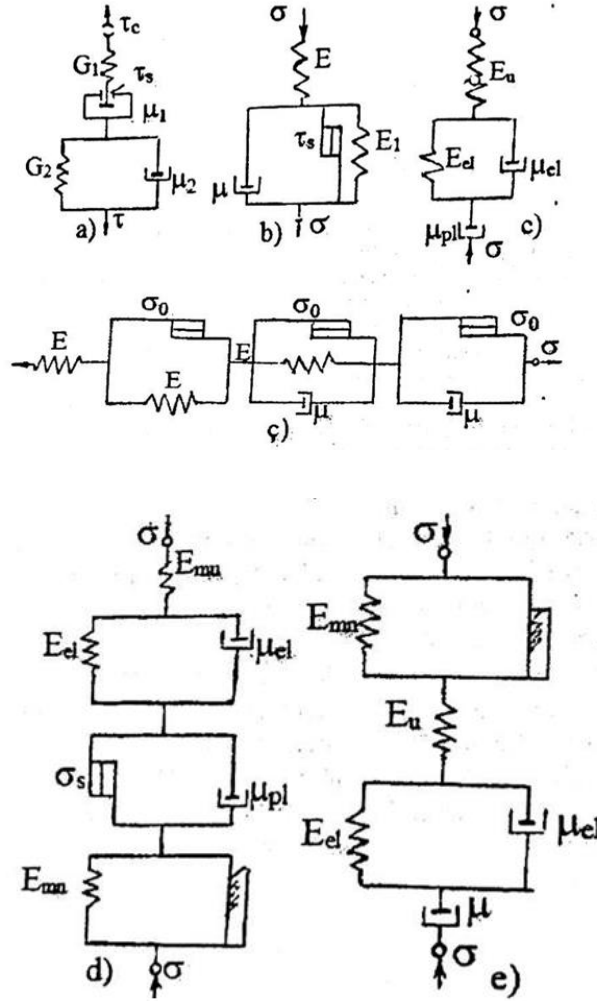
Materialları xarakterizə edən 3 sadə reoloji model məlumdur.

- a) İdeal elastik cismin modeli (Huk modeli)
- b) İdeal plastik cismin modeli (Sen-Venan modeli)
- c) İdeal özlü mayenin modeli (Nyuton modeli)

Özlü axma istənilən kiçik qiymətə malik olan qiymətin təsiri altında baş verir, lakin qüvvənin təsiri azaldıqda deformasiyanın sürəti də azalır. Belə mayelər üçün özlülük sabit olub, sürüşmə gərginliyi ilə mütənasibdir. Nyuton qanunu aşağı molekullu mayelərin (su, benzin və s.) sürüşmədə və uzununa axmada reoloji vəziyyətini xarakterizə edir. İdeal özlü mayelərin reoloji modeli içərisində həmin maye olan silindrdən və porşəndən ibarətlir (cədvəl). Porşenin hərəkəti zamanı maye silindrlə porşen arasındakı boşluqdan keçərək silindrik bir hissəsindən digər hissəsinə axır. Porşenin yerdəyişməsinə göstərilən müqavimət onun sürəti ilə mütənasibdir. Daha mürəkkəb modellərə misal olaraq aşağıdakıları göstərmək olar: özlü-elastik (Kelvinə görə), elastik-özlü (Maksvelə görə), elastik-plastik, özlü-plastik (Svedov-Binqama görə). Mühəndis təcrübəsində müxtəlif qeyri-Nyuton materialların (tomat pastası, konfet kütləsi, ərik püresi və s.) reoloji xüsusiyyətlərini ifadə etmək üçün çox vaxt Ostvald-de-Vill tənliyindən istifadə edilir [10]:

$$\tau = k\gamma^n \quad (1.7.2)$$

Burada τ - gərginlik, N/m²; γ - sürüşmə sürəti, s⁻¹; k, n- sabitlərdir.



Şəkil 1.7.1 Bəzi yeyinti məhsullarının reoloji modelləri

1.8. Sistemli analiz əsasında səmərəli konstruksiyanın seçilməsi

Modelləşdirməyə klassik yanaşmada, yəni xüsusidən ümumiyyə keçid zamanı onun ayrı təşkiledicilərin işlənilib hazırlanmasını və birləşdirməsi yolu ilə model sintez olunur. Qeyd edək ki, sistemli yanaşma tədqiqatın əsas məqsədi əsasında xüsusidən ümumiyyə ardıcıl keçid ehtimal olunur. Sistemli analizdə yenilik problemə bütünlükdə baxılmasıdır. Müvəffəqiyyətsizlik məqsədin yaxud kriterin düzgün seçilməməsidir. Bunlara baxmayaraq sistemli analizin keyfiyyətli prinsipləri mövcuddur:

1.Problemin düzgün seçilməsidir;

2. Sistemli analizin istiqaməti tədqiq olunan obyektin sərhəddinin genişləndirilməsinə yönəldilməli, prosesi idarə etməyə qabil olmalıdır;
3. Qeyri-müəyyənlik dərk edilməsi və onun təsiri qiymətləndirilməli və bu təsir müəyyən intervalla göstərilməlidir;
4. Yeni alternativlər axtarmağa çalışmaq;
5. Nəticələr yoxlanmalı, aydın və obyektiv olmalıdır.

Klassik yanaşmanı sadə obyektlərin modelləşdirilməsində istifadə etmək məqsədəuyğun hesab edilir. Lakin sistemli yanaşmada tədqiqatın məqsədi dəqiq təyin edilir və model yaradılır. Burada, meydana çıxan suallar seçimin kriterisini və yaradılacaq modelin tərkib hissələrinin ayrı-ayrı yığılı kriterisi olur. Eyni zamanda meydana çıxan funksional və struktur təsirlər birləşə bilər və empirik analitik əlaqə əldə oluna bilər.

Cədvəl 1.8.1 Sistemli analiz əsasında səmərəli konstruksiyaların seçilməsi

No	Konstruksiyanın ümumi görünüşü	izafi enerji sərfi	Emal müddəti
1	Dörd təhnəli kolloid üyüdücü	0.54	72
2	Slindirik konik-qranik vallı maşın	0.0084	12
3	Trubin tipli emal maşını	0.56	72
4	Diskli emal maşını	0.288	12
5	Homogenləşdirici	0.112	4
6	Horizontal vallı üyüdücü	0.10	4

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

Hüseynova Nigar Rafiq qızı

**Şokolad kütləsini kolloid üyütmə qurğusunun
kinematik və dinamik tədqiqi**

mövzusunda

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

İxtisas: 060625 – “Texnoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Yeyinti sənayesi, iaşə və ticarətin texnoloji maşın və avadanlıqları”

Elmi rəhbər:

t.ü.f.d., dos Əzizov Əzizağa Ağahüseyn oğlu

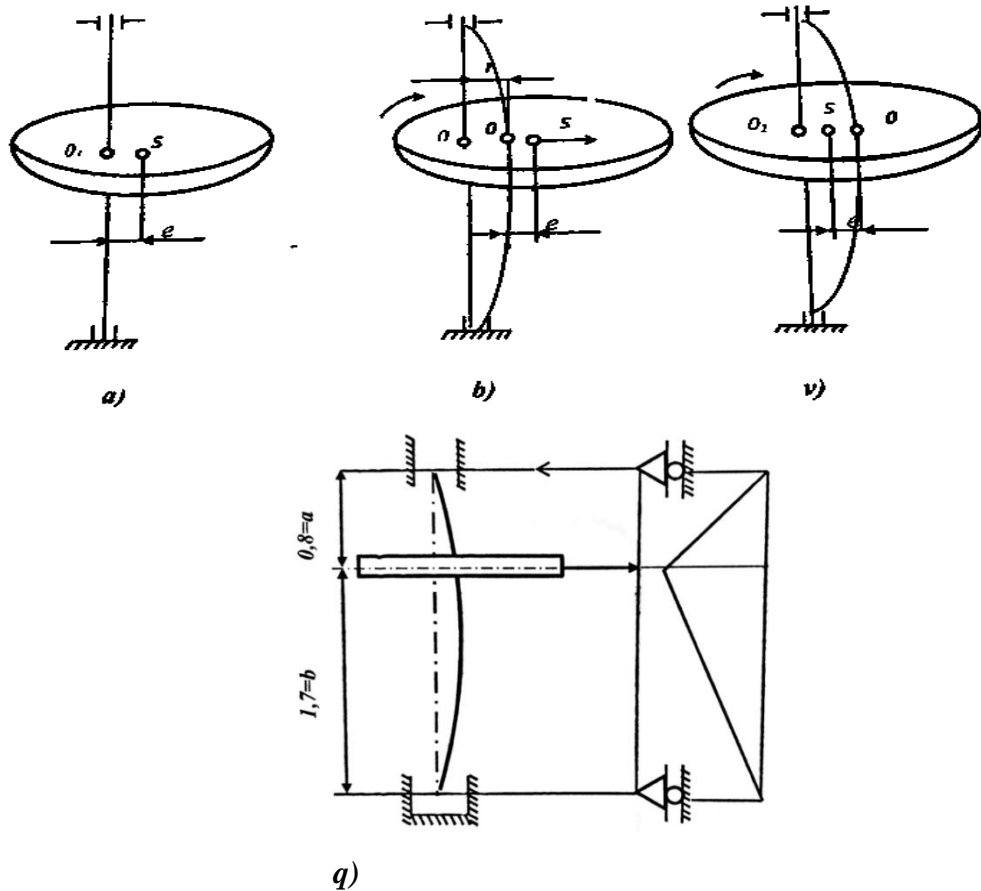
FƏSİL II.

ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİ KOLLOİD ÜYÜTMƏ QURĞUSUNUN KİNEMATİK VƏ DİNAMİK TƏDQIQI.

2.1. Qurğunun böhran sürətinin rolu, əhəmiyyəti.

Qida sənayesində sürətlə fırlanan birləşmələr və hissələri olan çoxlu sayda maşınlardan (seperatorlar, dəyirmanlar və s.) istifadə olunur. Təcrübə göstərir ki, böhran adlanan müəyyən bucaq sürətində maşınların fırlanan valları dinamik olaraq qeyri stabil olur. Bu sürətdə fırlanan mil əyilmələrindən və hətta onların dağılması mümkündür. Valın böhran sürəti elə bir sürətidir ki, valın əyilməsi nəticəsində yaranan elastik qüvvələr bərpəedici qüvvələr kimi iştirak edirlər.

Simmetriya xətti ətrafında fırlanma zaman toplanmış kütlələrin ətalət qüvvələri tarazlaşır.



Şəkil 2.1.1 Valın üzərində kütlə mərkəzinin vəziyyətinin sxemi.

Şaquli valın orta hissəsində m kütləli disk l eksentristeti ilə bərkidilmişdir (şək. 3.1a). Fırlanan zaman mil əyiləcək və onun əyri oxu Ω bucaq sürəti ilə fırlanır. Diskin quraşdırıldığı yerdə valın əyilməsini v vasitəsilə işarə edək. Sonra diskın ətalətinin mərkəzdən qaçma qüvvəsi aşağıdakı kimi olar:

$$F_{\partial t} = m\Omega^2(e+r) \quad (2.1.1)$$

Onda diskə mərkəzdənqaçma ətalət qüvvəsi bərpəedici qüvvəsi kimi təsir edəcəkdir:

$$F_{ei} = r / \delta_{11} \quad (2.1.2)$$

burada, δ_{11} vahid qüvvəsinin təsirindən orta hissəsində valın əyintisidir.

$F_{\partial t}$ və F_{ei} bərabərləşdirərək alırıq:

$$m\Omega^2(e+r) = r / \delta_{11} \quad (2.1.3)$$

Elastiki qüvvələri bərabərləşdirməklə və nəticədə yaranan tənliyi r -yə görə həll etməklə nəhayət alırıq:

$$r = e / \left(1 - \omega^2 / \Omega^2\right) \quad (2.1.4)$$

Son düsturdan belə məlum olur ki, val böhrandan artıq sürətlə fırlanıqda $\Omega \geq \Omega_b$. Onda $r \rightarrow e$ kütlə mərkəzi fırlanan oxuna yaxınlaşır və valın əyri oxu bu ox ətrafında fırlanır.

$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ tənliyindən belə çıxır ki, valın böhran bucaq sürəti valın sərbəst rəqslərinin

bucaq sürəti ilə üst-üstə düşür. Burada, c – valın sərtliyidir.

Valın böhran bucaq sürəti $\Omega_b = \omega = \sqrt{1/m\delta_{11}}$ olur. Əgər val bu sürəti aşarsa, onun əyintiləri yenidən sonlu olur, lakin onlar ilkin eksentrikliyin işarəsinə, əks bir işarəyə malik olurlar. Bu halda diskın kütlə mərkəzi milin mərkəzindən fırlanma oxuna daha yaxın olacaq (Şəkil 2.1.1.b). Böhran sürətindən yuxarı sürətlə fırlanan zaman diskın mərkəzdən qaçma ətalət qüvvəsi r üçün sonuncu tənliyi həll edərək tapırıq.

$$F_{\partial t} = m\Omega^2(r-e) \quad (2.1.5)$$

$\frac{1}{m\delta_{11}}$ kəmiyyəti milin dairəvi sərbəst titrəmənin tezliyinin kvadratıdır və bunu nəzərə

alsaq sonuncu bərabərliyi aşağıdakı formada yazırıq:

$$r = \frac{l}{\left(\frac{\omega^2}{\Omega^2} - 1\right)} \quad (2.1.6)$$

Alınan bərabərlikdən belə çıxır ki, $\omega^2/\Omega^2 \rightarrow 1$ milin əyrintisi sonsuzluğa yaxınlaşır. Yuxarıdakı əsaslandırma müqavimət qüvvələri (aerodinamiki müqavimət qüvvələri, sürtünmə qüvvələri) nəzərə alınmadan aparılır.

Şəkil 2.1.1 b,c böhran sürətdən az olan və artıq olan hallarda bucaq sürəti ilə fırlanan diskin vəziyyətini göstərir. Şəkil 2.1.1-də aşağıdakı işarətmələr qəbul edilmişdir. S diskin kütlə mərkəzi O_1 oxu diskin orta müstəvisi ilə yastıqların oxunun kəsişmə nöqtəsidir. O və O_1 nöqtələri üst-üstə düşür (şəkil 2.1.1 a). O nöqtəsi O_1 və S nöqtələri arasında eyni düz xətt üzərindədir (şəkil 2.1.1 b) $\Omega > \Omega_b$ üçün S nöqtəsi O və O_1 nöqtələri arasındakı düz xətt üzərində yerləşir (şəkil 2.1.1 c).

2.2. Qurğunun böhran sürətinin hesablanması.

Maşınların işçi sürətlərinin təyini, onların mühəndis hesabatlarının əsasını təşkil edir. Sadə riyazi üsulla maşının iş prinsipi analiz olunur və onun sürət hədləri müəyyən edilir. Aşağıda həmin prinsipi nəzərə alaraq şokolad üçün kolloid xırdalayıcının işçi sürətinin təyin edilməsinə baxaq. Burada şokolad kütləsi nazik təbəqə üzrə barabanın səthinə yapışmış olur. Diyircəklər isə nə qədər ki, şokolad əriməyib fırlanmır və kütləni fırlanma istiqamətində sıyırır və böyük qüvvə ilə sürtülür. Bu əməliyyat o vaxta qədər davam edir ki, kütlə əriyir və az da olsa sürüşkən yağlı bir emulsiyaya çevrilir. Bu halda diyircəklər də fırlanır və sürtünmə sürətlə azalır. Təcrübə göstərir ki, diyircəklərin hərəkətə gətirilməsi ilə maşında kolloid xırdalanma prosesi başlayır. Bu başlanğıc eyni zamanda kütlənin qızması və oksigenlə doyması əməliyyatlarının başlanmasını xəbər verir. Burada qəbul qıfının açıq saxlanması, kütlənin havadan oksigeni tutması və doyması ilə xarakterizə olunur. Qeyd edək ki, bu anda kütlə 60^0 yüksək temperatura qədər qızır və soyudulmanın başlanmasını tələb edir. Prosesin sonrakı dinamikası kütlənin diyircəklər tərəfindən tutulması və onun barabanın səthi boyu sürtülərək, diyirləndiriləcək, üyüdücülərlə müqayisə etsək, orada həmin əməliyyat 4 dəfə təkrarlanır.

Burada isə 16 dəfə təkrarlanma gedir. Valların diametri və uzunluqları ilə valın radiusu arasında aşağıdakı nisbət mövcuddur.

$$0,96 = \frac{R+l}{r+R}$$

Burada, l - diyircəklərlə baraban arasındakı ara boşluğunun yarısı, r – hissəciklərin radiusu, R – diyircəklərin radiusudur. Bu nisbət kütlənin val tərəfindən tutulması şərtinə görə yazılmışdır.

Nəzərə alsaq ki, $r = 100MKM = 0,1mm, l = 200MKM = 0,2mm, R = 10mm$.

Buradan,

$$0,96 \leq \frac{10+0,2}{10+0,1} = \frac{10,2}{10,1} = 1,009$$

Belə ki, kütlənin üyüdülməsi zamanı buradakı şəkər kristalları diyircəklərin mərkəzi hissəsini yeyib, onları qövsvari formaya salır, ona görə də diyircəklərin səthi onların termik emala uğradılmasını və onların bərkliyinin artırılmasına xidmət etməlidir. Barabanın səthində kütlənin hərəkəti

$$ma > fmg$$

münasibəti ilə təyin oluna bilər.

Burada,

$$\alpha_{\max} = \omega^2 R, g = \pi^2$$

$$\omega = \frac{\pi}{30}$$

$$\text{Buradan, } n \geq 30 \sqrt{\frac{f}{r}} = 30 \sqrt{\frac{0,32}{0,01}} = 169,70 \frac{\text{dövr}}{\text{deq}}.$$

f - şokolad kütləsinin barabanın səthinə sürtünmə əmsalıdır, R isə diyircəyin radiusudur.

Təcrübi olaraq $n = 200 - 250 \frac{\text{dövr}}{\text{deq}}$ qəbul edək.

Disklərin kütləsi

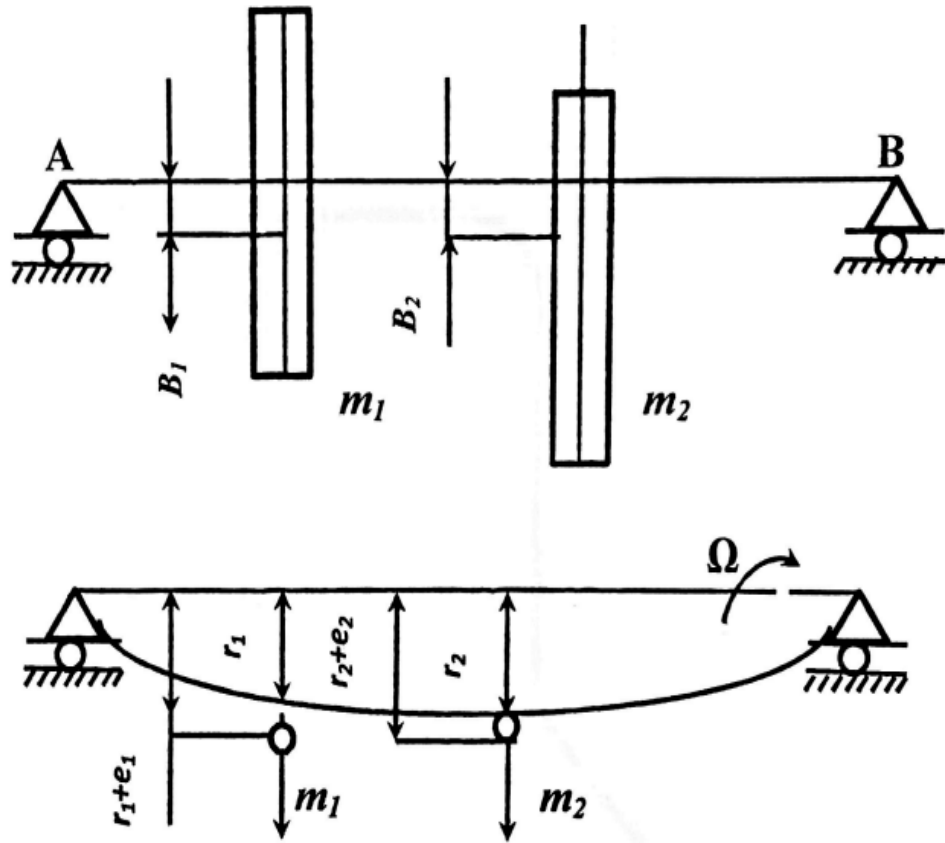
$$m_1 = m_2 = m_3 \dots m_8 = 1,2kq$$

Cizgiyə əsasən yaza bilərik.

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = r_7 = r_8 = 212mm$$

$$l_1 = 20MKM = 0,02mm$$

$$l_2 = l_1 + r_1 = 212 + 0,02 = 212,02mm$$



$$J_1 = m_1 \Omega^2 (r_1 + l_1) \quad J_2 = m_2 \Omega^2 (r_2 + l_2)$$

Şəkil 2.2.1 İki kütləli valın deformasiya sxemi.

İri kütləli sistem üçün son tənliyi yazıb bilərik:

$$\left(\delta_{11} \cdot m_1 \cdot \omega_b^2 - 1 \right) \left(\delta_{22} \cdot m_2 \cdot \omega_b^2 - 1 \right) - \delta_{12}^2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \omega_b^2 = 0 \quad (2.2.1)$$

$$\delta_{11} \cdot \delta_{12} \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \omega_b^4 - \delta_{11} \cdot m_1 \cdot m_b^2 \cdot \delta_{22} \cdot m_2 \cdot \omega_b^4 + 1 - \delta_{12}^2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \omega_b^2 = 0$$

$\omega_b^2 = y$ əvəz etməklə

$$y^2 (\delta_{11} \cdot \delta_{12} \cdot m_1 \cdot m_2) - y (\delta_{11} \cdot m_1 \cdot \delta_{22} \cdot m_2 + \delta_{12}^2 \cdot m_1 \cdot m_2) + 1 = 0 \quad (2.2.2)$$

burada,

$$ay^2 + by + c = 0$$

$$EI \delta_{12} = \frac{1}{2} \cdot 0,715 \cdot 1 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,36 + 0,36 \cdot \left(0,36 + \frac{0,715 - 0,36}{2} \right) + \frac{1}{2} (0,505 - 0,210) + \frac{1}{2} \left(0,75 \cdot 1,5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,505 \right) = 0,6046$$

$$a = \delta_{11} \cdot \delta_{12} \cdot m_1 \cdot m_2$$

$$b = \delta_{11} \cdot \delta_{22} \cdot m_1 \cdot m_2 + \delta_{12}^2 \cdot m_1 \cdot m_2$$

$$c = 1$$

$$\delta_{11} = \frac{a^2 b^2}{3EI(a+b)} = \frac{1}{2} \cdot 0,715 \cdot 0,21 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,715 + \frac{1}{2} \cdot 0,715 \cdot 0,505 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,715 = 0,0851$$

$$EI\delta_{12} = \frac{1}{2} \cdot 0,715 \cdot 1 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,36 + 0,36 \cdot \left(0,36 + \frac{0,715 - 0,36}{2} \right) +$$

$$+ \frac{1}{2} (0,505 - 0,210) + \frac{1}{2} \left(0,75 \cdot 1,5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,505 \right) = 0,6046$$

$$EI\delta_{22} = \frac{1}{2} \cdot (0,715 + 0,21) \cdot 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,925 + \frac{1}{2} \cdot 0,925 \cdot 1,5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,925 = 0,9882$$

$$\delta_{11} = \frac{0,0851}{2,1 \cdot 5,5 \cdot 10^6} = 7,376247$$

$$\delta_{12} = \frac{0,6046}{2,1 \cdot 5,5 \cdot 10^6} = 0,00000005 = 5 \cdot 10^{-8}$$

$$\delta_{22} = \frac{9882}{2,1 \cdot 5,5 \cdot 10^6} = 0,00000009 = 0,9 \cdot 10^{-6}$$

$$y_1 = \delta_{11} \cdot m_1 \cdot g + \delta_{12} \cdot m_2 \cdot g = 7,376247 \cdot 1,2 \cdot 9,8 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 1,2 \cdot 9,8 = 86,74466 \quad (2.2.3)$$

$$y_2 = \delta_{22} \cdot m_2 g + \delta_{21} \cdot m_1 \cdot g = 0,9 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2 \cdot 9,8 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 1,2 \cdot 9,8 = 165 \cdot 10^{-8} \quad (2.2.4)$$

$$m_1 = 4m_i = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ kq}$$

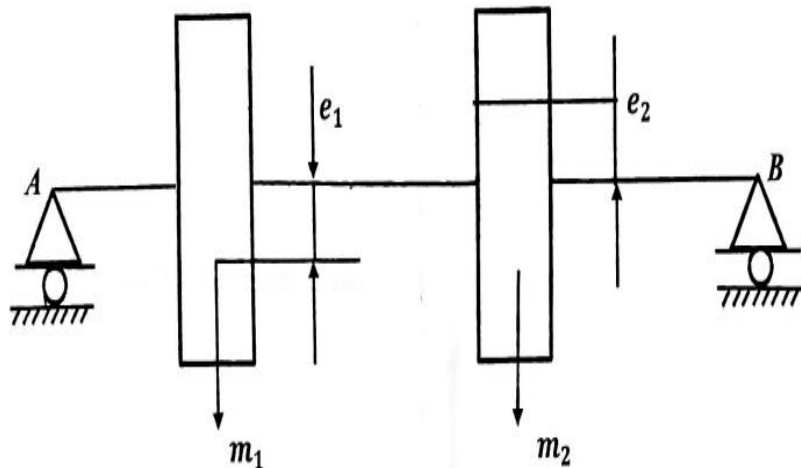
$$m_2 = 4m_i = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ kq}$$

$$J_1 = m_1 \cdot \Omega^2 (r_1 + l_1)$$

$$J_2 = m_2 \cdot \Omega^2 (r_2 + l_2)$$

$$\omega_{boh} = \sqrt{\frac{g(m_1 y_1 + m_2 y_2)}{m_1 y_1^2 + m_2 y_2^2}} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot (4,8 \cdot 86,74466 + 4,8 \cdot 165 \cdot 10^{-8})}{4,8 \cdot 86,74466^2 + 4,8 \cdot (165 \cdot 10^{-8})^2}} = \sqrt{\frac{41637436,0}{547,054368}} = 863,65 \quad (2.2.5)$$

$$N_{em} = \sum_{j=1}^k M_{bj} \cdot \frac{\omega}{1020\eta}$$



Şəkil 2.2.2. İki kütləli valın yüklənmə sxemi.

2.3. Böhran sürətdən əvvəl və sonrakı sürət rejimi.

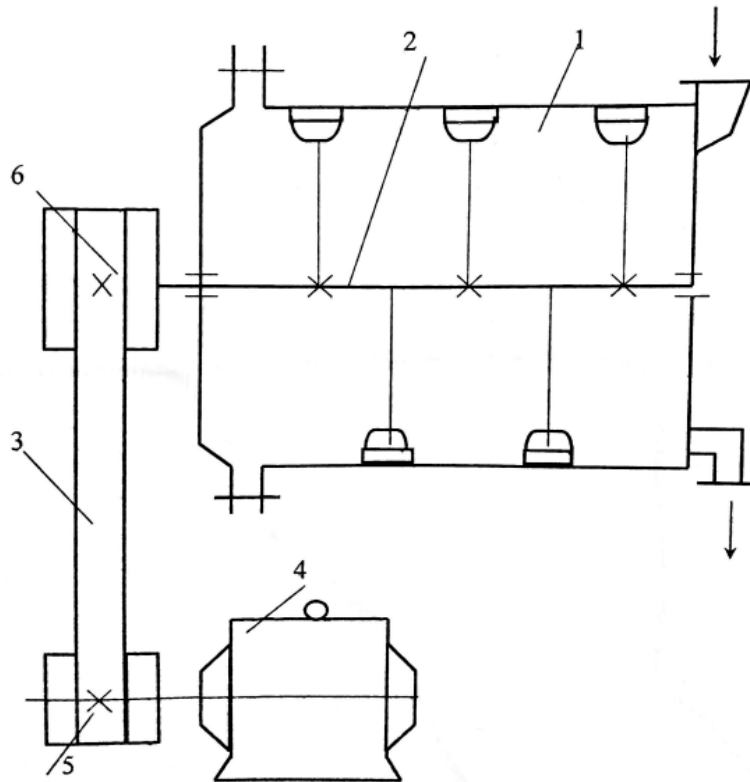
Valın bucaq sürəti böhran sürətindən azdırsa, o zaman val dinamik dayanıqlıdır. Bu vəziyyətdə valın əyilməsini artırısaq və sonra bu əyilmənin artmasının səbəbini aradan qaldırısaq, mil normal vəziyyətinə qayıdacaq. Bu elastik qüvvələrin mərkəzdənqacma qüvvələrindən daha çox artacağına görə baş verəcəkdir.

Valın bucaq sürəti böhran sürəti ilə üst-üstə düşdükdə, mil dinamik olaraq qeyri dayanıqlıdır. Bu halda əyilmə səbəbləri aradan qaldırıldıqda mil normal vəziyyətinə qayıdacaq.

Valın böhran sürəti daha yüksək sürətdə dayanıqlığa, diskin S kütlə mərkəzi O_1 nöqtəsinin radial istiqamətində hərəkət etdiyi zaman meydana çıxan koriolis sürətlənməsi ilə bağlıdır. Sonra 3-cü nöqtə radiusa perpendikulyar istiqamətdə hərəkət etməyə başlayır və O nöqtəsinin digər tərəfində bitir .

2.4. Qurğunun mexaniki ötürməsinin kinematik sxeminin seçilməsi.

Sadə olması və əlavə xərclər tələb olunmaması üçün mexaniki ötürməni elektrik mühərrikindən (4) və qayış ötürməsindən (3) ibarət qəbul edək.



Şəkil 2.4.1. Qurğunun kinematik sxeminin tərtibi.

1 – kolloid üyüdücü, 2 – üfiqi val, 3 – pazvari qayış ötürməsi, 4 – elektrik mühərriki, 5– kiçik qasnaq, 6-aparılan qasnaq.

2.5. Şokolad kütləsini üyüdən maşının mexaniki ötürməsinin layihələndirilməsi.

Aşağıdakı verilənlərinə görə işçi maşının mexaniki intiqalının layihə hesabatını aparaq:

Qurğunun valındakı tələb olunan güc:

$$N_{em} = \sum_{j=1}^k M_{bj} \cdot \frac{\omega}{1020\eta} \quad (2.5.1)$$

Burada, ω - qurğunun valının bucaq sürətidir.

$$\omega = \frac{\pi n}{60} = \frac{3,14 \cdot 250}{60} = 13,08 \frac{rad}{san}$$

Burada, M_{bj}^i - nömrəli diyircəyə təsir edən müqavimət qüvvəsinin momentidir. Bu qüvvə sürtünmə qüvvəsidir və onun momenti aşağıdakı kimi olar:

$$M_j = P_j \cdot f \cdot R \quad (2.5.2)$$

Belə ki, $j = \overline{1-8}$ olduğunu və bu qüvvənin sabit olduğunu nəzərə alıb tapırıq:

$$P_j = 50N$$

$$R = \frac{0,478}{2} = 0,239m$$

Burada, $f = 0,24$ qəbul edək və tapırıq. Şokolad hələ ərimədikdə $M_j = M_j \cdot \Psi$, $\Psi = 5 \div 6$ qəbul edilir.

Buradan tələb olunan gücü şokolad kütləsinin yoğrulması üçün onun qatılığından asılı olaraq aşağıdakı ifadədən hesablayırıq:

$$N = \frac{2,868 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 13,08}{1020 \cdot 0,95} = 1,54kvt$$

Mühərrikin momentinə görə həmin gücü 20% artıraraq.

$$N_{EM} = 1,54 \cdot 1,2 = 1,848kvt$$

$$N = \frac{2,868 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 13,08}{1020 \cdot 0,95} = 1,54kvt$$

Mühərrikin momentinə görə həmin gücü 20% artıraraq.

$$N_{EM} = 1,54 \cdot 1,2 = 1,848 \text{ kvt}$$

Standartdan cədvəl 16.19 [8] seçirik: 100 LG/950 tipli $N=2,2$ kvt, $n=950$ d/dəq olan elektrik mühərrikini seçirik.

2.6. Ötürmənin kinematik hesabı.

Ötürmənin ümumi ötürmə ədədi

$$u_{im} = \frac{n_{em}}{n_{aq}} = \frac{950}{250} = 3,8$$

Ötürmə üçün elektrik mühərrikindən aqreqata ötürməni pazvari qayış vasitəsilə olduğunu qəbul edirik:

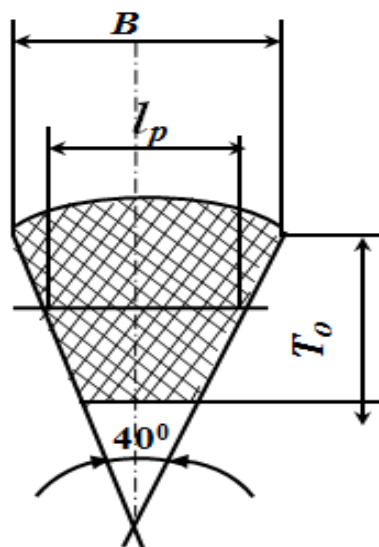
$$u_{im} = u_{qayış} = 3,8$$

$$T_1 = 9,55 \cdot \frac{N_1}{n_1} = 9,55 \cdot 950 = 18,59 \text{ Nm} \quad (2.6.1)$$

$$N_2 = N_1 \cdot n_{qayış} = 1,85 \cdot 0,95 = 1,75 \text{ kvt} \quad (2.6.2)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{qayış}} = \frac{950}{3,8} = 250 \text{ d / dəq} \quad (2.6.3)$$

$$T_2 = 9,55 \frac{N_2}{n_2} = 9,55 \frac{1,75 \cdot 10^3}{250} = 66,85 \text{ Nm}$$



Şəkil 2.6.1. Pazvari qayışın en kəsiyi ölçüləri.

Göründüyü kimi ötürmə şaqulidir. Ötürmənin iki növbəli işlədiyini və yükün sabit olduğunu qəbul edirik.

Ötürülən gücdən ($P_1 = 1,85kvt$) və bucaq sürətindən $\omega_1 = 13,08 \frac{rad}{san}$ asılı olaraq şəkil

2.6.1-də göstərilən qrafikdən A tipli çoxpazlı qayış seçirik [5-7].

Cədvəl 2.9-dan A tipli qayışın parametrlərini seçirik.

$$P_0 = 1,22kvt, t_p = 11mm, t_0 = 8mm, F = 0,81sm^2 \quad (2.6.4)$$

Qayışın hesabi uzunluğu $l = 1250 \div 4000mm$ həddi daxilindədir. Pazların məsləhət görülən sayı $z = 4 \div 20$ ola bilər.

Seçilmiş A tipli çoxpazlı qayış üçün kiçik qasnağın diametrini $d_1 = 90mm$ qəbul edirik. Qayışın sürətini tapırıq:

$$v = \omega_1 \cdot \frac{d}{2} = 13,08 \cdot 90 / (2 \cdot 1000) = 0,588m / san \quad (2.6.5)$$

Sürüşmə əmsalını $\eta = 0,015$ qəbul edərək böyük qasnağın diametrini tapırıq:

$$d_2 = d_1 \cdot u_q (1 - \eta) = 90 \cdot 3,8 \cdot (1 - 0,015) = 336,87mm$$

QOST 12843 – 80 – dan həmin diametri standartlaşdırıq: $d_2 = 315$.

Böyük qasnağın diametrini $d_2 = 280mm$ qəbul edirik. Faktiki ötürmə ədədini hesablayırıq:

$$u_f = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \tau)} = \frac{315}{90 \cdot (1 - 0,015)} = 3,55$$

Aparılan qasnağın faktiki fırlanma tezliyini tapırıq:

$$n_{2f} = \frac{n_1}{u_f} = \frac{950}{3,55} = 267,6 \text{ d}əq^{-1}$$

Mərkəzlərarası məsafənin ilkin qiymətini tapırıq:

$$a \geq 0,55 \cdot (d_2 + d_1) + h = 0,55 \cdot (315 + 90) + 4,85 = 227,6mm$$

Qayışın hesabi uzunluğunu təyin edirik:

$$l = 2a + \pi(d_2 + d_1) / 2 + (d_2 - d_1)^2 / (4a) = 2 \cdot 227,6 + 3,14 \cdot (315 + 90) / 2 + (315 - 90)^2 / (4 \cdot 227,6) = 455,2 + 635,85 + 55,607 = 1146,65mm$$

$l = 1120mm$ (cədvəl 2.7) seçirik.

Qayışın 1 saniyədəki qaçışlarının sayını tapırıq:

$$u = \frac{v}{l} = \frac{0,464}{1,12} = 0,414 \text{ san}^{-1} < [u] = 30 \text{ san}^{-1}$$

Mərkəzlərarası məsafəni dəqiqləşdiririk:

$$\begin{aligned} a &= 2\ell - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2\ell - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2} = 2 \cdot 1120 - 3,14 \cdot (315 + 90) + \\ &+ \sqrt{[2 \cdot 1120 - 3,14 \cdot (315 + 90)]^2 - 8(315 - 90)^2} = 2240 - 1271,7 + \\ &+ \sqrt{2240 - 515,038 - 405,0} = 36,331 \text{ mm} \end{aligned} \quad (2.6.6)$$

Qayışın kiçik qasnağı əhatə bucağını hesablayırıq:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ - 57^\circ (315 - 90) / 36,331 = 137^\circ > [\alpha_1] \quad (2.6.7)$$

Cədvəl 2.11-dən çoxpazlı qayışın 1 pazı ilə ötürülən buraxılabilən gətirilmiş gücü seçirik: $P_0 = 0,62 \text{ kvt}$

Seçilmiş A tipli çoxpazlı qayışın $l_0 = 1120 \text{ mm}$ uzunluğunda (cədvəl 2.11) düzəliş əmsallarını seçirik:

Cədvəl 2.3.-dən kiçik qasnaqdakı əhatə bucağından ($\alpha_1 = 137^\circ$) asılı olaraq əhatə bucağı əmsalını $S = 0,87$ qəbul edirik. Cədvəl 2.12-dən qayışın hesabi uzunluğunun, standart uzunluğuna l_0 olan nisbətinin (l/l_0) qayışın uzunömürlülyünə təsirini nəzərə alan əmsalı S_i seçirik.

$l/l_0 = 1120/1600 = 0,7$ olduqda $S_i = 0,94$ olur. Cədvəl 2.5-dən dinamiki yük əmsalını S_r seçirik. $S_r = 0,9$ çoxpazlı qayışın bir paz ilə ötürülən buraxılabilən gücü hesablayırıq:

$$[P_p] = [P_0] \cdot S_a \cdot S_i \cdot S_r = 0,39 \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 0,9 = 0,28 \text{ kvt} \quad (2.6.8)$$

Çox pazlı qayışın pazlarının sayını tapırıq.

$$z = \frac{P_1}{[P_k]} = \frac{1,54}{0,28} = 5,5 \quad (2.6.9)$$

$z = 6$ qəbul edək.

Burada $P_1 = 1,54 \text{ kvt}$ - ötürülən gücdür.

Çoxpazlı qayışın pazlarının sayını $z=6$ qəbul edirik. Çoxpazlı qayışın qollarının ilkin gərilmə qüvvəsini hesablayırıq:

$$F_0 = \frac{0,85 \cdot P_i \cdot S_l}{v \cdot S_p \cdot S_\alpha} = \frac{0,85 \cdot 1,54 \cdot 10^3 \cdot 0,94}{0,464 \cdot 0,87 \cdot 0,9} = \frac{1230,46}{0,363312} = 3386N$$

$$P_q = 3386N$$

$$F_q = 2F_0 \cdot \frac{\sin \alpha_1}{2} = 2 \cdot 3386 \frac{\sin 137^\circ}{2} = 2162N$$

Əhatə bucağı əmsallarını $C_\alpha = 0,9$ (səh 267) [1] qayışın uzunluq əmsalı $C_l = 0,94$ (cəđ. 96 [1]) iş rejimi $C_p = 0,87$ (cəđ. 97 [1]), qayışların sayı əmsalı $C_z = 0,9$ [4].

2.7. Qurğunun daxili silindrinin və diyircəkli valının möhkəmlik hesabı.

Qida sənayesində iri həcmli şaquli, yaxud üfüqi yerləşən silindrik gövdəyə malik aparatlardan geniş istifadə olunur. Belə aparatlara çənləri, rezervuarları, həcmələri aid etmək olar ki, onlar əsasən içərisinə doldurulmuş mayenin ağırlığı təsirinə, eləcə də təzyiqlə işlədiyi üçün izafi daxili təzyiqlə hesablanırlar. Bəzi tip aparatlar, məsələn çökdürmə, qıçırma, turşutma, saxlama məqsədləri daşıyır və daxildəki mayenin ağırlığına məruz qalırlar və belə həcmələrdə mayenin hidrostatik təzyiqi, yaxud onun təzyiqlə vurulması zamanı onların divarları həmin təzyiqlə möhkəmlik üçün hesablanır. Belə həcmələrin daxili səthində işçi təzyiqlər 0,07 Mpa yüksək olarsa, hidrostatik təzyiqlər nəzərə alınmır. Qosqortexnadzorun normaları nəzərə alınmaqla onların dinamik qalınlığı hesablanır. Bu aparatlar şaquli, yaxud üfüqi vəziyyətdə quraşdırıla bilər və bu vəziyyətdə mayenin kütləsi və yaratdığı hidrostatik təzyiqlər rol oynamır. Əgər aparatda olan daxili təzyiqlər 10 Mpa –dan yuxarı olarsa, onda belə gövdəni plastik materialdan vullanmaqla yayılıb, silindrik formaya salmaqla və sonda onun uclarını qaynaqlamaqla hazırlayırlar. Aparat hazır olduqdan sonra onların gövdəsi düzəlməyə (kalibrovka) uğradılır. Əgər gövdənin daxilində təzyiqlər 0,8MPa –dan yüksək olarsa, onun gövdəsi tökmə list materialdan, kövrək materialdan (çuqun, bürünc, şüşə və s.) materiallardan hazırlanır. Silindrik gövdələr 720mm diametrində borulardan da hazırlana bilər.

Bizim layihə etdiyimiz şokolad kütləsini üyüdən maşın gövdəsi diametri 420mm olan borudan hazırlanmışdır, onun divarının qalınlığı 9mm-dir. Bu aparatın daxilində heç bir təzyiqlər olmadığına görə onun gövdəsinin qalınlığını statik gərginliyə görə hesablayaq.

Burada şokolad kütləsinin hidrostatik olaraq yaratdığı təzyiqlər

$$p = \rho_j \cdot H \cdot g \quad (2.7.1)$$

burada, ρ_j - şokolad kütləsinin sıxlığı, H – kütlənin gövdədə yaratdığı hidrostatik hündürlük (metrlə) və g – sərbəstdüşmə təcildir. Əlavə verilənlər:

$$\rho_j = 1235 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$H = 0,14\text{m}$$

$$g = 9,8 \text{ m / san}^2$$

buradan tapırıq :

$$p = \rho_j \cdot H \cdot g = 1235 \cdot 0,14 \cdot 9,8 = 1694,42$$

Belə gövdənin momentsiz nəzəriyyəyə görə gərginliyi

$$G_T = \frac{P_r}{S} \quad (2.7.2)$$

hesablanır.

$$G_T = \frac{P_r}{S} = \frac{P_j \cdot H}{S} \cdot r \quad (2.7.3)$$

$$r = \frac{L}{2} = \frac{0,42}{2} = 0,21\text{m}$$

Burada, S gövdənin divarının qalınlığıdır. $G_T = \frac{P_r}{2S}$ ifadəsindən göründüyü kimi G_M

G_T -dən 2 dəfə azdır. (2.7.1) ifadəsində çevrəvi gərginliyi buraxıla bilən həddə qəbul etməklə aparatın divarının qalınlığını hesablayaq:

$$S' = \frac{\rho_g \cdot H \cdot r}{[\tau]_t} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot r}{[\tau]_d} = \frac{1235 \cdot 9,8 \cdot 0,21 \cdot 0,14}{142 \cdot 10^6} = \frac{355,8282}{142 \cdot 10^6} = 0,0000251\text{m} \quad (2.7.4)$$

Gövdənin materialını polad 20k qəbul etməklə onun 100^0 -də buraxıla bilən gərginliyinin 142 MPa olduğunu cədvəl 2-dən əlavələr [5]. Burada, hesabi qalınlıqdır və $S = S' + C$ kimi həqiqi qalınlıq hesablanır.

Polad gövdələr üçün bu qalınlığa 1-3 mm əlavə edilir və aparatın xidmət müddəti nəzərə alınaraq, $C = 0,5 - 1\text{mm}$ və $S \leq 8\text{mm}$ seçilir. Qaynaq tikişlərinin zəifləməsini nəzərə alıb $\varphi = 0,7 - 1$ seçilir. Bunu nəzərə alaraq $S = 9\text{mm}$ qəbul ediləndir.

Diyircəkli val 2 dayaq yastıqları üzərində dayanan iri ölçülü bir valdır. Bu valın üzərində sancaqlar qoşa-qoşa həmin diyircəkləri gövdənin daxili divarına yaylar

vasitəsilə sıxır. Valın uc hissəsində böyük qasnaq dayanır və həmin qasnağın vala təzyiqli qüvvəsi $P_q = 3386N$ - olur.

Hər bir diyircək öz növbəsində həm şokolad kütləsini yarıb keçir, həm də yayların sərtlik qüvvəsi ilə barabanın divarına söykənir. Bu qüvvəni hesablamaq üçün diyircəkli valın fırlanmasına göstərilən müqavimət momenti

$$M_b = \sum_{j=1}^3 (M_1 + M_2 + M_3)$$

təyin edilir. Burada M_1 - barabanın daxili divarına yaxılmış şokolad kütləsinin yaratdığı sürtülmə qüvvəsi momentidir.

$$M_1 = P_N \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \rho) \cdot \frac{D_b}{2} \quad (2.7.5)$$

Burada P_N - şokolad kütləsinin özlülüyü hesabına yaratdığı müqavimət momentidir. Diyircəklərin barabanın divarlarına sıxılma qüvvəsini nəzərə almasaq, tələb olunan güc çevrəni və radial istiqamətdə təsir edən qüvvələrin momentinə görə hesablanabilir. Burada,

$$P_\zeta = F \left[\left(R \rho \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\gamma}{2} \right) + 2C \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\gamma}{2} \right) \right) \right] \quad (2.7.6)$$

Burada, R - diyircəklərin fırlanma radiusu;

ρ - şokolad kütləsinin sıxlığı;

γ - şokolad kütləsinin daxili sürtülmə bucağıdır.

F isə diyircəyin barabana söykənmə səthinin sahəsidir. $F = al$ hesablanır.

Nəzərə alsaq ki, $l = 80 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$, $a = 0,001 \text{ m}$, $F = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$.

Belə ki, burada, $R = \frac{D}{2} = 0,21 \text{ m}$, γ - daxili sürtülmə bucağıdır $\gamma = 28^\circ$. $C = 5000$

$$P_G = F \cdot \left[\left(R \rho \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\gamma}{2} \right) + 2C \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\gamma}{2} \right) \right) \right] = 8 \cdot 10^{-6} \left[\left(0,21 \cdot 1235 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{28}{2} \right) + 2C \operatorname{tg} \left(45 + \frac{28}{2} \right) \right) \right] = 0,0057$$

Eyni zamanda radial sürtülmə qüvvəsi

$$P_G = F \cdot \left[\left(R \rho \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\gamma}{2} \right) + 2C \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\gamma}{2} \right) \right) \right] = 8 \cdot 10^{-6} \left[\left(0,21 \cdot 1235 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{28}{2} \right) + 2C \operatorname{tg} \left(45 + \frac{28}{2} \right) \right) \right] \cdot 0,939 = 0,0053$$

$$\cos \alpha = \cos 20^\circ = 0,939$$

Horizontal müstəvidə dayaq reaksiyalarını hesablayaq:

A nöqtəsinə görə moment tənliyini tərtib edək.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\begin{aligned} P_q \cdot 50 + P_{\zeta} \cdot 80 + P_{\zeta_2} \cdot 160 + P_{\zeta_3} \cdot 240 + P_{\zeta_4} \cdot 320 - P_{\zeta_5} \cdot 400 - P_{\zeta_6} \cdot 480 - P_{\zeta_7} \cdot 560 - P_{\zeta_8} \cdot 640 + R_B^n \cdot 720 = 0 \\ 3386 \cdot 50 + 0,0057 \cdot 80 + 0,0057 \cdot 160 + 0,0057 \cdot 240 + 0,0057 \cdot 320 - 0,0057 \cdot 400 - 0,0057 \cdot 480 - \\ - 0,0057 \cdot 560 - 0,0057 \cdot 640 + R_B^n \cdot 720 = 0 \\ 169 \cdot 300 + 0,456 + 0,912 + 1368 + 1,824 - 2,28 - 2,736 - 3,192 - 3,648 + P_q \cdot 50 + P_{\zeta} \cdot 80 + P_{\zeta_2} \cdot 160 + \\ + P_{\zeta_3} \cdot 240 + P_{\zeta_4} \cdot 320 - P_{\zeta_5} \cdot 400 - P_{\zeta_6} \cdot 480 - P_{\zeta_7} \cdot 560 - P_{\zeta_8} \cdot 640 + R_B^n \cdot 720 = 0 \end{aligned}$$

Buradan R_B reaksiya qüvvəsini təyin edək.

$$R_B^N = \frac{1528,636}{0,720} = 2,1231N$$

B nöqtəsinə görə moment tənliyini yazsaq:

$$\Sigma M_B = 0$$

$$P_q - R_A^H - R_B^H = 0 \quad 3386 - R_A^H - 2,1231 = 0$$

Buradan, R_A reaksiya qüvvəsini tapaq.

$$\Sigma M_B = 0$$

$$P_q - R_A^H - R_B^H = 0 \quad 3386 - R_A^H - 2,1231 = 0$$

$$R_A = 3383,87$$

$$M_{\partial y} = P_q \cdot 50 = P_q \cdot 0,05 = 3386 \cdot 0,05 = 169,3Nm$$

$$M_{\partial y}^2 = P_q \cdot 130 - R_A^H \cdot 80 = 3386 \cdot 130 - 3383,87 \cdot 80 = 169,47Nm = 0,16947mm$$

$$M_{\partial y}^3 = P_q \cdot 210 - R_A^H \cdot 160 + P_{\xi_1} \cdot 80 = 3386 \cdot 210 - 3383,87 \cdot 160 + 0,0057 \cdot 80 = -540,707 Nm = -5,40707 mm$$

$$M_{\partial y}^4 = P_q \cdot 290 - R_A^H \cdot 240 + P_{\xi_1} \cdot 160 + P_{\xi_2} \cdot 80 = 3386 \cdot 290 - 3383,87 \cdot 240 + 0,0057 \cdot 160 + 0,0057 \cdot 80 = 981,940 - 812,128 + 0,912 + 0,456 = 171,18 N \cdot m = 0,17118 mm$$

$$M_{\partial y}^5 = P_q \cdot 370 - R_A^H \cdot 320 + P_{\xi_1} \cdot 240 + P_{\xi_2} \cdot 160 + P_{\xi_3} \cdot 80 = 3386 \cdot 370 - 3383,87 \cdot 320 + 0,0057 \cdot 160 + 0,0057 \cdot 80 = -1081582,84 N \cdot m = -108,158284 mm$$

$$M_{\partial y}^6 = P_q \cdot 450 - R_A^H \cdot 400 + P_{\xi_1} \cdot 320 + P_{\xi_2} \cdot 240 + P_{\xi_3} \cdot 160 + P_{\xi_4} \cdot 80 = 3386 \cdot 450 - 3383,87 \cdot 400 + 0,0057 \cdot 320 + 0,0057 \cdot 240 + 0,0057 \cdot 160 + 0,0057 \cdot 80 = 170156,56 N \cdot m = 17,015656 mm$$

$$M_{\partial y}^7 = P_q \cdot 530 - R_A^H \cdot 480 + P_{\xi_1} \cdot 400 + P_{\xi_2} \cdot 320 + P_{\xi_3} \cdot 240 + P_{\xi_4} \cdot 160 + P_{\xi_5} \cdot 80 = 3386 \cdot 530 - 3383,87 \cdot 480 + 0,0057 \cdot 320 + 0,0057 \cdot 240 + 0,0057 \cdot 160 + 0,0057 \cdot 80 = 173515,768 N \cdot m = 17,3515768 mm$$

$$M_{\partial y}^8 = P_q \cdot 610 - R_A^H \cdot 560 + P_{\xi_1} \cdot 480 + P_{\xi_2} \cdot 400 + P_{\xi_3} \cdot 320 + P_{\xi_4} \cdot 240 + P_{\xi_5} \cdot 160 - P_{\xi_6} \cdot 80 = 3386 \cdot 610 - 3383,87 \cdot 560 + 0,0057 \cdot 480 + 0,0057 \cdot 400 + 0,0057 \cdot 320 + 0,0057 \cdot 240 - 0,0057 \cdot 160 - 0,0057 \cdot 80 = 176421,712 N \cdot m = 17,6421712 mm$$

$$M_{\partial y}^9 = P_q \cdot 690 - R_A^H \cdot 640 + P_{\xi_1} \cdot 560 + P_{\xi_2} \cdot 480 + P_{\xi_3} \cdot 400 + P_{\xi_4} \cdot 320 + P_{\xi_5} \cdot 240 - P_{\xi_6} \cdot 160 - P_{\xi_7} \cdot 80 = 3386 \cdot 690 - 3383,87 \cdot 640 + 0,0057 \cdot 560 + 0,0057 \cdot 480 + 0,0057 \cdot 400 + 0,0057 \cdot 320 + 0,0057 \cdot 240 - 0,0057 \cdot 160 - 0,0057 \cdot 80 = -2156955,55 N \cdot m = -215,695555 mm$$

Burada, qorxulu kəsik valın başlanğıc nöqtəsində olduğundan əyici momentin ekvivalent momentini təyin edirik. Bu halda burucu moment

$$M_b = P_c \cdot R = 0,0057 \cdot 0,21 = 0,001197$$

Ekvivalent moment isə:

$$M_{ekv} = \sqrt{M_{\partial y}^2 + M_b^2} = \sqrt{169,3^2 + 0,001197} = \sqrt{28662,49 + 0,00000143} = \sqrt{57324,98} = 239,4263 N \cdot m$$

4 nöqtəsində qorxulu kəsikdə valın diametri aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_b}{\pi \cdot [\tau]}} \quad (2.7.7)$$

$$\tau = \frac{M_b}{2W_k} \quad (2.7.8)$$

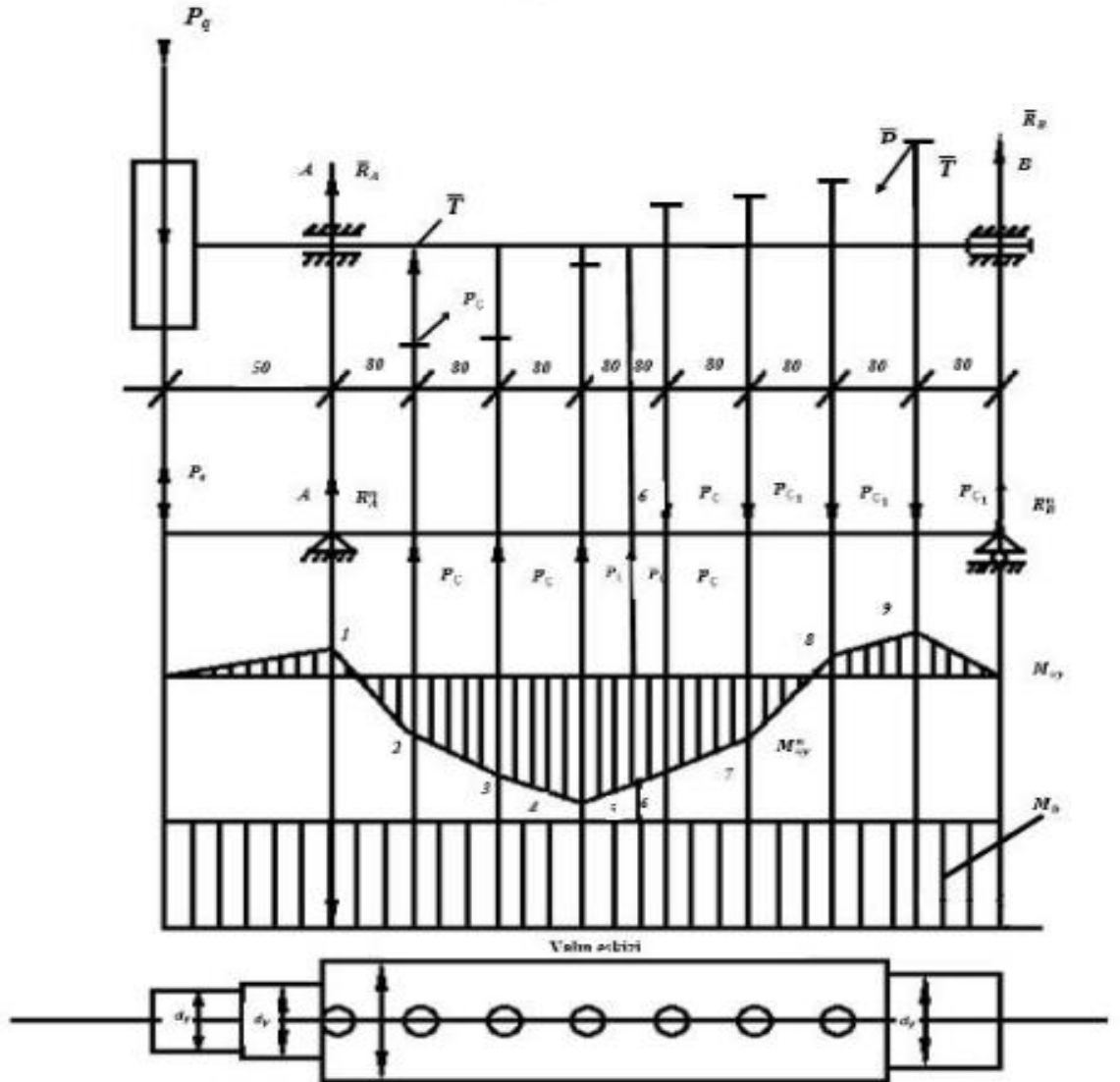
Val boru şəklində olduğuna görə onun daxili diametrik nəzərə alınmaqla valların təqribi hesabında onların diametrik yalnız burucu momentə görə təyin edilir.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_b}{\pi \cdot [\tau]}} \quad (2.7.9)$$

Əgər valların boru şəklində hazırlanmasını nəzərə alsaq

$$\tau = \frac{M_b}{2W_k}$$

Burada, $W_k = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \frac{1-a}{d}$ hesablanır.



Şəkil 2.7.1. Qarışdırıcı valın möhkəmlik hesabına aid.

2.8. Qurğunun titrəmə tezliyinin və amplitudunun hesablanması.

Maddi sistem xarici qüvvələrin təsiri ilə çox zaman titrəməyə məruz qalır. Titrədici qüvvələr çox zaman maşınlarda rast gəlir və o ilkin məhsulun emalına mane olur, yaxud onun keyfiyyətini aşağı salır. Şokolad kütləsini emal edərkən kolloid üyütmə maşınında bu proses mərkəzi valın hərəkəti zamanı meydana çıxır. Belə rəqslər çox zaman məcburi rəqslər adlandırılır. Lakin onların məxsusi təsiri mövcuddur. Qurğuda mərkəzi valın fırlanma tezliyi sinisoidal olaraq onun dayaq sistemində titrəmə şəklində ötürülür. Lakin təcrübə göstərir ki, bu titrəyişlər şokoladın tərkibində olan şəkərin həll olunmasına mane olur və məhsulun keyfiyyətini aşağı salır. Məcburi qüvvələr valın hər hansı ekssentrik

elementlərindən və üyüdülmə dairəsi boyu müxtəlif fazalarda meydana çıxır. Mərkəzdənqaçma qüvvəsindən yaranan ətalət qüvvəsi iki toplanana ayrıla bilər. Onun şaquli toplananı həmişə işarəcə dəyişir və qeyd etdiyimiz kimi məcburi rəqslər yaradır [6-8].

Məcburi rəqslər ani olaraq yaranmır. Əvvəlcə bu sistem az miqdarda tarazlıq vəziyyətindən çıxır və tədricən məcburi və məxsusi rəqslərə uğrayır. Adətən, müəyyən vaxtdan sonra məxsusi rəqslər sönür və məcburi rəqslər davam edir. Müqavimət qüvvələri təsir etməzsə, belə sistemin sinisoidal qanun üzrə titrəməsi

$$P_x = P_0 \cdot \sin \Omega t \quad (2.8.1)$$

Burada, P_0 - xarici təsir qüvvəsinin amplitudu, Ω - valın dairəvi tezliyidir.

Burada, P_0 qüvvəsini törədən ətalət qüvvəsidir.

$$F_{ct} = m \cdot a_x$$

$$x = \delta_{11} \cdot (F_{ct} + P_x)$$

Burada, m – eksentriklik yaradan kütlələr, a_x - isə onların ağırlıq mərkəzinin təcildir.

Burada, vahid statik qüvvədən x oxu boyu deformasiyanı

$$x = \delta_{11} \cdot (F_{ct} + P_x)$$

$$A = \frac{P_0}{m(\omega^2 - \Omega^2)}$$

yazmaq olar.

Burada $x = \delta_{11} \cdot (m \cdot a_x + P_0 \cdot \sin \Omega t)$ olur. Buradan məcburi rəqslərin amplitudunu

$$A = \frac{P_0}{m(\omega^2 - \Omega^2)} \quad (2.8.2)$$

Bu tənliyi

$$A = \frac{P_0 \cdot \delta_{11}}{1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}} \quad (2.8.2)$$

Burada, $P_0 \cdot \delta_{11}$ - maşının vahid statik qüvvədən şaquli istiqamətdə yerdəyişməsini xarakterizə edir. Sonuncu ifadəni $A = A_{st} \cdot \beta$ şəklində yazmaq olar.

Burada,

$$\beta = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{\Omega}{\omega}\right)^2\right]} \quad (2.8.3)$$

Burada, β - valın dinamik yerdəyişməsinin nisbətini xarakterizə edir və dinamik əmsalı adlanır. Şokolad məhsulunu koloid üyütmə maşının misalında həmin titrəyişlərin amplitudunu və tezliyini hesablayaq.

$$\Omega^2 = \frac{\pi^2 n^2}{30^2} = \frac{3,14^2 \cdot 250^2}{30^2} = \frac{9,8596 \cdot 62,500}{900} = 684,69$$

Qeyd edək ki, $\Omega = \omega$ olduqda həmin β - ifadəsində rezonans halı törənir. Adi şəraitdə

Burada,

$$\delta_{11} = \frac{A_{st}}{m \cdot g} = \frac{0,025}{70 \cdot 9,81} = \frac{0,025}{686,7} = 3,64 \cdot 10^{-5} \frac{m}{N} \quad (2.8.4)$$

$$\omega^2 = \frac{1}{\delta_{11} \cdot 250} = \frac{1}{3,64 \cdot 10^{-5}} = 109,89 \frac{rad^2}{san^2} \quad (2.8.5)$$

Demfirləmə əmsalını

$$\gamma = \frac{P_{ct}}{\delta \sqrt{\frac{\delta_{11}}{n}}} = \frac{m \cdot a_s}{0,01 \sqrt{\frac{3,64 \cdot 10^{-5}}{250}}} = \frac{70 \cdot 0,066}{0,01 \sqrt{\frac{3,64}{250}}} = \frac{4,62}{0,120} = 3,85 \quad (2.8.6)$$

Dinamik vəziyyətdə xarici qüvvənin təsiri ilə

$$A_{st} = 2p\Omega^2 \delta_{11} = 2 \cdot 70 \cdot 684,69^2 \cdot 3,64 \cdot 10^{-5} = 0,00238m \quad (2.8.7)$$

Burada məcburi rəqslərin amplitude

$$A = \beta \cdot A_{st} = \frac{A_{st}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\Omega}{\omega}\right)^2\right]^2 + \gamma^2 \left(\frac{\Omega}{\omega}\right)^2}} = \frac{0,00238}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{684,69}{109,89}\right)^2\right]^2 + 3,85^2 \left(\frac{684,69}{109,89}\right)^2}} = 56 \cdot 10^{-6} \quad (2.8.8)$$

2.9. Qurğunun dayaq elementlərinin hesablanması.

Yeyinti sənayesində müxtəlif texnoloji prosesləri yerinə yetirmək üçün silindrik şəkilli şaquli və yaxud üfiqi vəziyyətdə yerləşən gövdə elementlərindən həcm və ya istilik aparatlarından geniş istifadə olunur. Layihə etdiyimiz şokolad kütləsini kolloid üyüdən maşının gövdə hissəsi diametri 726 mm olan və divarının qalınlığı 9 mm olan xüsusiyyəti hidrostatik təzyiqə məruz qalmalarıdır ki, bunu nəzərə alıb gövdənin yerləşdiyi dayaq elementlərinin hesablanmasına baxaq. Aparatın daxilində təzyiq olmaması, Dövlət Dağ Texniki Nəzarət normalarını gözləmədən həmin statik qüvvələrə hesablanması kifayət edəcək. Adətən, belə aparatları şaquli vəziyyətdə yerləşdirirlər və onun əyilmə gərginliyini aradan qaldırırlar. Gövdənin iki nöqtədə, pəncə elementi kimi eninə borulara söykəndiyini nəzərə alıb, ağırlıq qüvvəsinin təsirindən onların müqavimət momentini hesablayaq [6,7]

Bu aparat kifayət qədər möhkəmliklə ən kiçik qabarit ölçülərə malik olmalıdır. Konstruksiya edərkən dayaq elementlərinin optimal variantını seçmək və aparatın sökülməsi və yığılması üçün imkanları planlaşdırmaq vacibdir. Onun bolt birləşmələri ilə yığılan hissələri kifayət qədər hermetik məhsul itkisinə yol verməyən şəkildə hazırlanmalıdır. Bu tipdə istifadə edilən istilik aparatlarının xarici səthi izoləedici materiallarla örtülür ki, onlar istilik itkisinə yol verməsin, lakin şokolad üyüdülməsi prosesində güclü sürtülmə, üyüdülmə, yoğrulma baş verdiyi üçün kifayət qədər çox istilik alınır və bu istiliyin kənarlaşdırılması lazım olur. Prosesin getmə müddətindən asılı olmayaraq, burada bolt birləşmələri və onların salnik elementləri divarlarının bir-birinə söykənən hissələrinin ideal hamarlığı təmin olunmalıdır. İstilik daşıyıcısı elementi kimi, aparatın su ilə soyudulma sistemi fasiləsiz olaraq hermetik şəraitdə oraya quyu suyu nəql edir və isti suyu quyuya qaytarır.

2.10. Qurğunun gövdəsinin titrəmədən qorunması.

Qurğunun titrəməsi, onun iş qabiliyyətinin pozulmasına, həmin yerdə işləyən insanların həyatına, sağlamlığına mənfi təsir göstərməklə yanaşı, həm də qurğunun yerləşdiyi binaya ziyan verə bilər. Buna görə də qurğuların titrəməsini azaltmaq, yaxud onların titrəmədən qorunması üçün üsullar tətbiq edilir.

Əgər qurğunun titrəmə fəallığını azaltmaq üçün onların konstruksiyasında dəyişiklik etmək lazım gələcəkdir. Titrəmədən qorumaq üçün titrəməni udma qabiliyyəti olan metal və qeyri metal konstruksiya elementlərindən, yaxud əlavə enerji mənbəyinə malik olan xüsusi qurğudan istifadə edilir.

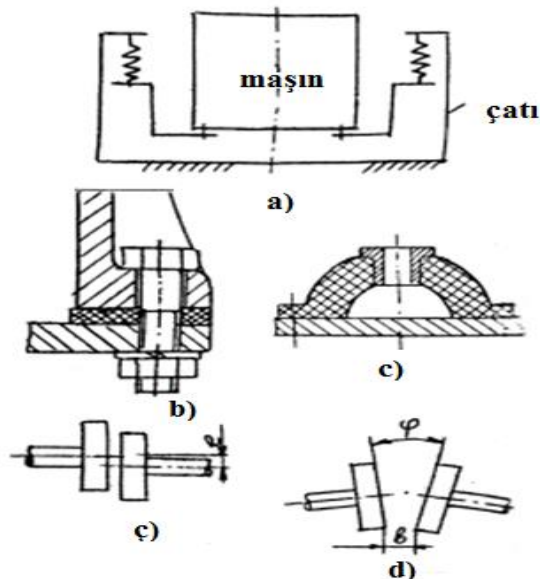
Qurğunu titrəmədən qorumaq üçün vasitələr onun ayaq hissəsində yerləşdirilir. Qurğunun kütlə mərkəzi ilə həyəcanlandırıcı qüvvənin təsir xətti arasında məsafəni bacardığımız qədər azaltmaq qurğunu konstruksiya edərkən titrəmə amplitudunu azaltmaq deməkdir [6]

Qurğuya həyəcanlandırıcı qüvvə üfüqi müstəvi üzrə təsir edirsə, deməli onu linglərdən asmaq lazımdır. Əgər həyəcanlandırıcı qüvvə şaquli istiqamətdədirsə, rezin yastıqlardan ibarət olan pəncələr üzərində quraşdırılır.

Çox aşağı amplitudada titrəməsi olan qurğuların pəncələrinin altına rezindən ibarət olan başmaqlar qoyulur (Şəkil 2.10.1-b).

Bir sıra qovsaqlarda titrəmə altında sərt metal elementləri elastik elementlərlə əvəz edilir (Şəkil 2.10.1).

Texnoloji proseslər yerinə yetirilən zaman maşınların fırlanan hissələri qeyri tarazlıq yaranır. Belə olan halları balansirləmək mümkündür. Vallar bucaq altında yönəlmirsə və onların birləşdiyi tuşoxluluq olmur, titrəmə yaranır. Bu kimi birləşmələrdə əsasən elastik qablar, stakanlar qoyulur (şəkil 2.10.1-d).



Şəkil 2.10.1. Maşınların titrəmədən qorunması.

Əsasən rezindən plastik kütlələrdən titrəmə izolyatorunda istifadə olunur. İzoləedicinin hesablamalarında əvvəl elastik elementlərin ölçüsü təyin olunur, rəqslərin amplitudu, tezliyi yoxlanılır və ən sonda reaksiya qüvvələri təyin edilir.

Hormonik titrəmə vaxtı həyəcanlandırıcı qüvvə aşağıdakı düsturla hesablanır.

Titrəmə qoruyucularının hesabında şaquli dövrü qüvvə sistemin ağırlıq mərkəzindən keçərsə, qoruyucuların xüsusi qayda ilə quraşdırılması tələb olunur. Belə hallarda məxsusi rəqslərin amplitudu aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$A_z = \frac{P_0}{m \cdot \Omega_b} \cdot \eta \quad (2.10.1)$$

Burada, η - qovsağın sürtünmə əmsalı $\eta = 0,025 \div 0,067$ həddə qəbul olunur.

Yayların sərtliyi yaylı qoruyucuların hesabında aşağıdakı ifadədən müəyyən edilir.

$$k_z^a = m\omega^2 \quad (2.10.2)$$

Daha sonra bir yayın sərtliyi isə aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$k_z' = \frac{k_z^a}{n} \quad (2.10.3)$$

Düsturda göstərilən n – yayların sayıdır.

Beləliklə, bir yay üçün hesabi yük

$$P' = P_{st} + ky \cdot P'_{din}$$

$ky = 1,5$ - yayın materialının yorulmasını nəzərə alır, P'_{din} , P'_{st} - yaya düşən dinamik və statik yüklərdir. İşçi rejim üçün dinamik yük

$$P'_{din} = A_z \cdot k_z'$$

Yayın ölçülərini hesablamaq üçün $c = \frac{D}{d} = 4 \div 10$ nisbəti seçilməlidir.

Burada, göstərilən o – yayın orta diametrik, d isə vidənin diametridir.

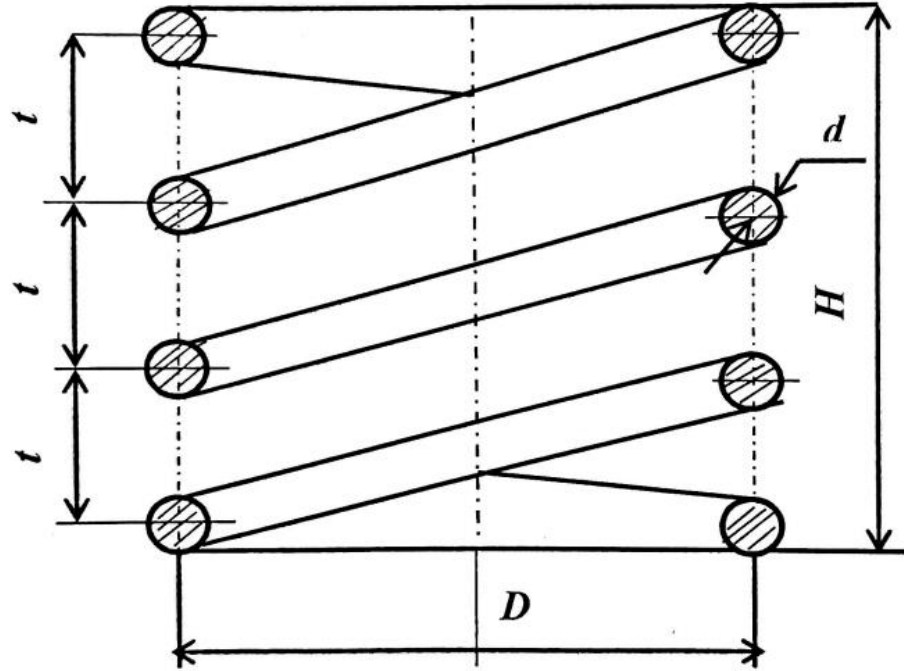
Vidənin diametri belə hesablanır:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{K'P'C}{[\tau]}} \quad (2.10.4)$$

$[\tau]$ - yay materialının burulma zamanı buraxıla bilən gərginliyədir.

$$n_i = \frac{Gd}{8k'c^3 \cdot 10^5} \quad (2.10.5)$$

G – yay materialının elastiklik əmsalıdır. Yayın dam hündürlüyünü aşağıdakı kimi təyin edirik. Burada, yüklü olmayan yay nəzərdə tutulur.



Şəkil 2.10.2. Yayın konstruktiv ölçüləri işi vidənin sayının tapılması aşağıdakı kimi təyin olunur.

Buradakı, t - vidə addımıdır, $t = (0,25 \div 0,5)D$.

n_{∂} - əlavə vidə sayıdır. $n_{\partial} = 1,5$; $n_i > 7$ olarsa $n_{\partial} = 2,5$ olduğu qəbul olunur.

$\frac{H}{D}$ - nisbəti sıxılan yaylar üçün $\frac{H}{D} = 2,6$ ya qədər olmalıdır.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

Rüstəmov Nahid Məzahir oğlu

**Şokolad kütləsini kolloid üyütmə qurğusunun optimal temperatur
rejiminin təmini üçün layihələndirilməsi**

mövzusunda

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

İxtisas: 060625 – “Texnoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Yeyinti sənayesi, iaşə və ticarətin texnoloji maşın və avadanlıqları”

Elmi rəhbər:

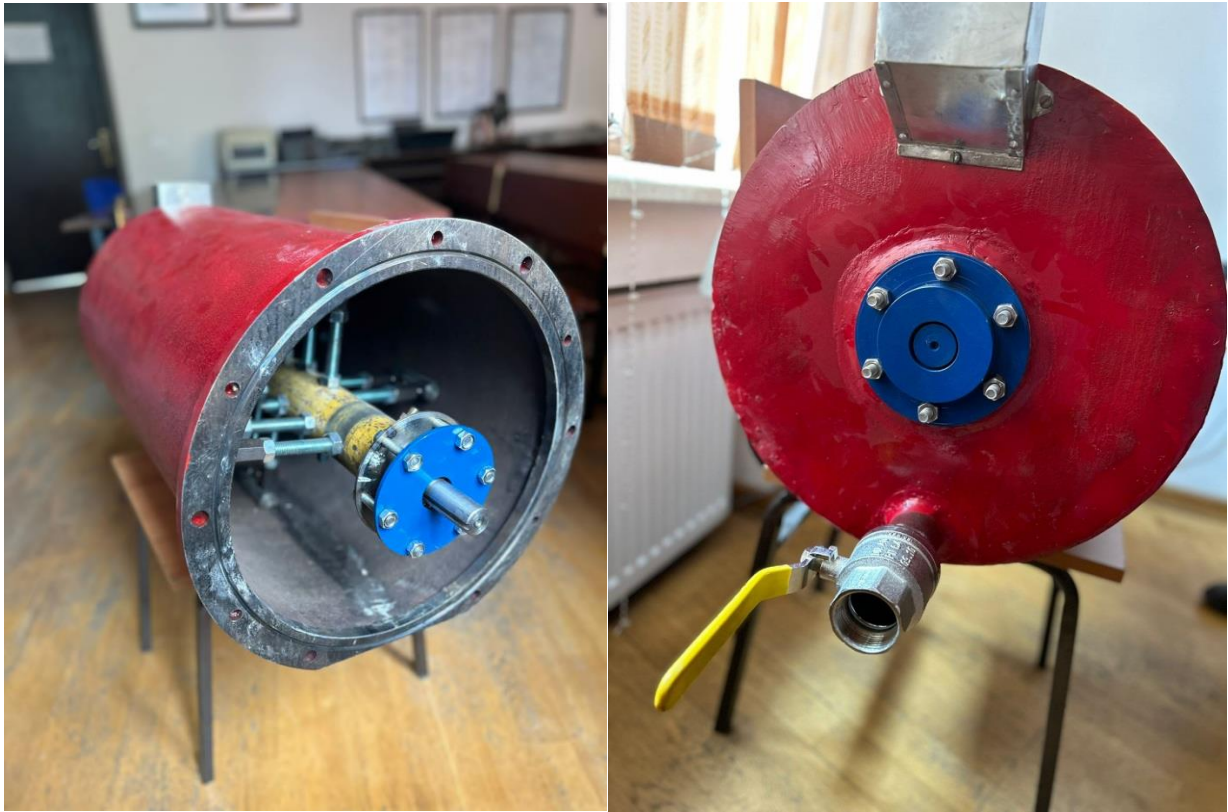
t.ü.f.d., dos Əzizov Əzizağa Ağahüseyn oğlu

FƏSİL III

ŞOKOLAD KÜTLƏSİNİ KOLLOİD ÜYÜTMƏ QURĞUSUNUN OPTİMAL TEMPERATUR REJİMİNİN TƏMİNİ ÜÇÜN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ.

3.1. Temperatur rejiminin təmin edilməsinin texnoloji əhəmiyyəti.

Şokoladın desert sortları vullanmadan və mexaniki qarışdırmadan sonra son xüsusi emala kolloid üyütmə qurğularında uğradılır (şəkil 3.1.1). Bu məqsədlə üfüqi emal maşını, turbinşəkilli maşın və şaquli silindrik maşınlardan geniş istifadə olunur.



Şəkil 3.1.1. Şokolad kütləsini kolloid üyütmə qurğusu.

Bu maşınlar üçün gövdə hissənin sabit temperaturda ($65^{\circ}C - 75^{\circ}C$) $48 \div 72$ saat kütlənin fasiləsiz emalı nəzərdə tutulur. Emal zamanı şokolad yağı kütlənin tərkibində bərabər paylanır, şəkər hissəcikləri vullanmadan sonra nazik lövhə şəklinə düşür və iti kənarları ilə kütlənin tərkibində qeyri-bərabər paylanır. Belə ki, bu prosesdə iti kənarlar kütləşir və ölçü etibarilə kiçilir. Eyni zamanda kakao tortasının iti uclarının dairəviləşməsi və yastılanması prosesi gedir. Çox sürətli qarışdırma zamanı şokolad kütləsi homogenləşdirilir, aşqar maddələr isə tədricən ərimiş və ya natamam ərimiş

birdəşmələrə çevrilir. Daha sonra şokolad kütləsi yumşalır və yapışqanlıq xüsusiyyəti yüksəlir. Uçucu turşular tamamilə uzaqlaşır, əsasən sirkə turşusu şokolada xoşagəlməz dad verir. Lakin kakao tortasının sonrakı emalı zamanı ətirli maddələrin diffuziyası nəticəsində bu turşu da uzaqlaşdırılır və şokolad özünə məxsus ətir keyfiyyətləri əldə edir. Burada şokolad kütləsinin tərkibində olan nəmlik 1,2%-dən 0,6%-ə qədər enir və birinci 1,5 sutka ərzində kütlənin axıcılığı yüksəlir, hissəciklərin ölçüsü kiçilir. Bu səmərəni əldə etmək üçün şokolad kütləsinin vallı dəzgahlarda üyüdülməsindən sonra kolloid üyütmə maşınında bir qədər də kiçilməsi (20mkm-a qədər) baş verir. Qeyd etdiyimiz kimi bu emal üç sutka ərzində tamamlanır [1].

Son zamanlar kolloid üyütmə qurğuları şokolad kütləsinin emalı üçün bir neçə təkmilləşdirilmə mərhələlərindən keçir. Qurğunun istər qarışdırma-əritmə, istərsə də kakao hissəciklərinin daha kiçik ölçüyə salınması üçün bu maşınlarda konstruktiv yeniliklər aparılmışdır. Lakin maşınlarda yeni bir çatışmamazlıq meydana çıxmışdır. Bu kütlənin sürətlə qızması, əriməsi və temperatur rejimindən kənara çıxması baş verir. Bu məsələnin həlli üçün maşın üzərində seçilmiş ilkin verilənlərə görə onun soyutma sisteminin yaradılması nəzərdə tutulmuş və həmin soyutma sisteminin hesabı aparılmışdır.

3.2. Temperatur rejiminin saxlanması üçün köməkçi vasitələr.

Qurğunun silindirik gövdəsi onun yarımşlindrinə qədər əhatələnən su köynəyi ilə örtülmüşdür. Buraya verilən suyun miqdarı ayrılan istiliyin miqdarına mütənasib olmaqla yanaşı prosesin gedişi ilə tam uyğunlaşdırılmalıdır. Belə ki, prosesin əvvəlində kütlə isti su ilə qızdırılmalı və kütlənin əriməsinə kömək etməlidir. Sonra kütlə əriyib tam axıcılıq əldə etdikdən sonra soyutma mərhələsi başlanmalıdır və mexaniki emal zamanı ayrılan istilik soyuducu suyun verilişi ilə temperaturu kənarlaşdırılmalıdır.

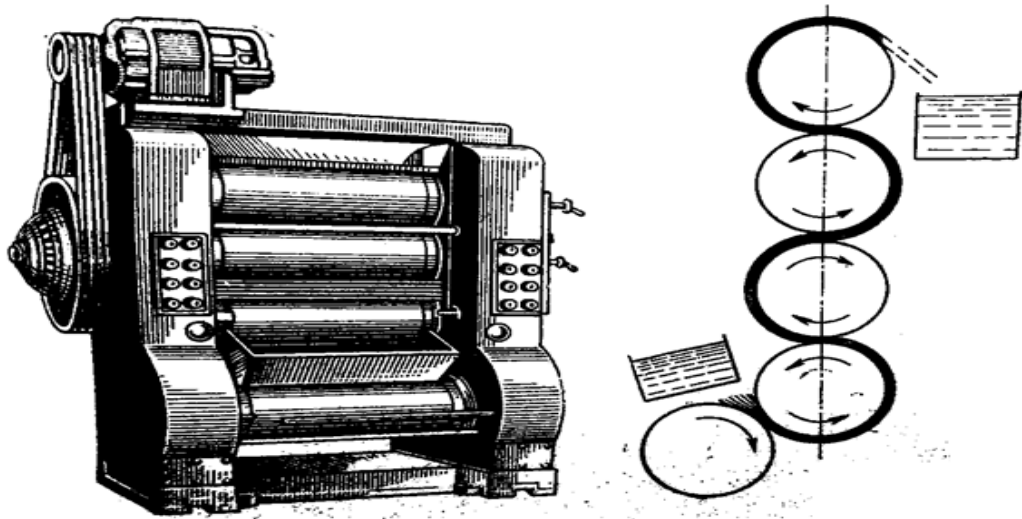
Adi şəraitdə bu asılılıq operator vasitəsilə icra oluna bilər. Şokolad drenajında qoyulan termometr kütlənin temperaturunu bildirməli, operator isə isti su xəttini bağlayıb soyuq su xəttini açmalıdır. Temperatur bölgüsü prosesin əvvəlində 40⁰C ilə başlanmalı, emal zamanı isə kütlə əridikdən sonra yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi 65⁰ – 70⁰ C temperatur təmin olunmalıdır [10]

3.3. Kolloid üyütmə qurğusunda temperaturun paylanması.

Köhnə nəsill üyütmə qurğularında vallar arasındakı məsafə operator tərəfindən tənzimlənir və müşahidə olunurdu. Burada emal olunan məmulun keyfiyyəti həmçinin operatorun sahə üzrə nə dərəcədə təcrübəli olmasına əsaslanırdı.

Hal hazırda istifadə olunan üyütmə maşınlarında vallar arasındakı məsafə hidravlik sistemin köməyi ilə avtomatik olaraq tənzimlənir.

Valları hidravlik olaraq tənzimlənən qurğularda, üyüdülmə dərəcəsi sonuncu valın aralıq ölçüsündən asılıdır. Burada prof. Reutovun metodu ilə ölçüsü 30 mkm-dan az olan hissəciklərin faizini müəyyən etmək mümkündür. Bu metoda görə qatqısız desert şokoladının üyüdülmə dərəcəsi 96%-dən aşağı olmamalıdır, yəni ən kiçik kakao hissəciklərinin ölçüsü ən az 96% olmalıdır. Bundan əlavə qatqıları olan desert şokoladın üyüdülmə dərəcəsi 95%-dən, südlü şokolad üçün ən azı 20 mkm və üzvlük şokolad üçün isə ən az 90% qəbul edilir. Beş vallı üyütmə qurğusunun məhsuldarlığı üyüdülmə dərəcəsi asılı olaraq 100-400 *kq/saat* arasında dəyişir (şəkil 3.3.1). Üyüdülmə dərəcəsi nə qədər yüksək olarsa məhsuldarlıq bir o qədər aşağı olar [12].



Şəkil 3.3.1. Beşvallı üyütmə qurğusu.

Əgər vallar deformasiyaya uğramayıbsa (yeyilməyibsə) şokolad kütləsini bir dəfə emal etmək kifayət edəcək. Əgər vallar deformasiyaya uğrayıbsa sadə şokolad əldə etmək üçün kütləni ən az 2 dəfə, desert şokolad üçün isə kütləni ən az 3 dəfə emal etmək lazımdır. Hər dəfə kütlə vallardan keçirdikdən sonra araboşluğu azaldılmalıdır. Kakao

tozu hissəciklərinin daha kiçik ölçüyə salınması vullanmanı asanlaşdırır və daha xırda ölçü əldə olunur.

Üyütmə qurğusundan çıxan şokolad toz formasında olur. Üyütmə nəticəsində kakao tozu hissəciklərinin ölçüsü kiçilir və səthi hamarlanır. Şokolad kütləsinin tərkibində olan kakao yağının miqdarı bütün qarışımı homogenləşdirməyə kifayət etmədiyindən şokolad kütləsi yoğurucularda kakao yağı əlavə edilərək bir daha emal olunur. Şokolad kütləsinin kakao yağı ilə ilkin qarışdırılması “yumşaltma” adlanır.

Üçqat vullanmada qarışdırmanı, ikinci vullanmadan sonra aparırlar, üçüncü vullanmadan sonra isə son bölüşdürmə prosesi yerinə yetirilir.

3.4. İlkin temperaturun yaradılması üsulları.

Şokolad kütləsinin emalında ilkin temperaturun yaradılması bir neçə üsulla həyata keçirilə bilər. Bu üsullar aşağıdakılardır:

- a) Kütlənin deformasiya etməyən səthə sürtünməsi ilə;
- b) Kütlənin metallik kürəciklərinin biri birinə sürtünməsi hesabına temperaturun yaranması;
- c) Kütlənin disklər arası fəzada sürtünməsi hesabına;
- d) Şokolad kütləsi emal edilən fəzanın isti su ilə və ya termik qızdırıcılarla emalı.

Bu dörd üsuldan bizim tədqiqat işimizdə yalnız birinci və dördüncü üsul istifadə edilmişdir.

Şokolad emalı fabriklərində ilkin məhsul olaraq kakao tozu istifadə olunur. Əvvəlcə bu kütlə az miqdarda şəkər və yağı alınmış quru süd ilə qarışdırılır və daha sonra isə intensiv yoğrulmaya uğradılır. Əgər səth isti su ilə qızdırılırsa temperaturun yaranmasının ikinci mənbəyi kütlə hesab olunur. Əgər kütləni qızdırmaq üçün isti su üsulu tətbiq edilmirsə onda kütlənin quru səthə sürtünməsi üsulundan istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu kütlə bərk və maye fazadan ibarət olub yalnız əridikdən sonra emala uğradılma imkanı qazanır. Son mərhələdə isə kütlənin havanın oksigeni ilə doydurulması əməliyyatı yerinə yetirilir. Burada, kütlədaxili hava qabarcıqları qısa vaxt ərzində buxarlanaraq prosesin gedişinə heç bir mənfi təsir göstərmir. Əməliyyat zamanı kristallaşmanın qarşısını almaq üçün nişasta patkasından istifadə oluna bilər. Bu, hazırlanan şokolada özünə məxsus bərklik və sınıma səmərəsi qazandırır. Temperaturun

işçi həddə çatdırılması təqribən 10-12 dəqiqə ərzində baş verir. Bundan sonra operator prosesin gedişinə nəzarət etməlidir. Prosesin sonunda kütləyə ətirliyəci və dadverici maddələrin əlavə edilməsi həyata keçirilir. Bu maddələrə meyvə, giləmeyvə priposları(bişməcələri), qızardılmış fındıq tortası, yeyinti turşuları, şərab, esens, vanil və.s misal göstərmək olar. Bu əlavələr öz növbəsində pomadlı konfet, üzlük şokolad, şokolad lövhəsi içərisində içlikli şokolad konfetləri istehsalında da geniş istifadə olunur.

Təcrübə göstərir ki, şokolad istehsalı zamanı qurğudan hər 10 dəqiqə vaxt intervalında nümunə götürülməli, analiz olunmalı və prosesin növbəti mərhələlərində şokolad məmulunun laborator nəticələri məlum olmalıdır. Burada şəkərin toz şəklində deyil məhlul şəklində olması ikinci bir bişirmə aparatının olmasını tələb edir. Alınan məhlul 18-20% nəmliliyə malik olur və növbəti mərhələdə həmin məhlul dissektora əlavə olunur. Burada şəkər məhlulu kristallaşmaya yol verilmədən sürətlə boru kəmərləri vasitəsilə şokoladın kolloid üyüdücüsünə yüklənir. Yüklənmə planjerli nasosla aparılır və resepturaya uyğun olaraq patka və püre əlavə olunur. Alınan məhlulun torlu filterdən (1,5-2 mm gözlüklü) keçirilərək qurğuya yüklənməsi nəzərdə tutulur [12]

Qurğunun isti su ilə deyil buxarla da qızdırılması mümkündür. Bir şərtlə ki, verilən buxarın işçi təzyiqi $392-589 \text{ kN/m}^2$ təzyiqdə, temperaturu isə $110-120^\circ\text{C}$ -dən artıq olmamalıdır. Buxarın nəmliyi isə 10-12% təşkil etməlidir.

Adi şokolad kütləsindən əsasən konfetlərə üzlük çəkilməsi zamanı istifadə olunur. Bu əməliyyat konfetləri qurumadan və nəm çəkmədən qoruyur. Şokoladın özünə məxsus ətri və qoxusu konfetlərə xoş dad həmçinin xarici görkəm verərək onların şokolad üzlüklü konfet olduğunu bildirir. Konfetlərin üzlüklənməsi zamanı şokolad üzlüyü, piyli üzlük (bitki piyi əsasında), üzlük pamadası istifadə olunur.

Şokolad üzlüyü öz dad və ətir keyfiyyətlərinə görə konfet istehsalı fabriklərində geniş istifadə olunur.

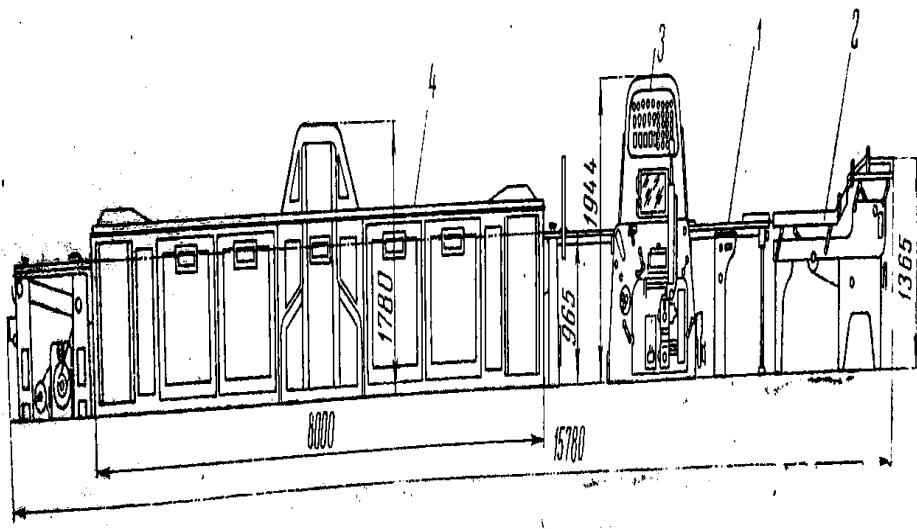
İstifadəyə yararlılıq baxımından şokolad üzlüyü uzun müddət öz keyfiyyətini itirmir. Şokolad üzlüyü digər planda nəmlik və havanı keçirməyən mexaniki yolla konfet məhsullarını üzlükləyən kütlə şəklində istifadə olunur. Bu üzlüyün əsas mənfi cəhəti isə onun yalnız isti halda istifadəsinin mümkün olmasıdır. Belə ki, konfet gövdələri üzlükləndikdən sonra soyudulmaya və dondurulmaya ehtiyac yaranır. Bu əməliyyat müasir konfet istehsalı fabriklərində soyudulmuş hava ilə həyata keçirilir.

Piy tərkibli üzlük, konfetin kütləvi sortlarının istehsalı  c n tətbiq olunur. Digər  zl kl m  məhsulları bir o q d rd  istifadə edilmir. Belə ki, onların saxlanma zamanı  zl y n n quruması v  i liyin həmən nəmliyi udması hesabına konfet  z xarici görkəmini itirir v  satıř  c n  lveriřli hesab olunmur.

řokolad  zl y  3 formada hazırlanır:

- a) řokoladlı;
- b) Badamlı-řokoladlı;
- c) S dl -řokoladlı.

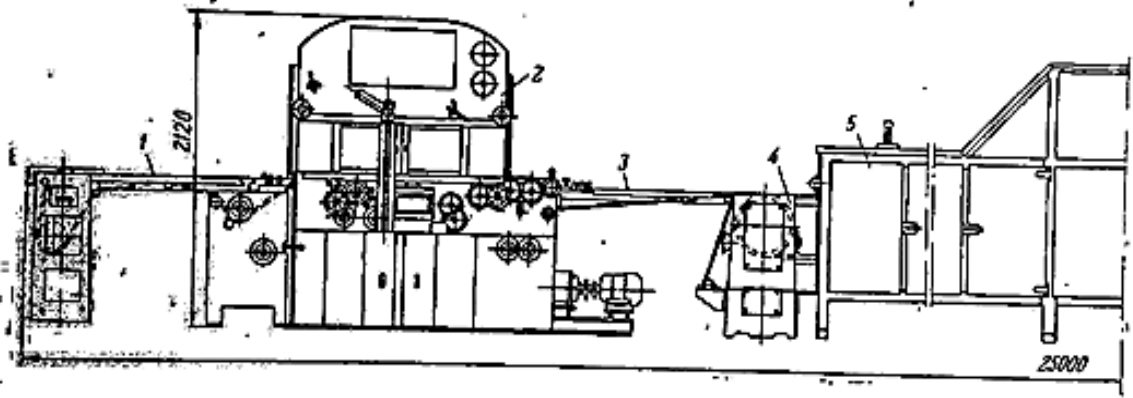
řokolad  zl y  1% həcmində n mliy  v  35-38% yaęlılıęa malik olur.  zl y n  zl l l k dərəcəsi 130 *Pz* qəbul edilir və Üzlükləmə zamanı řekli temperl yici mařında onun istiliyi 30-40 dəqiqə ərzində 30-33 C temperatura çatdırılır. Konfet gövdələri  zl kl nm y  daxil olarkən onların  z hissələri niřasta çöküntülərindən təmizlənməli (onlar  zl kl nm y  mane olur) və formaları düzgün paralelepiped formasına uyęun gəlməlidir h m nin iřci vəziyyətdə onun temperaturu 28 C-dən yuxarı olmalıdır. Konfet g vd l rinin yüksək temperaturu onların  zl kl nm d n sonra soyudulmasını gecikdirir v   zl y n sonradan qopmasının qarřısını alır. Bu proses ümumi olaraq Üzlükləmə mařında aparılır və onut qabarit  l s  15780 *mm* qəbul edilir. Bu mařının tərkibinə konfet g vd l rini d z n n qlədici (1),  z  b l řd r n qidalandırıcı (2), Üzlükləmə kamerası (3) v  soyuducu konveyer (4) daxildir.(řekil 3.4.1)



řekil 3.4.1. Konfetl ri  zl kl y n axın xətti.

Bu mařında konfet gövdələri ümumi bir metallik tor ilə əlaqələndirilir.  zl kl m  mařınının m hsuldarlıęına görə onun torunun eni 420, 620 və 800 *mm* ola bilər.  z

özünə bölüşdürücü-qidalandırıcı(2) yırgalanma hərəkəti edərək öz qıfından konfet gövdələrini qəbul edir. Buradan konfet gövdələri titrəyən stolun üzərində viniplastdan hazırlanmış istiqamətləndiricinin köməyi ilə səthində barmaqciq şəklində bərkidilmiş uzununa bəndlər onların sətərə düzülmesini təmin edir. Sonra gövdələr asanlıqla torun üzərində təqribən 20-22 sıra yaradaraq (620mm-lik lent üzərində həmin sıraların sayı 16-18 olur, eni 420 mm-lik lentdə isə 9-11 sıra mövcuddur) maşına daxil olur. Xüsusi növ konfet sortlarının istehsalı zamanı, məsələn, “əyri pənçəli ayı”, “çalınmış” və “likorlu” konfet sortları eləcədə yaxılmış konfet gövdələri düzülməyə əl ilə aparılır. Üzlükləmə kamerasından konfet gövdələri torun üzərindən keçərək üzlüklənir və artıq şokolad damcıları aşağı hissədəki toplayıcıya tökülür (şəkil 3.4.2) [21]



Şəkil 3.4.2. Üzlükləmə aqreqatı.

1-nəqledici, 2-üzlükləmə aqreqatı, 3-ilk soyutma, 4-istiqamətləndirici, 5-soyuducu konveyer

3.5. Qızdırıcı-soyuducu sistemlər və onların əlaqələndirilməsi.

Təbii şokoladın tərkibində ən azı 20% kakao yağı olmalıdır. Kakao yağının tərkibi müxtəlif triqliseridlərdən təşkil olunmuşdur və bu triqliseridlər müxtəlif temperaturlarda fərqli nisbətlərdə kristallaşır. Kakao yağının 6 fərqli kristal quruluşu mövcuddur. Bu kristal quruluşlardan yalnız 1-i şokolada səthi parlaqlıq, qırılma və digər şokolada məxsus olan xüsusiyyətləri aşılır.

Mükəmməl şokolad əldə etmək üçün bizim hədəfimiz 5-ci kristal quruluşu çatmaqdır. İstilik emalı prosesinin mahiyyəti də bizə lazım olan kristal quruluşun əldə olunub saxlanmasıdır. Kakao yağının beşinci kristal quruluşu; şokoladın parlaq səthi görünüşünü, hamar qırılmasını və ağız temperaturunda əriməsini təmin edir.

Cədvəl 3.5.1. Müxtəlif kristal quruluşlarda şokoladın növləri.

Kristal quruluş	Ərimə temperaturu	Xüsusiyyətləri
1	17°C	Yumşaq , ovulan , asan əriyən
2	21°C	Yumşaq , ovulan , asan əriyən
3	26°C	Bərk , çətin qoparıla bilən , asan əriyən
4	28°C	Bərk , asan qoparıla bilən , asan əriyən
5	34°C	Parlaq , bərk , asan qoparıla bilən , ağız temperaturunda əriyə bilən
6	36°C	Bərk , çətin forma alan

Şokolad istehsalında istilik emalı prosesi üçün əritmə maşınlarından istifadə olunur . Məhsuldarlığına görə bu maşınların bir çox çeşidi mövcuddur. Əritmə maşını girişdə şokolad kütləsini 45°C temperaturla yüksəldərək onun tərkibindəki kakao yağı kristallarının 100 %-ni əridir. Daha sonra mərhələli şəkildə isitmə soyutma həyata keçirərək 5-ci kristal quruluşun əldə olunmasını təmin edir. Məhsulun maşından çıxış temperaturu təxminən 28°C olur və formalama üçün münasib hesab olunur.

Şokolad istehsalında istilik emalı prosesi, şokoladın keyfiyyəti baxımından da əhəmiyyətli bir prosesdir. İstilik emalı prosesinin kifayət qədər və düzgün olub-olmaması yalnız müşahidə xarakteri daşıyır və termometr ölçmələri ilə yoxlamaq dəqiq nəticə vermir. Bu istiqamətdə prosesə effektiv və fasiləsiz nəzarət etmək üçün temperatur sayğaclarının istifadəsi daha dəqiq nəticələr göstərir.

Daxili printer və dəqiq istilik ölçmə funksiyalı temperatur saygacı , 10 dəqiqə ərzində istilik emalı prosesinin düzgün gedib getməməsi barədə analiz aparır və alınan nəticələri hesabat formasında çap edir [10]

Müxtəlif şokolad çeşidləri , müxtəlif xammal miqdarlarından əldə edilir . Lakin əritmə prosesi bütün növ şokoladlar üçün ortaq funksiya daşıyır. Temperləmə prosesini düzgün aparılmadıqda şokoladın səthində “kəpənəklənmə” , qəlblərə yapışb qalma və bir sıra xoşa gəlməz hallar baş verir.

Cədvəl müxtəlif temperaturlarda şokoladın termofiziki xüsusiyyətlərini göstərir. Cədvəldəki şokoladın xüsusiyyətləri 283 ilə 343 K (10°C-70°C arasında) arasında olan temperaturda verilmişdir. Cədvələ görə, temperaturun artması ilə şokoladın sıxlığı və xüsusi istilik tutumu göstəriciləri azalır, şokoladın istilik keçiriciliyi və istilik diffuziyası artır. Temperaturun şokoladın sıxlığına, eləcə də kiçik diapazonunda digər termofiziki xüsusiyyətlərinə təsiri, ayrı-ayrı markaların şokoladının istilik tutumu istisna olmaqla, kifayət qədər müxtəlifdir.

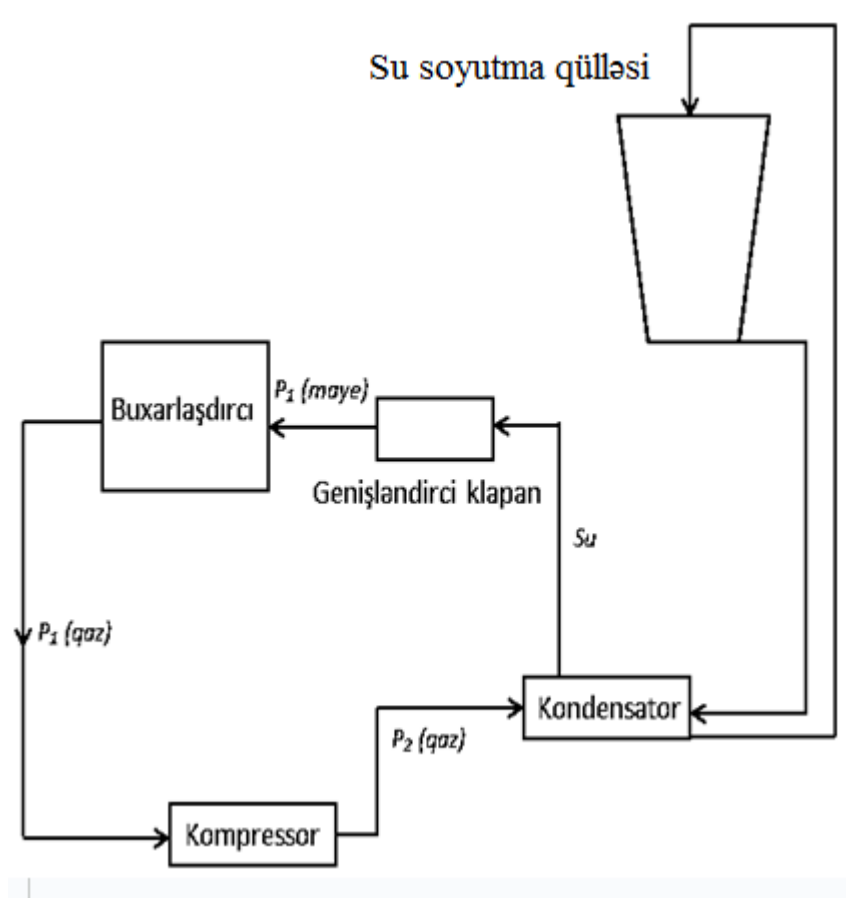
Cədvəl 3.5.2. Müxtəlif temperaturlarda şokoladın termofiziki xüsusiyyətləri

T, K	$\rho, kq/m^3$	$c, C/(kq \cdot K)$	$\lambda, Wt/(m \cdot K)$	$\alpha \cdot 10^8, m^2/s$
283	1270	1675	0,24	11,4
303	1260	1275	0,26	12,2
323	1250	1675	0,27	12,8
343	1240	1591	0,27	13,6

Soyutma prosesi şokolad kütləsini ərimə temperaturundan aşağı temperaturlara endirilib qatılaşmasını təmin edir. İstilik emalı prosesi zamanı şokoladın tərkibində əmələ gələn kök kristallar soyutma proseduru ilə inkişaf edərək , şokolada xas kristallik strukturu əldə etməni hədəfləyir. Soyutma prosesi şokolad istehsalında istilik emalı prosesi qədər əhəmiyyətli hesab olunur. Soyutma prosesinin standartlara uyğun aparılması üçün zaman və təsir qabiliyyətinin optimallaşdırılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Soyutma sistemlərində təzyiqli dəyişiklikləri ilə qazlarda hal dəyişikliklərindən istifadə olunur. Beləliklə, mexaniki qüvvədən istifadə edərək istilik yükünü dəyişdiririk.

Eyni sistem məişət soyuducularında da istifadə olunur. Bəzi fabriklərdə soyutma prosesi qülləli soyutma sistemi ilə aparılır.



Şəkil 3.5.1. Soyutma prosesinin qrafiki təsviri.

Evaporator (Buxarlaşdırıcı) – Soyutma prosesinin olduğu hissədir. “Genişləmə klapanı”-dan sürətli formada gələn maye axıntısı buxarlaşdırıcıya çatdıqda təzyiq azalır ; təzyiqin azalması maye qaz halına keçid edir. Maye halından qaz halına keçid bildiyimiz kimi endotermik reaksiya hesab olunur.

Kompresor – Qaz buxarlaşdırıcıdan adsorbsiya olunmuş formada xaric olunur və kompressor vasitəsilə sovurlaraq sıxışdırılır. Sıxışdırılma zamanı avtomatik olaraq təzyiq artar lakin qaz öz temperaturunu saxlamış olur.

Kondensator - Soyudulmuş qaz kompressordan xaric olduğundan dərhal sonra təzyiqli bir formada kondensatora daxil olur. Kondensator funksiyası istiliyi dəyişdirməkdir. Soyudulmuş qaz kondensərə çatdıqda temperaturunu itirərək maye halına keçir.Kondensatorun daxilində təzyiqin dəyişməsi baş vermir . Daha sonra çıxan qaz quruducu filterlərə daxil olur və qazın tərkibindəki buxar və digər maddələr tutulur.

Geniřl m  klapanı - Geniřl m  klapanına yüksək təzyiqlə gələn soyuducu qazın təzyiqini azaltmaq və sürətini artırmaqla tənzimləmə həyata keçirilir. Soyutma dərəcəsi geniřl ndirici klapan üzərində edilən d z liřl rl  tənzimləyə bilərik .

Fabriklərdə istifadə olunan soyutma qruplarında řokolad kütləsi dolayı yollarla soyudulur.Məmulat və temperatur d yiřdiricisi bir birilə təmasda olmur. Soyuducu qaz ilk öncə mühiti soyudur v  məmulat soyuq mühitə daxil olduđdan sonra soyuma prosesi həyata keçirilir.

Soyutma sistemləri məhsulların n v n  görə fərqlənir. řokolad fabriklərində řaquli v  üfüqi soyuducular istifadə olunur. Soyuducu slindirl r soyuducu qruplarına daxil edilmiř kimi görünsə də, onların funksiyası yalnız xammalın qidalanma temperaturunu d yiřdirm kdir.

 zl k řokolad  ekilməsi həyata keçirilən ř b lərd  üfüqi soyutma, formalama ř b sində isə soyutma dolablarına üstünlük verilir. Fabriklərdə soyutma sistemi seçilərkən, əsas faktor istehsal ř rtl ridir.

Soyutma qrupları məhsulun keyfiyyətinə  n böyük təsir göstərən amillərdən biridir.  f qi və ya řaquli soyutma sistemlərin hər ikisində soyutma həcmi, soyutma sürəti (məhsulun dolabda qalma m dd tdi), sistemin texniki xidmət v ziy ti (sistemdə qaz sızmasının olub olmaması), sistemin temperatur göstəricilərinin sabit və idarə oluna bilən olması, m mulun  n son keyfiyyətinə birbařa təsir edir.



ř kil 3.5.2.  f qi soyutma sistemi.

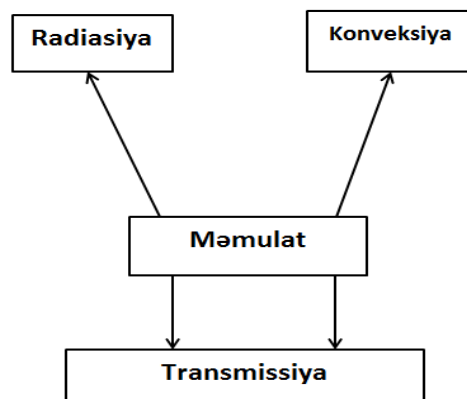
Üfüqi soyutma sistemlərində soyutma ; alt və üst soyutma olaraq iki hissəyə ayrılır. Fabriklərdə üzlük şokolad istehsalı şöbələrində alt soyutma su, üst soyutma isə hava ilə həyata keçirilir bəzi sistemlərdə isə alt və üst soyutmanın hər ikisi ancaq havanın dövr etməsi ilə təmin edilir.



Şəkil 3.5.3. Şaquli soyutma sistemi qalmalıdır.

Emal olunan şokolad kütləsi soyuduqca hər biri fərqli soyutma xüsusiyyətlərinə malik 3 müxtəlif fazadan keçir. Soyuducu avadanlıqlar bu mərhələləri təmin etmək üçün layihələndirilməlidir. Bu fazaları təmin etsək, şokolad təbii şəkildə soyuyacaq. Yaxşı konstruksiya edilmiş soyutma dolabı son məhsulda kristal quruluşun formalaşmasını təmin edəcəkdir. Təcrübələrdə yavaş sürətlə soyudulan şokoladı daha parlaq səthi görünüşə malik olduğu görülmüşdür. Soyutma dolabında 10°C temperaturda şokolad təxminən 25 dəqiqə

Şokolad fabrikinin soyutma sistemlərində 3 müxtəlif istilik ötürülməsi var: radiasiya, konveksiya və keçiricilik. Soyuducu tunellərin daxili hissəsi qara rəngdədir və radiasiya ilə istilik ötürülməsini artırmaq üçün girintilidir. Radiasiya istiliyinin ötürülməsi soyutma xəttinin girişində prosesin ilk mərhələsində şokoladın səthinə zərər vermədən soyumanın reallaşması üçün vacibdir. Radiasiya ilə istilik ötürülməsi yüksək temperaturlar üçün etibarlıdır, lakin soyutmaya da kiçik təsir göstərə bilər. Konveksiya istiliyi hava axını ilə qəbul etməkdir; İstilik ötürmənin digər üsulları daha qənaətcildir.



Şəkil 3.5.4. Soyutmada istilik ötürməsi növləri.

Soyutma sistemində diqqət yetirilməli olan başqa bir məqam çıxış temperaturudur. Məhsul ətraf mühitdən daha aşağı temperaturda soyutma sistemini tərk edərsə, ətrafdakı nisbi rütubət səbəbindən emal olunan şokoladın səthində xoşagəlməz ağ rəngli ləkələr yaranacaq. Rütubət göstəricilərini nəzərə alaraq məhsulun soyutma sistemindən çıxış temperaturu, yəni kritik temperatur hesablanı bilər. Şokolad fabriklərində soyutma sistemlərinin çıxışında ətraf mühitin temperaturu 20 selsi, nisbi rütubət isə 55% təşkil etməlidir.

3.6. Soyuducu sistemin gücünün təyini.

Şokolad kütləsinin əridikdən sonra kinematik özülülüüyü $v=0,0383 P_a \cdot san$ olmalıdır. İstilikvermənin əsas tənliyinə görə aqreqat halı dəyişən kütlə üçün istilik miqdarı aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$Q' = G_2 c_2 (t_2'' - t_1'') - G_1 c_1 (t_2' - t_1') - Q_{it} \quad (3.6.1)$$

Burada, G_1, G_2 – uyğun olaraq şokolad kütləsinin ilkin və son miqdarı;

c_1, c_2 – şokolad kütləsinin başlanğıc və son temperaturu üçün xüsusi istilik tutumları;

t_1', t_1'' – suyun soyutmadan sonra və soyutmadan əvvəlki temperaturları;

t_2', t_2'' – şokolad kütləsinin temperaturunun yüksəlmə anındakı və sonrakı temperaturları;

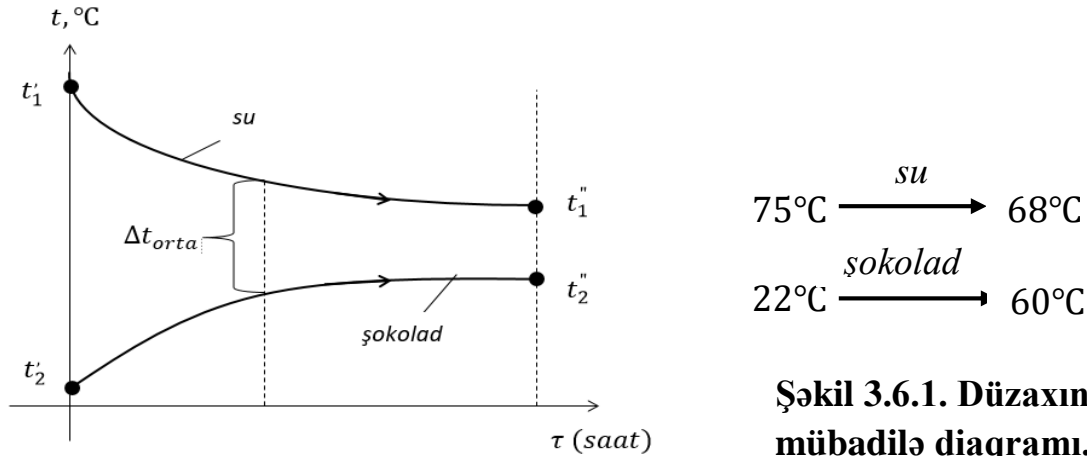
Q_{it} – ətraf mühitdə itən istiliyin miqdarıdır.

(3.3.1) ifadəsi şokolad kütləsinin işçi temperatura qədər qızdırmaq üçün tələb olunan istiliyin miqdarını hesablamağa imkan verir. Burada suyun verilmə temperaturu $t_1' = 75^\circ C$, $t_1'' = 68^\circ C$, şokolad kütləsinin ilkin və son temperaturu $t_2' = 22^\circ C$, $t_2'' = 60^\circ C$, emal olunan kütlənin miqdarı $G_1 = G_2 = 100 kq$, itən istiliyin miqdarı $Q_{it} = 0,1Q$ və kütlənin başlanğıc və son temperaturdakı xüsusi istilik tutumları $c_1 = 2,2 kJ/kq$, $c_2 = 1,6 kJ/kq$ qəbul edilə bilər. Beləliklə:

$$Q' = G_1 c_1 (t_1' - t_2') - G_2 c_2 (t_1'' - t_2'') = 100 \cdot 2,2(75^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) - 100 \cdot 1,6(68^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}) = 4540 \text{ kC}$$

$$Q = Q' + 0,1Q' = 4540 + 0,1 \cdot 4540 = 4994 \text{ kC}$$

Prosesin düzaxınlı getməsini nəzərə alıb, daxil olan suyun (şəkil 3.6.1) göstərilən diaqramı üzrə gedəcəyini qəbul edək [10].



Şəkil 3.6.1. Düzaxınlı istilik mübadilə diaqramı.

Bu prosədə orta temperatur fərqi:

$$\Delta t_{or} = \frac{\Delta t_b - \Delta t_k}{\ln\left(\frac{\Delta t_b}{\Delta t_k}\right)} = \frac{\Delta t_b - \Delta t_k}{2,3 \log\left(\frac{\Delta t_b}{\Delta t_k}\right)} = \frac{53 - 8}{2,3 \log \frac{53}{8}} = 10,3^\circ\text{C} \quad (3.6.2)$$

Burada, $\Delta t_b = 75^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C} = 53^\circ\text{C}$; $\Delta t_k = 68^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$ olacaqdır.

Bu hesabatda verdiyimiz ətraf mühitdə itən istiliyin təqribi miqdarı, dəqiq hesabatla prosesin mübadilə səthinə görə aparılmalıdır. Bu məqsədlə aparatın silindrik gövdəsinin mübadilə səthini F kimi işarə edib, kütlənin qızması üçün sərf olunan istilik miqdarına görə dəqiqləşdirək.

$$Q = k \cdot F \cdot (t_2'' - t_2') \quad (3.6.3)$$

$$F = \frac{Q}{k(t_2'' - t_2')}$$

Burada, k – istilikkeçirmə əmsalıdır.

Növbəti mərhələdə, kütlənin emal olunduğu gövdənin xarici səthindən daxili səthinə doğru yönəlmiş istilik selinin istilikvermə əmsalını α və ona uyğun istilikkeçirmə əmsalını k Nüsselt kriterisinə görə, hesablayırıq:

$$\alpha = \frac{Nu\lambda}{d_\varepsilon} \quad (3.6.4)$$

Burada, Nusselt kriterisini xarici divar üçün aşağıdakı ifadədən təyin edirik :

$$Nu = 0,35 \left(Pe \frac{d}{l} \right)^{0,3} \cdot \left(Ra \frac{d}{l} \right)^{0,18} \quad (3.6.5)$$

Burada, Pe – Pekle ədədidir, Ra – Rele ədədir ($Ra = (7 \div 40) \cdot 10^5$), $Pe = Re \cdot Pr$, d – boru-gövdənin orta diametri $d = 0,41m$, l – gövdənin uzunluğu ($l = 0,78m$), Pr – Prandtl kriterisi, Re – Reynolds kriterisi, α_2 – maşının divarından şokolad kütləsinə keçən istilik selinin istilikvermə əmsalıdır. Bu kəmiyyəti Nüsselt kriterisinin aşağıdakı ifadəsinə görə hesablaya bilərik .

$$Nu^d \cong 0,8 \left(Pe \frac{d}{l} \right)^{0,4} \cdot Ra \left(\frac{\mu_{st}}{\mu} \right)^{-0,14} \quad (3.6.6)$$

Bu tənlikdə, $Re < 3000$; $Pe \frac{d}{l} < 120$; $Ra = (1 \div 13) \cdot 10^6$; $2 < Pr < 10$ qəbul edilir.

$$Pe = Re \cdot Pr = 2300 \cdot 7 = 16100$$

Beləliklə məlum kəmiyyətləri nəzərə alaraq kütlənin özlülüyü adi temperaturda $\mu_{st} = -0,0278 Pa \cdot san$ temperatur $50^\circ C$ -dən yuxarı olduqda $\mu = 406 \cdot 10^{-6} Pa \cdot san$ qəbul olunur.

Daha sonra Nüsselt kriterisinin ifadələrinə görə daxili və xarici səthlər üzrə ayrı ayrılıqda hesablayırıq :

$$Nu^x = 0,35 \left(Pe \frac{d}{l} \right)^{0,3} \cdot \left(Ra \frac{d}{l} \right)^{0,18} = 0,35 \left(16100 \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,3} \cdot \left(6 \cdot 10 \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,18} = 75,5$$

$$Nu^d \cong 0,8 \left(16100 \cdot \frac{0,41}{0,78} \right)^{0,4} \cdot \left(6 \cdot 10 \frac{0,0278}{0,4 \cdot 10^3} \right)^{-0,14} = 12,8$$

İndi isə α_k –nın daxili və xarici səthə görə (4) ifadəsindən təyin edək:

$$\alpha_k^x = \frac{75,5 \cdot 65,9}{70,7} = 70,4 \text{ Vt/m}^2 \text{K}$$

$$\alpha_k^d = \frac{12,8 \cdot 65,9}{70,7} = 12 \text{ Vt/m}^2 \text{K}$$

Burada, $\lambda = 65,9 \frac{Vt}{m \cdot kq}$ qəbul edilir.

Beləliklə, istilikkeçirmə əmsalı:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1^x} + \frac{\alpha}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2^d}} = \frac{1}{\frac{1}{70,4} + \frac{0,009}{65,8} + \frac{1}{12}} = 1,4 \frac{Vt}{m^2} \quad (3.6.7)$$

$$F = \frac{Q}{k(t_2' - t_2)} = \frac{4994}{1,4(60 - 22)} = 93,6 m^2$$

Şokolad kütləsinin əridilməsi prosesindən sonra növbəti mərhələ, şokolad kütləsinin sürtünmədən qızması temperaturunun aşağı salınması mərhələsini nəzərdən keçirək. Bu mərhələ onunla xarakterikdir ki, burada temperatur $60^\circ C$ - ni keçməmək şərti ilə sabit saxlanılmalı və kütlə intensiv yoğrulmaya və kolloid üyüdülməyə məruz qalmalıdır. Burada temperaturun təqribən $5-6^\circ C$ artması, artıq arzuolunmaz hal hesab olunur və şokoladın yanması təhlükəsi yaranır.

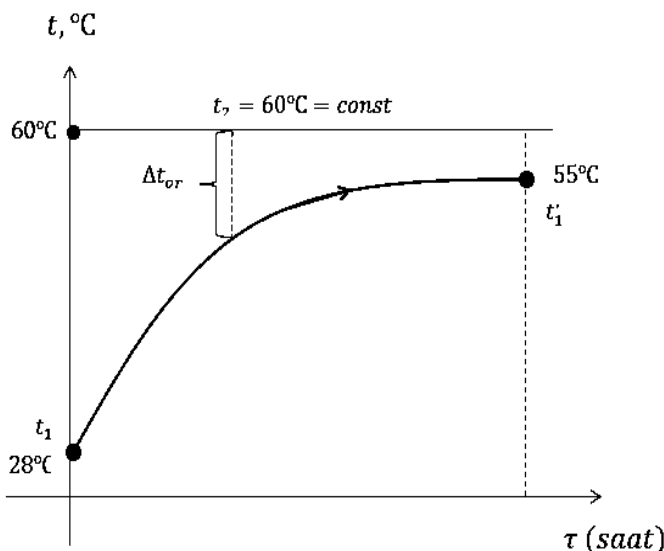
Tipik maşınlarda təşkil olunan soyutma sistemi, əslində izləyici rele vasitəsilə soyuducu suyun tərsinə dövr etdirilməsinə komanda verir, yəni soyuducu su quyu suyu ilə əvəz edilir. Şokolad kütləsi isə burada sabit $60^\circ C$ temperaturu saxlayır (şəkil 3.6.2).

Kolloid üyütmə maşınında kütləni soyutmaq üçün kənarlaşdırılacaq istilik miqdarı:

$$Q_1' = G_2 c_2 t_2 - G_1 \cdot c_1 (t_1' - t_1) = 100 \cdot 2,8 \cdot 60^\circ C - 100 \cdot 4,18 (55^\circ C - 28^\circ C) = 10596 kC$$

$$Q = Q_1' - Q_{it} = Q_1' (1 - 0,1) = 0,9 \cdot Q_1' = 0,9 \cdot 10596 kC = 9536,4 kC$$

Burada, $t_1 = 28^\circ C$, $t_1' = 55^\circ C$ olmalıdır.



Şəkil 3.6.2. Şokolad kütləsinin soyudulması diaqramı

$60^\circ C$ $\xrightarrow{\text{sokolad}}$ *sabit*
 $28^\circ C$ $\xrightarrow{\text{su}}$ $55^\circ C$

Orta temperaturu müəyyən edirik :

$$\Delta_{t_b} = 60^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{C} ; \Delta_{t_k} = 60^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{t_{or}} = \frac{\Delta_{t_b} - \Delta_{t_k}}{\ln\left(\frac{\Delta_{t_b}}{\Delta_{t_k}}\right)} \frac{32-5}{\ln\frac{32}{5}} = 14,59^{\circ}\text{C}$$

Əslində maşının mübadilə səthinin sahəsi:

$$F = \pi D \cdot H + \frac{\pi D^2}{4} = 3,14 \cdot 0,41 \cdot 0,72 + \frac{3,14 \cdot 0,41^2}{4} = 1,06 \text{m}^2$$

Sərf olunan soyuducu suyun miqdarı:

$$W = \frac{Q}{C(t_k - t_n)} = \frac{9536,4}{2,2(55 - 28)} 160,5 \frac{\text{kq}}{\text{saat}} = 128,4 \frac{\text{m}^3}{\text{saat}}$$

Bu məhsuldarlığın təmini üçün buradan soyuducu suyun sərfi 100kq məhsul üçün

$128,4 : 100 = 1,284 \frac{\text{m}^3}{\text{kq}} = 1284 \frac{\text{l}}{\text{kq}}$ alınar. Suyun daxil olması və xaric olması üçün boru-

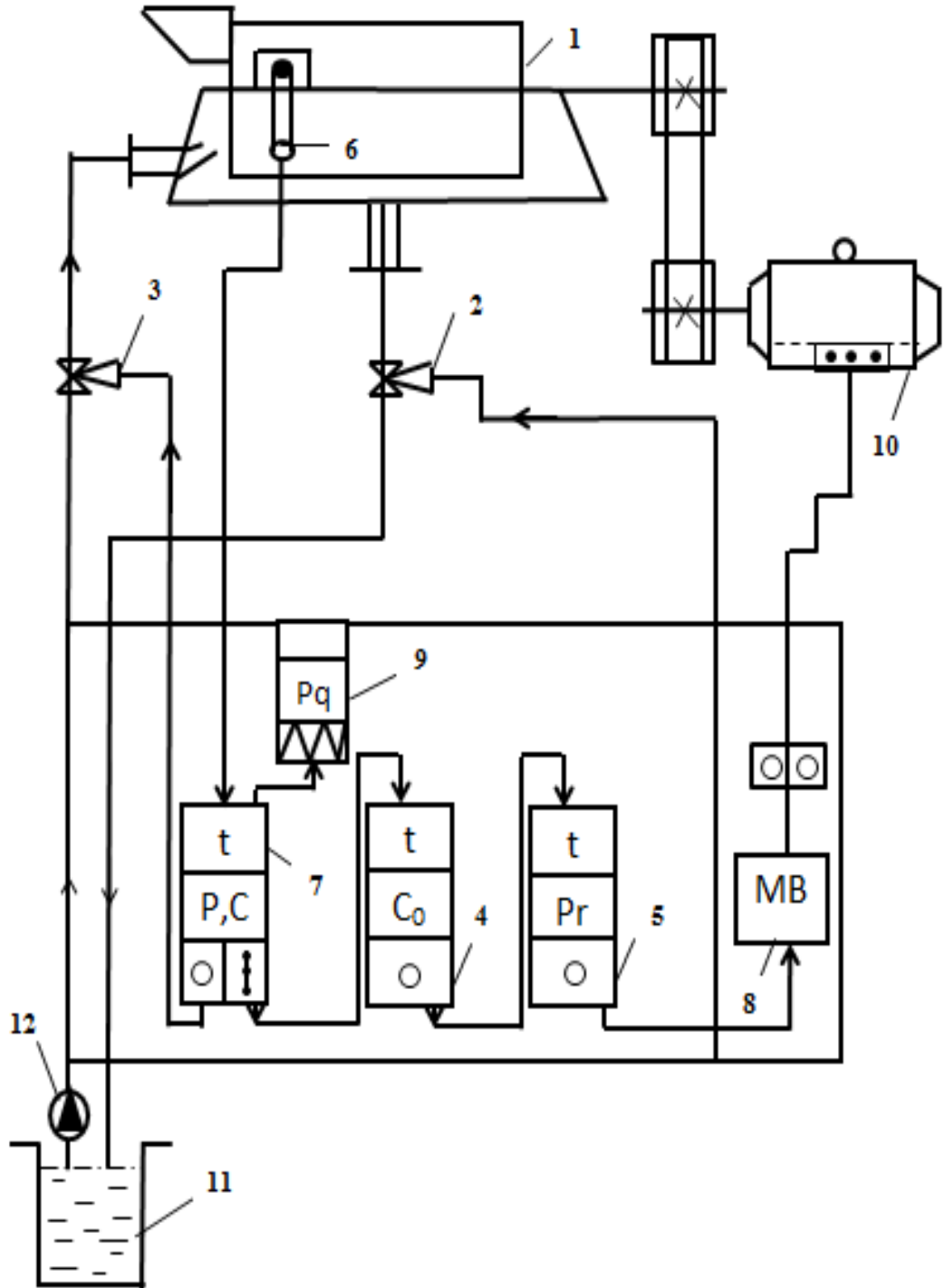
-nun diametrini hesablayaq :

$$d = \sqrt{\frac{W_{soy}}{3600\pi\rho_0\nu_0}} = \sqrt{\frac{1,284}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 3}} = 0,0068 \text{m} \approx 70 \text{mm}$$

Burada, ν_0 mayenin kolloid üyütmə maşınına daxil olma anında xətti sürətidir. Bu kəmiyyət hesabatlarda $\nu_0 = 2,5 - 3,5 \frac{\text{m}}{\text{san}}$ qəbul edilir. İndi isə $\nu = 3 \frac{\text{m}}{\text{san}}$ qəbul etməklə həmin diametri tapaq. Giriş və çıxış borularının diametrini bir-birinə bərabər qəbul edək, $d_1 = d_2 = 70 \text{mm}$. Bu borunun xarici diametri 78 mm-dir. Suyun dövr etdirilməsi üçün yüksək təzyiqli nasos qurğusu qəbul edək. Bu qurğunun məhsuldarlığı $19,8 \frac{\text{m}^3}{\text{saat}}$ -dir. Kolloid üyütmə qurğusunda soyutma sisteminin fasiləsiz və etibarlı işini təşkil etmək üçün bu sistemin avtomatik idarə olunma sxemini tərtib edək (şəkil 3.6.3). Bu sxemə görə qurğunun giriş və çıxış boruları idarə olunan “PRP-2” temperatur tənzimləyicisi ilə təmin olunmuşdur.

Qəza halında temperatur göstəriciləri (4 və 5) avtomatik olaraq maqnit buraxıcısını işdən ayırır, dayandırır. Digər hallarda kütlənin sabit temperaturu 60°C gözlənilir və

temperatur aşağı düşdükdə tənzimləyici klapanlarla (2 və 3) suyun girişini və yaxud çıxışını nizamlayır. Kolloid üyütmə maşınının (1) simmetriya oxunun üzərində termoverici (6) qoyulmuşdur. Yerli cihazlardan fərqli olaraq idarəedici cihazlar pultda yerləşdirilmişdir.



Şəkil 3.6.3. Kolloid üyütmə qurğusunda temperaturun sabit saxlanması sxemi.

1 – kolloid üyütmə gövdəsi , 2 – suyun çıxış klapanı , 3- suyun giriş klapanı , 4- temperaturun artmasının modelləşdirilməsi, 5- temperaturu sabit saxlayan blok , 6- temperatur vericisi, 7- temperaturu qeyd edən cihaz , 8- maqnit buraxıcısı, 9- program daşıyıcısı, 10- elektrik mühərriki, 11- su quyusu, 12- hidronasos

3.7. Riyazi modellərin tərtibat prinsipləri.

Modelləşdirmə dedikdə texnoloji proseslərin tədqiq edilməsinin qabaqcıl üsulları və bununla bərabər reallığın əks etdirilməsi başa düşülür. Texniki inkişaf və qabaqcıl hesablayıcı maşınların yaradılması nəticəsilə reallığın başa düşülməsində inkişaf nəzəriyyəsinin, həmçinin modelləşdirmə prinsiplərinin inkişaf etməsinin mənası və rolları müəyyən olunmuşdur.

Formallığın ümumi qanunauyğunluqları və istehsalat prosesinin riyazi modelinin qurulmasının əsasını, texnoloji prosedurların və idarəedici sistemlərinin analizi həmçinin sintezi zamanı dialektik kateqoriyasının istifadə olunması, texnoloji proseslərin təsvirinin fərqli formaları: texnoloji quruluş, funksionallıq və operator sxemləri öyrənilir. Səciyyəvi xarakterə malik texnoloji operatorlara texnoloji axınlar barədə informasiya toplusu kimi yanaşılır. Daha öncə elmə məlum olan biliklərin ümumiləşdirilməsi nəticəsində yeyinti sənayesində qabaqcıl proseslərin və idarəolunma sistemlərinin sintezinin təmin olunması məqsədilə, elm və texnika sahəsində yeni qabaqcıl nailiyyətlərin istifadəsinin ilkin prinsipləri öz əksini tapır. Riyazi analitik metodların tətbiqi, istehsal zamanı texnoloji proseslərin idarə olunması, həmçinin aparılmış eksperimentlərdən əldə olunmuş nəticələrin həm xammal, həmçinin də energetika sektorunda texnologiyaların hazırlanmasının riyazi modellərinin rolu müəyyən olunur.

Model dedikdə formanın və reallığın əks etdirilməsi vasitəsi başa düşülür. Model anlayışı iki mənalı istifadə olunur, nəyinsə nümunə forması kimi (maşının, evin, qurğunun və.s) və yaxud tədqiq olunan hadisənin yaxud texnoloji prosesin təsiri formasında.

Model anlayışını analiz edərkən xəyalən elə bir cisim təsəvvür edilir ki, və ya material nöqtəyi-nəzərdən elə reallaşmış olan sistem öz əksini tapır ki, tədqiqat obyektini təsvir və ya izah etməklə tədqiqatın müəyyən olunmuş mərhələsində onu əvəz etmə xüsusiyyətinə malikdir. Bu halda riyazi və şifahi olmaqla təsvirin forma və vəsaiti müxtəliflik göstərə bilər. Model, təsvir formasından fərqli olaraq tədqiqat zamanı fəal iştirak edir. Modelin qurulması ilə minimal vaxt ərzində texnoloji prosesin rejimi və digər xüsusiyyətlərini, maşın və yaxud aparatın konstruksiya parametrlərini və hazır məhsulun istehsalatına sərf olunmuş xərcləri müəyyən etmək mümkündür. Elmi tədqiqatlar zamanı istifadə edilən analoq və model anlayışı ilə əlaqəli olaraq, oxşarlıq

anlayışının istifadə edilməsi tələbi irəli sürüldü və ilk öncə həndəsi kateqoriya üçün daha sonra isə digər fiziki xarakterli anlayışlarda oxşarlıq nəzəriyyəsi geniş vüsət alaraq tətbiq olunmağa başladı [3]

M.V. Kirriçev, M.A. Mirxeyev, A.V. Livkov, Q.A. Hulkman-ın oxşarlıq nəzəriyyəsinin inkişaf etdirilməsində əvəzsiz xidmətləri olmuşdur [6]. Məlum olduğu kimi, oxşarlıq deyərkən bir hadisənin və ya prosesin tədiqiqi zamanı alınan proseslərdən birinin gedişi haqqında verilənləri oxşar hadisələrə şamil etmək mümkündür. Oxşarlıq bir çox hallarda müxtəlif parametrik xüsusiyyətlərin və ya prosesi xarakterizə edən vasitələr və onların kombinasiyalarının sabit olması tələbini özündə əks etdirir. Əgər oxşarlıq oxşar təbiətə malik hadisələr və yaxud proseslər üzərində baş verərsə onda fiziki, oxşar riyazi asılılıq əsasında təsvir olunmuş müxtəlif təbiətə malik hadisə və proseslər üzərində baş verərsə analoqdur.

Analoq modelləşdirmə dedikdə fiziki ölçülərin kodlaşdırılmasının fizikanın ümumiləşməsi kimi başa düşülür. Modelləşdirmə isə bu üsulun ümumiləşmiş forması və genişlənməsi, modelin riyazi formasının hadisələrin xarakteristikasına uyğun olaraq müxtəlif struktur əlaqələrinin ləğvi ilə səciyyələndirilir.

Fiziki olaraq modelləşdirmə, modelləşdirmə aparılan obyektin strukturunda baş verən hadisələr kompleksi əsasında qazanılmış bilikləri dərinləşdirməyə, kəmiyyətlə izah olunan qiymətləri dəqiqləşdirməyə və proses zamanı ortaya çıxan riyazi təsirləri azaltmağa imkan yaradır. Fiziki şəkildə modelləşdirmə üsullarının başqa üsullarla fərqi ondadır ki, bu üsulun tətbiqi zamanı orijinalında gedən proseslər ətraflı və əyani şəkildə öz əksini tapır.

Fiziki modelləşdirmənin tətbiqi aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

- 1) Prosesin, maşının və ya məhsulun keyfiyyətini özündə əks etdirən rəqəmlər nəzərə alınmaqla texnoloji prosedurun vacib parametrləri;
- 2) Təyin edilmiş miqyas əsas götürülməklə və təyin ediləcək parametrin miqdardan asılı nəticəyə görə bir və ya bir neçə fiziki model hesablanır və yaradırlar;
- 3) Bu modellərin köməyi ilə analoji parametrlərin kəmiyyət göstəriciləri müəyyən edilir və orijinalın parametrlərini təyin etmək baxımından onları hesablayırlar.

Yeyinti sənayesində qızdırıcı, qarışdırıcı, dozalaşdırıcı və.s buna bənzər bir çox avadanlıqların fiziki modelini yaratmaq mümkündür.

Konkretlik göstərən obyektlərin modelləşdirilməsi zamanı ilk növbədə bir-mənalılıq tələbini formalaşdırmaq lazım gəlir. Bir-mənalılıq şərti dedikdə, buraya maşının forması və həndəsi parametrləri, sistemin sərhəd nöqtələrində qaz və mayenin xüsusiyyəti, həmçinin mayenin fiziki xüsusiyyətləri aiddir. Prinsip nöqtəyi-nəzərdən oxşarlıq nəzəriyyəsində oxşar hadisələr əsasında həndəsi oxşarlıq, yəni, sərhəd və giriş şərti həmçinin fiziki kəmiyyətlər mövcud olmalıdır.

Fiziki olaraq modelləşdirmə zamanı kompleks üzrə oxşarlıq tələbinə əməl etmək mümkün deyildir. Buna misal olaraq Frud kriterisinə əsasən $F_r = \frac{V^2}{gl}$ modelinin seçilməsi zamanı oxşarlıq tələbini aşağıdakı kimi göstərmək mümkündür:

$$\frac{v_{\text{mod}}^2}{g_{\text{mod}} \cdot l_{\text{mod}}} = \frac{v_{\text{orj}}^2}{g_{\text{orj}} \cdot l_{\text{orj}}} \quad (3.7.1)$$

Burada $v_{\text{mod}}, v_{\text{orj}}, l_{\text{mod}}, l_{\text{orj}}$ uyğun olaraq modelin və orijinalın sürəti və həndəsi ölçüsü hesab olunur. Əgər model və orijinal üçün sərbəstdüşmə təcilini sabit qəbul ($g_{\text{mod}} = g_{\text{orj}}$) etsək onda $\frac{v_{\text{mod}}}{v_{\text{orj}}} = k_v$, $\frac{l_{\text{mod}}}{l_{\text{orj}}} = k_l$ işarə etsək $k_v = \sqrt{k_l}$ olacaq.

Burada, k_v, k_l – uzunlu və sürət miqyası hesab olunur.

Renolds kriteriyasını $Re = \frac{\rho l v}{\mu}$ model və original üçün bərabərliyi şərti ilə eyni bir maye üçün oxşarlıq şərtinə görə yazmaq mümkündür :

$$v_{\text{mod}} \cdot l_{\text{mod}} = v_{\text{orj}} \cdot l_{\text{orj}} \quad (3.7.2)$$

Bu zaman axındakı sürətini xarakterizə edən miqyas əmsalı $k_v = \frac{1}{k_l}$ – yəni modelin həndəsi parametrləri originalla müqayisə edərkən k_l dəfə dəyişir buna əsasən də ümumi sürət $\frac{1}{k_l}$ dəfə dəyişəcəkdir.

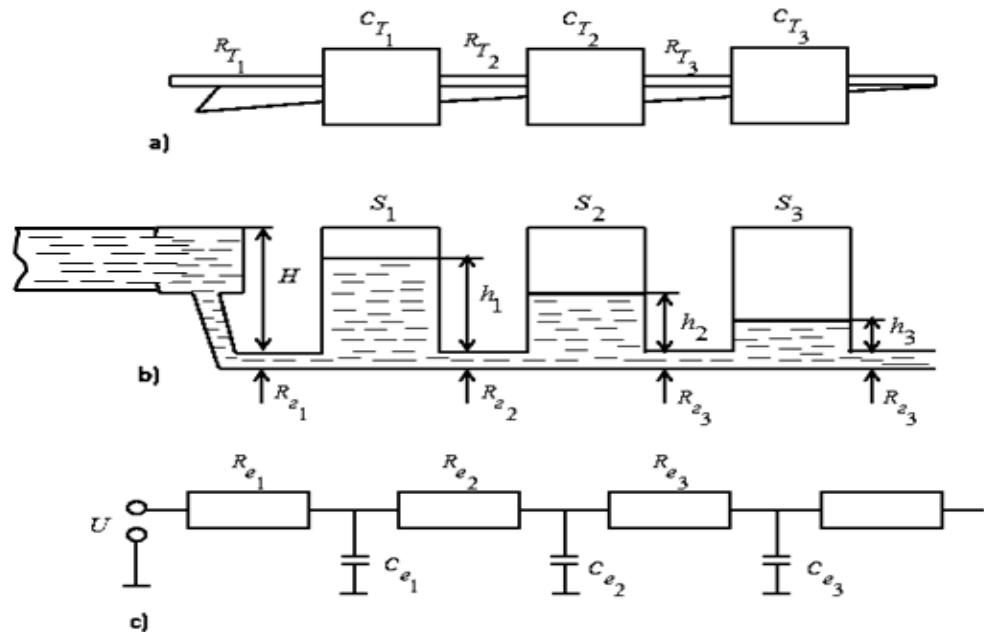
Analoq formada modelləşdirmə zamanı fiziki modelin qurulması əsasında istifadə olunan oxşarlıq nəzəriyyəsindən belə qərara gəlinir ki, hadisələrin gedişinin modeldə və originalda eynilənməsi həyata keçir. Model ilə original arasındakı əsas fərq modelin

eynilik göstərən parametrik rəqəmlərinin müxtəlifliyi ilə əlaqədardır. Oxşarlığın kompleks və simpleks bərabərliyi nəticəsində oxşar parametrlərin təkrar hesabı həyata keçirilir.

İstənilən fiziki hadisəyə sistemli analoq modeli kimi yanaşmaq mümkündür, bir şərtlə ki, fasiləsiz dəyişə bilən, tədqiqi sistemə analoji və ya oxşar fiziki kəmiyyətlərdəxili riyazi asılılıq mümkün olsun.

Analoq formada modelləşdirmə iki üsuldən ibarətdir. Birinci üsul fiziki sistemi ayrı ayrılıqda hissələrlə modelləşdirmədən ibarətdir. İkinci üsulun prinsipi isə riyazi tənliklərin həlli ardıcılığına əsaslanır. Birinci üsul model analoq adlanır. Çünki bu üsulda burada yerləşən orijinalın fiziki strukturunda riyazi tapşırıq həllini tapır [19].

Analoq formalı modelə misal olaraq, Şəkil 3.7.1-də hidravliki, istilik və elektrik sistemləri üçün fiziki modellər təsvir olunmuşdur. Bu modelləri müqayisə etsək görərik ki, boruların hidravlik müqaviməti Rh , rezistorun elektrik müqaviməti Re , elektrik gərginliyi $u(v)$, hidravlik sistemdə təzyiq $H(m)$ və dəyişən parametr olan istilik seli $T(a-sxemi)$ analoji parametrlərdir. Həmçinin istilik tutumu analoqu C_{Ti} kondensatorun elektrik tutumu C_{ei} və qabların en kəsik sahələri Si analoji olacaqdır.



Şəkil 3.7.1. Analox modelləri: a) istilik sistemi; b)hidravliki sistem; c)elektrik sistemi.

3.8. Qurğunun soyutma sisteminin operator modelinin tərtibi.

Ümumiyyətlə texnoloji proseslər üçün riyazi modelin qurulması dedikdə ilkin vəziyyətdən asılı şəkildə zaman və xarici şəraitin dəyişməsinin təyin edilən çıxış

parametrlərinin riyazi asılılıqlar məcmusu nəzərdə tutulur. Hər hansı texnoloji prosesin və ya obyektin modelləşdirilməsi riyazi asılılıqlar sisteminin həlli yolu ilə EHM-da həyata keçirilir.

Riyazi modelləşdirməni 3 əsas mərhələyə ayırırlar:

- 1) təsirin riyazi təsviri;
- 2) araşdırılan parametrlərin rəqəmlərlə ifadə olunması üçün EHM-da alqoritmin və həll proqramının qurulması;
- 3) tətbiq olunan modelin obyekt ilə uyğunluğunun müəyyən edilməsi.

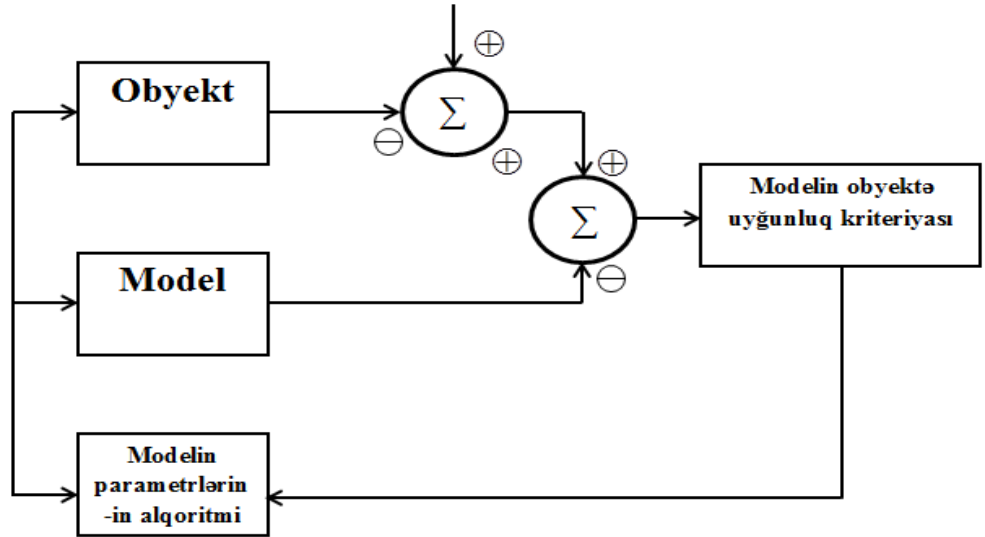
Əgər riyazi əməliyyat riyazi asılılıqlarla təyin olunursa, bu zaman riyazi əməliyyat EHM-da kəmiyyətlə həllini tapır. Nəticə etibarilə burada hər kəmiyyət bir və ya bir neçə məşin kəmiyyət formasında alınır.

Şəkil 4.8.1-də modelləşdirmənin ümumi prosesi təsvir olunmuşdur. Buraya daxildir:

- 1) obyektə tərtib olunan modelin uyğunluq kriteriyasının seçilməsi;
- 2) Uyğunluq kriteriyasına əsasən obyekt və model arasındakı reaksiyanı minimum həddə saxlayan parametrlər üçün sızlama alqoritminin seçilməsi.

Obyekt və model arasındakı uyğunluq kriteriyası müxtəliflik göstərə bilər. Bu kriteriyalara misal olaraq keyfiyyət göstəricilərinin fərqlilik dərəcəsini və ya buraxıla bilən dəqiqlik kriteriyasını göstərmək olar. Burada obyektin x modeli isə y ilə işarə etsək, parametrləri elə qurmaq lazımdır ki, obyektin göstəriciləri modelin göstəricilərinə uyğun olsun. ($x \cong y$).

Qida sənayesinə şamil olunan texnologiyalarda istilik proseslərini əhatə edən əməliyyatlara misal olaraq pastərizə, bişirmə, buxarlandırma, soyutma, qızartma və s. əməliyyatların istifadəsinə rast gəlinir. İstilik əməliyyatları istehsal şəraitində və məqsədyönlü şəkildə istilik aparatlarında olmaqla 2 formada yerinə yetirilir. İstehsal dövründə baş verən istilik əməliyyatları dedikdə qurutma, adsorbsiya, retifikasiya və s. proseslər zamanı baş verən əməliyyatları misal göstərmək olar.



Şəkil 3.8.1. Modelləşdirmə prosesinin sxemi.

Modelləşdirmədə istilik proseslərində riyazi model tərtib edərkən kəmiyyət qanunauyğunluqları istifadə edilir. Prosesin fiziki və kimyəvi əsasını məhz bu qanunauyğunluqlar formalaşdırır. İstilik proseslərinin riyazi təsvirinin qurulması zamanı hidrodinamik tənlikləri nəzərə almaq, maye və qaz arasındakı hərəkətin əks istiqamətli olduğunu nəzərə almaq, maddədaxili kimyəvi çevrilməni, həmçinin istilik və kütlə veriş tənliklərinin dəqiqliyinin təmin olunması əsas şərtidir.

İstilik prosesinin həyata keçirilməsi üçün bir sıra emal üsullarından istifadə olunur. Bunlara iti buxarla emal, infraqırmızı şüalar ilə emal, buxar-hava və buxar-su ilə emal, ultrasəsle emal və s misal göstərmək olar. Adıçəkilən proseslərin digər hissəsinə isə soyuqla emal, dondurma, mayeləşdirmə, əritmə və s proseslər aiddir.

İstilik prosesləri üçün əsas parametrlər paylanma dərəcəsinə əsasən obyektləri toplanmış və paylanmış olmaqla iki qrupa ayırırlar. Tədqiq etdiyimiz obyektin hansı qrupa məxsus olduğunu bilmək üçün ilk öncə E (ölçüsüz əmsal) müəyyən olunmalıdır:

$$E = \frac{\Delta t_b}{\Delta t_k} \quad (3.8.1)$$

Burada, Δt_b və Δt_k – aparatın girişi və çıxışında istilik daşıyıcısının mühitlərin ən böyük və ən kiçin temperatur fərqi adlanır [19]

Tədqiq olunan obyektin toplanmış parametrlə hesab olunması üçün burada $E < 1,7$ olmalıdır. Bu zaman baş verən proseslərin dinamikasını adi differensial tənliklərlə ifadə

etmək mümkündür. Bunun əksinə olaraq $E > 1,7$ olarsa bu zaman obyekt paylanmış parametrlə hesab olunur və proseslərin dinamikasını xüsusi törəməli differensial tənliklərlə ifadə edirlər. Bu tip aparatların modelini tərtib etmək üçün, aparatı şərti olaraq uzununa olmaqla bir neçə sahəyə ayırırlar. Aşağıdakı düsturda bu sahələrin sayı müəyyən olunur :

$$m = 1,44 \ln \frac{\Delta t_b}{\Delta t_k} \quad (3.8.2)$$

İndi isə sadə bir istilik mübadiləsi prosesinə nəzər salaq: Qaz və maye axını bir birinin əksinə olmaqla $t_1(x_1, t)$ temperaturu və W_1 sürəti ilə f_1 en kəsiyindən keçir. Digəri isə $t_2(x_1, t)$ temperaturu və W_2 sürəti ilə f_2 en kəsiyindən keçərək hərəkətdədir.

Göstərilən axınlarda baş verən qeyri-stasionar rejimlər üçün aşağıda göstərilən xətalara yol verilib:

- 1) Ətraf mühitdə itən istilik göstərilməyib;
- 2) Aparatın uzunluğu boyunca istilik mübadiləsi intensivliyi ilə temperatur fərqləri arasında birinci dərəcəsinə görə mütənasibdir;
- 3) Aparatın eninə kəsiklərinin perimetri aparatın uzunluğu boyunca sabit olur;
- 4) İstilik daşıyıcılarının bir birinə qarışmasına yol verilmir və həmçinin nəzərə alınmır;
- 5) Laminar qatlar və divarın özündə keçid prosesləri nəzərə alınmır;
- 6) Aparatın uzunluğu boyunca mühitləri ayıran səthin en kəsiyinin parametri sabit olacaqdır;

İcazə verilən xətalər daxil olmaqla hər iki fəza üçün qeyri-stasionar istilikverməni aşağıda göstərilən tənliklərlə ifadə etmək mümkündür:

$$\begin{aligned} \frac{dt_1}{dt} + W_1 \frac{dt_2}{dx} &= x_1(t_2 - t_1) \\ \frac{dt_2}{dt} \pm W_2 \frac{dt_2}{dx} &= x_2(t_1 - t_2) \end{aligned} \quad (3.8.3)$$

Burada,

$$x_1 = \frac{kP}{f_1 \cdot \varphi_1 \cdot c_1} \quad \text{və} \quad x_2 = \frac{kP}{f_2 \cdot \varphi_2 \cdot c_2} \quad (3.8.4)$$

t_1, t_2 – qızdıran və qızdırılan səthlərin işçi temperaturlarıdır $^{\circ}K$, k – istilikkeçirmə əmsalındır ($Vt/m^2 \text{ }^{\circ}K$), P – mübadilə səthi üçün en kəşik sahəsinin perimetridir. Yuxarıda göstərilən tənlik sistemində (-) işarəsi istilik daşıyıcısının əksaxınını, (+) işarəsi isə düzaxınını xarakterizə edir.

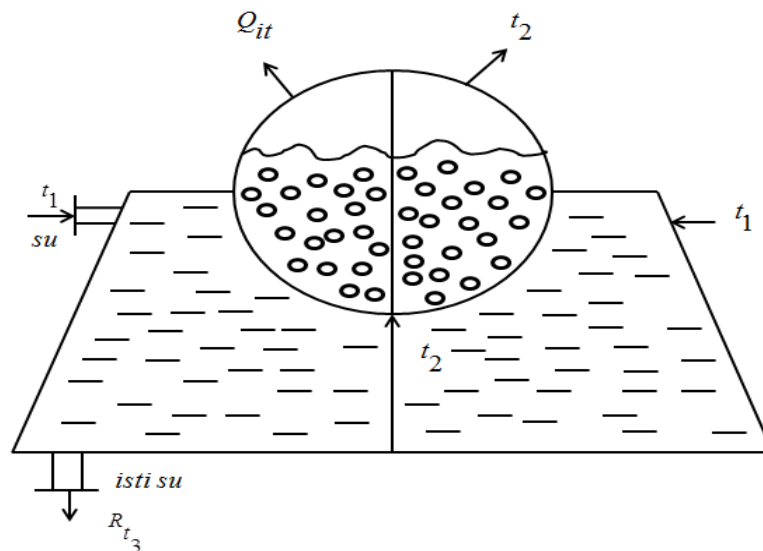
Tənlik sistemini tədqiq olunan məsələnin fiziki əsasına xas olan əlavə şərtlərlə və ən münasib həll hesab olunan həll variantları ilə tamamlamaq lazımdır. Bu səbəblə diferensial tənliklər sistemində sərhəd şərti kimi hesab olunan başlanğıc andakı daşıyıcıların temperaturlarını əlavə edək:

$$t_1(x,0) \text{ və } t_2(x,0) = t_2(x) \quad (3.8.5)$$

Daha sonra, aparata daxil edilən və xaric olunan axınlarda olan temperaturun məlum olduğunu qəbul edək:

$$t_1(0,t) = t_{1g}(t) \text{ və } t_2 = t_{2c}(t) \quad (3.8.6)$$

(3.8.1) tənlik sistemi, (3.8.4) və (3.8.5) şərtləri daxil olmaqla iki axın arasında baş verən mübadilə prosesi üçün modeldir. (Şəkl. 3.2.2). Əgər temperatur göstəricilərini qatılıq göstəriciləri ilə əvəz etsək (3.8.1) tənliyi kütlə mübadiləsi prosesi üçün də doğru hesab edilir.



Şəkil 3.8.2. İstilikdəyişdiricinin modeli.

Prosesin hərəkətverici qüvvəsi t_1 və t_2 temperaturlarından daha mürəkkəb funksiya ilə asılı olarsa, göstərilən tənlik daha ümumiləşmiş formaya salına bilər:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_1}{\partial t} + W_1 \frac{\partial t_1}{\partial x} &= f_1(t_2, t_1) \\ \frac{\partial t_2}{\partial t} + W_2 \frac{\partial t_2}{\partial x} &= f_2(t_1, t_2) \end{aligned} \right\} \quad (3.8.7)$$

(3.8.2) tənliyindən istifadə etməklə (3.8.5) və (3.8.6) şərtlərilə statistik rejimdə temperatur paylanması asılılığını müəyyən etmək olar. Bu minvalla xüsusi törəmə zamana görə 0-a bərabər olaraq qəbul ediləcəkdir. Onda (3.8.7) tənliyi aşağıdakı formada olacaq:

$$\left. \begin{aligned} W_1 \frac{\partial t_1}{\partial t} &= x_1(t_2 - t_1) \\ W_2 \frac{\partial t_2}{\partial t} &= x_2(t_1 - t_2) \end{aligned} \right\} \quad (3.8.8)$$

Bu tənliklər sistemi sərhəd şərtləri daxilində:

$$\left. \begin{aligned} W_2 > 0 \quad t_1(0, 0) &= t_{1g} \quad t_2(0, 0) = t_{2g} \\ W_2 < 0 \quad t_1(0, 0) &= t_{1g} \quad t_2(l, 0) = t_{2g} \end{aligned} \right\} \quad (3.8.9)$$

Burada, əksaxında $T_{1g} = 1$, $T_{2g} = 0$, və (3.2.7) tənliyinin həlli aparatın

uzunluğuboyunca temperatur paylanmasını ifadə edir:

$$\begin{aligned} t_1(x) &= \frac{W_1 x_2 \exp(\lambda_1 l) - W_2 x_1 \exp(\lambda_2 x)}{W_1 x_2 \exp(\lambda_2 l) - x_1 \cdot W_2} \\ t_2(x) &= \frac{W_1 x_2 \exp(\lambda_2 l) - W_1 x_1 \exp(\lambda_1 x)}{W_1 x_2 \exp(\lambda_2 l) - x_1 \cdot W_2} \end{aligned} \quad (3.8.10)$$

Burada, λ_1, λ_2 – xarakteristik tənliyin növlərini ifadə edir, (3.8.8) tənliyinin $W_2 < 0$ şərti isə düzaxınlı sistemlə uyğundur.

Halhazırda süd sənayesində strelizə və soyutmalı lövhəli pasterizə qurğuları geniş istifadə olunur. Bu qurğulardakı lövhələrin istilik tutumu ilə istilikdaşıyıcılarındakı istilik tutumları müqayisə oluna bilər ($H > 0,33$). Burada H – ölçüsüz əmsaldır.

$$H = \left(\frac{\nu_3 c_3 \rho_3}{\nu_1 \rho_1 c_1 + \nu_2 \rho_2 c_2} \right) \quad (3.8.11)$$

Burada, $v_1 v_2 v_3$ – aralıq divarın, qızdıran və qızdırılan mayenin həcmələrini (m^3), $\rho_1 \rho_2 \rho_3$ – aralıq divarın, qızdıran və qızdırılan mayenin sıxlığını (kq/m^3), $C_1 C_2 C_3$ – istilik tutumlarını ($C/kq \cdot d\theta q$) xarakterizə edir.

Bir çox hallarda $H \leq 0,33$ olarsa, aralıq divarı parametrləri nəzərə alınmır. Əgər $H > 0,33$ qəbul edilərsə, III kəmiyyət formasında arakəsmə düstura daxil olur. Bundan əlavə sübut olunub ki, istilikdəyişdiricilər $E > 1,7$ olmaqla paylanmış parametrlərə malikdir. Bu səbəblə istilikdəyişdiricilərin riyazi modelləri arakəsmələrin parametrib diqqətə alınmaqla, axınların hidrodinamik sıxışdırıb keçmə modeli ilə uyğunluq təşkil edir.

Texnoloji proseslərdə riyazi modellərin tərtibi zamanı aparatın daxilində maddələrin yerdəyişməsi xarakteristikası haqqında məlumat toplamaq mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Əldə olunan məlumat toplusu əsasında axınların hidrodinamik göstəriciləri müəyyən olunur. Lakin buna baxmayaraq hidrodinamik tənliklər mürəkkəblik təşkil etdiyindən, axınlar üçün sadələşmiş tənliklər və tipik modellərdən istifadəni daha məqsədəuyğun hesab edirlər. Burada mühüm şərt ondan ibarətdir ki, tətbiq etdiyimiz tipik model həm statistik həm də dinamik olmaq şərtilə prosesin xarakteristikasını özündə əks etdirmək qabiliyyətinə malik olmalıdır. Əksər hallarda aşağıda göstərilən hidrodinamik modellər istifadə olunur (Şəkil 3.8.3) :

- 1) İdeal sıxışdıraraq-keçmə modeli;
- 2) Qarışdırmanın ideal modeli;
- 3) Diffuzion model.

Axının quruluşunu müəyyən etmək üçün iki tip yanaşma məlumdur: 1) sürət zolağının təyini ; 2) aparatda qalan mayenin qalma müddətinin təyini.

İlk yanaşma baş verən axınların quruluşu haqqında səthi məlumat əldə etməyə imkan verir. Burada əsas çətinliklər sürətin en kəsik boyu paylanması aparatın müxtəlif kəsikləri üçün müxtəlifliyi ilə əlaqədardır. İkinci yanaşma isə aparatda mayenin paylanmasını və mayenin aparatda qalma müddətini öyrənməyə imkan yaradır. Əgər mayenin hər hansı payı aparatda 5-6 dəqiqə , digər payın isı 15-20 dəqiqə yubandığını nəzərə alsaq, məlum olur ki, əsas reaksiya 65-70% 5-6 dəqiqə ərzində, digərləri isə 95-100% 15-20 dəqiqə ərzində yerinə yetirilir. Buradan, son nəticə olaraq prosesin

Cədvəl 3.8.1. Hidrodinamik axınların tipik modelləri.

Tipik modellər	Şarti işarəsi	Riyazi təsviri	Reaksiya xarakteri	
			Pilləli həyəcanlanma	İmpuls ilə həyəcanlanma
İdeal sıxışdırma		$\frac{\partial c}{\partial \tau} = -V \frac{\partial c}{\partial x}$		
İdeal qarışdırma		$\frac{dc}{d\tau} = \frac{V_c}{V} (c_{bx} - c)$		
Diffuziyalı bir parametrlilik iki parametrlilik		$\frac{\partial c}{\partial \tau} = -V \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$ $\frac{\partial c}{\partial \tau} = -V \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{D_R}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial c}{\partial R} \right)$		

yekunlaşması üçün 20 dəqiqə vaxtın lazım olduğunu öyrənmiş olarıq. Axınlarda istifadə olunan hidrodinamik tənlikləri nəzərə almaqla texnoloji proses üçün riyazi təsvir vermək mümkündür. Bu tənliklərin mürəkkəb olduğunu nəzərə alaraq real axınlar üçün istifadəsi məqbul hesab olunur. Ona görə də riyazi modelləşdirmə zamanı axınların strukturunu təqribi təqdim edən modellərdən istifadə olunur. Mühəndis hesabatlarda bu tip modellər kifayət qədər nəticələr verir və struktur cəhətdən çox sadə hesab olunur. Bu modelləri seçərkən aşağıdakı tələblər nəzərə alınmalıdır:

- 1) Tətbiq olunan model ilk növbədə axının fiziki mahiyyətini əks etdirməli və sadə riyazi təsvirə malik olmalıdır;
- 2) Təcrübi və ya digər üsullarla modelin parametrlərinin həlli yolu olmalıdır;
- 3) Optimal həllin əldə olunması üçün konkret proses zamanı model geniş imkanlara malik olmalıdır;
- 4) Riyazi model qurularkən axının strukturu ideal aparat üçün daxil edilir.

3.9. Optimal temperaturun təmini üçün məqsəd funksiyasının tərtibi.

Məlum olduğu kimi paylanmış parametrlərə malik olan obyektləri təsvir etmək üçün xüsusi törəməli differensial tənliklərdən istifadə olunur. Differensial tənliklərin iştirakı ilə aparatların temperaturu bölgüsü də müəyyən olunur. Aparatın uzunluğu boyunca, bu tip obyektlərin modelinə istilikdaşıyıcısının zaman və fəzasına uyğun olan

paylanma məsələlərini əlavə etmək olar. Ümumən bu tənliklər sistemi mürəkkəblik təşkil etdiyindən, aşağıdakı sadələşmiş formalar ilə istilikdəyişdiricinin riyazi təsvirini göstərmək olar:

- 1) Hər iki istilikdaşıyıcısının temperaturu sabit qəbul edilir və borunun en kəsiyində aparatın uzunluğu boyunca dəyişir;
- 2) Təbəqələşmə zamanı yaranan təsirlər əhəmiyyət kəsb etmir yalnız məcburi istilik mübadiləsi əsas götürülür;
- 3) İstilik itkiləri axının istiqaməti boyunca aparatın divarında və mayədə nəzərə alınmır;
- 4) İstilikvermənin hər iki əmsallarında istilikötürmə həmçinin şüalanma səmərəsi qeydə alınmır;
- 5) İstilik tutumu və sıxlıq istilikdaşıyıcılarda sabit qalır.
- 6) Ətraf mühitdə itirilən istilik miqdarı həmçinin axın zamanı yaranan mexaniki enerji qeydə alınmır.

Yuxarıdakı bəndlərdə göstərilən amillər nəzərə alınmadan istilik mübadiləsini aşağıda qeyd olunmuş üç differensial tənlik vasitəsilə izah edirlər:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_r}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial t_r}{\partial x} + a(t_r - t_D) &= 0 \\ \frac{\partial t_x}{\partial \tau} \pm v_2 \frac{\partial t_x}{\partial x} - b(t_D - t_x) &= 0 \\ \frac{dt_D}{d\tau} - c(t_r - t_D) + d(t_D - t_x) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3.9.1)$$

D_r, D_x, f_r, f_x – istilik daşıyıcısında soyuq və isti suyun hərəkət etdiyi borunun diametri və en kəsik sahəsi, x – maşının uzunluğu boyunca koordinatı, C_r, C_x, ρ_r, ρ_x – istilik daşıyıcısının sıxlığı və istilik tutumlarıdır.

Eyler üsulunu tətbiq etməklə “EHM” köməyilə bu tənliklər sisteminin həlli mümkündür. Eyer üsulundan istifadə edərək differensial tənlik cəbri tənlik formasına salınır. Xüsusi törəməli differensial tənliklər sistemində eyler üsulu çox əlverişli hesab olunur.

Yeyinti sənayesində müəyyən texnoloji proseslər var ki, ardıcıl olaraq bir neçə mərhələni əhatə edir. Bu tip aparatlara misal olaraq çoxpilləli istilik dəyişdirici aparatları göstərmək olar. Buna misal olaraq südün pasterizə olunması prosesinə nəzər salaq.

Burada soyuq daşıyıcı $t_x^{(N)}$ temperaturu ilə N pilləindən çıxaraq , hər bir pillədə daşıyıcı t_{r1}^i temperaturundan t_{r2}^i temperaturuna qədər artır. Nəticədə hal parametri $t_x^{(N)}$, $i=1,2,N$ idarəedici parametrlər isə t_r^i olur [14].

İstilikdəyişdiricidə tam sahəni minimum saxlamaq üçün hər pillədə mübadilə səthinin sahəsini məqsədyönlü şəkildə seçmək zəruridir. Burada, $t_x^{(0)}$, $t_x^{(N)}$ və t_r^i $i=1,2,N$ verilənləri qeyd olunur.

“ i ” – sayılı pillə üçün istilik balans tənliyi:

$$v_x \cdot c_x \cdot \rho_x (t_x^{(i)} - t_x^{(i-1)}) = v_r \cdot c_r \cdot \rho_x (t_{r1}^{(i)} - t_{r2}^{(i)}) \quad (3.9.2)$$

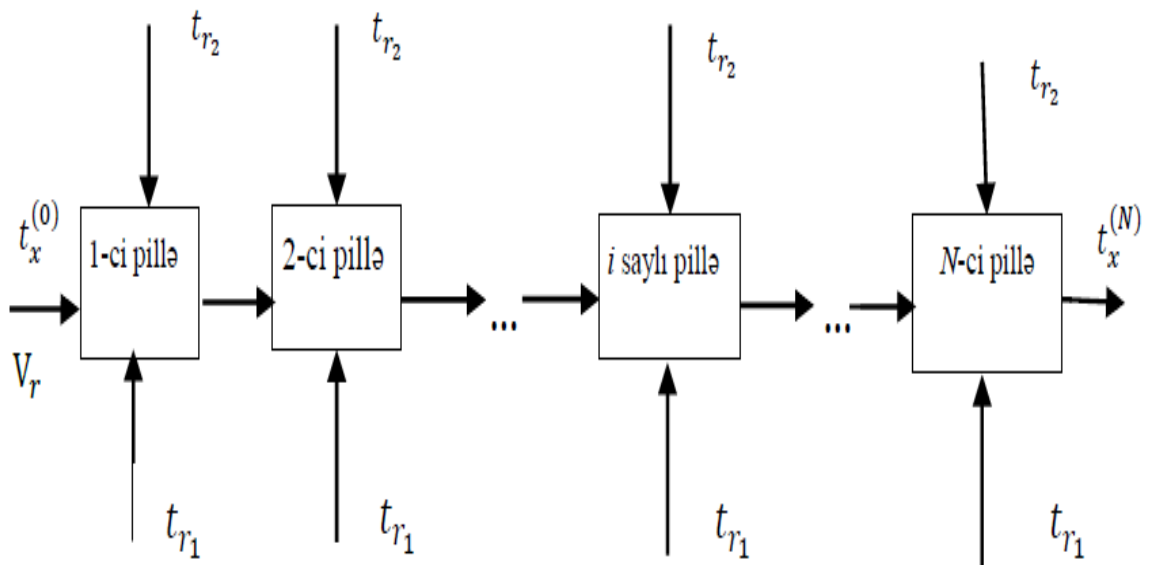
Axınların öz istilik tutumları ilə hasilərinin hər bir pillə üçün sabit və itkisiz olduğunu qəbul etsək, məsələnin həllini sadələşdirmiş olarıq. Onda,

$$t_{r1}^{(i)} - t_x^{(i)} = t_{r2}^{(i)} - t_x^{(i-1)} \quad (3.9.3)$$

Yuxarıdakı düsturdan məlum olur ki, çıxış və girişdə axın üçün temperatur fərqi sabitdir. Bu halda istilik balans tənliyi:

$$v_x \cdot c_x \cdot \rho_x (t_x^{(i)} - t_x^{(i-1)}) = \alpha^i \cdot F^i \cdot \tau (t_{r1} - t_{r2}) \quad (3.9.4)$$

Burada , α^i – istilik vermə əmsalı , F^i isə i sayda pillənin mübadilə sahəsidir.



Şəkil 3.9.1. Çox pilləli istilikdəyişdiricinin sxemi.

3.10. Optimallaşdırma üçün alqoritmin və proqramın tərtibi.

Riyazi modelin formması və görüntüsü müəyyən tədqiqat tapşırıqları vasitəsilə tədiqiq edilən obyektin təbiətindən asılıdır. Şəkil 3.10.1-də göstərilən struktur sxem üzrə riyazi modelin tərtibinin ardıcılığı göstərilmişdir..

Riyazi modelin tərtibi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

- 1) Tədqiqat tapşırığının qoyuluşu;
- 2) Tapşırığın həll edilməsi üçün nəzərdə tutulan keyfiyyət göstəricisinə təsir edən sistemin parametrik xüsusiyyətlərinin müəyyən olunması və seçilməsi;
- 3) Parametrlər arasında yaranan əlqələrin təyin edilməsi;
- 4) Tətbiq sahəsinin seçilməsi;
- 5) EHM-da lazımi alqoritmin seçilərək həll proqramının tərtib olunması;
- 6) Əldə olunmuş nəticələrin təhlil edilməsi və qiymətləndirilməsi.

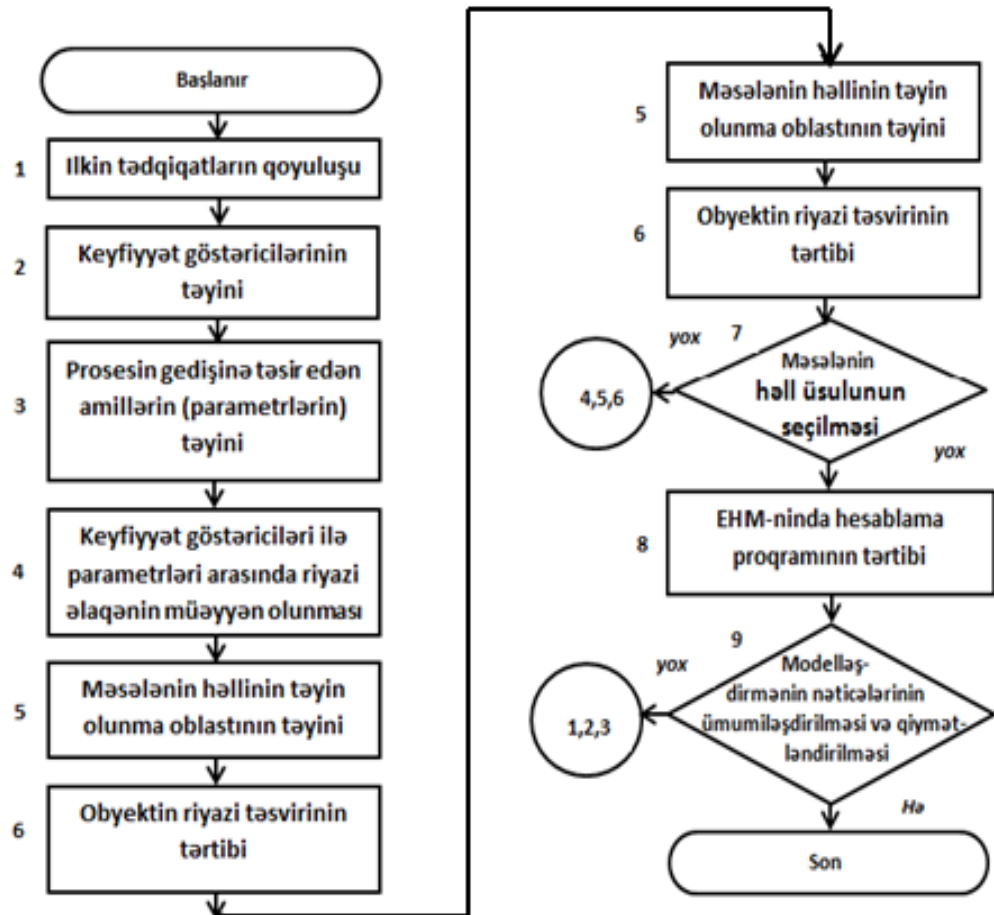
Riyazi modelin qurulmasında növbəti mərhələ obyektin xarakterizə edən lazımi məlumatların toplanmasından ibarətdir. Burada obyektin bütün parametrik xüsusiyyətləri nəzərdən keçirilir. Eksperimentlərdən əldə olunmuş nəticələrə əsasən yarana biləcək bütün hipotez və ehtimallar diqqətə alınaraq, parametrlər arasına əlaqə təmin edilir. Riyazi modeldə informasiya təminatı, modeldən istifadənin reallığını əks etdirən verilənlərin tam, kifayətləndirici, dəqiq, vaxtında və yerində olmasından ibarətdir.

Məlumatın istifadə edilə bilmədiyi və ya ümumiyyətlə alınmadığı halda onu başqası ilə əvəz etmək mümkündür. İnformasiya mənbəyi dedikdə, laborator müşahidələr, hipotez və ehtimallar, istehsal mühitində əldə olunmuş təcrübələr nəzərdə tutulur. Daha sonra xüsusi hipotezlər, dəqiq nəticələri formalaşdıran fikirlər və eksperimentin düzgünlüyünü yoxlama proseduru planlaşdırılır. Qarşıya qoyulan tapşırıq haqqında təsəvvür yaratmaq üçün hipotezin sübut yolundan istifadə etmək olar. Modelin qurulmasının II və III mərhələlərində modelin təşkilinin parametrlər və struktur sxemi tərtib olunur. Bu sxemə daxil olan parametrlər tapşırığın həlli zamanı yaratdığı təsirlər müəyyən edilir. Sxemə daxil olan parametrlər növbəli şəkildə təsvir olunur: Buraya vahidlər sistemi, şərti işarələr, ölçü hədləri, simvollar və parametrlər mənbəyi daxildir.

Modelin tərtibinin dördüncü mərhələsində parametrlər arasına riyazi çıxışı riyazi düstür, qrafik, cədvəl və.s kimi müəyyən edirlər. Modelləşdirmənin dördüncü

mərhələsində seçilən fiziki model bazasında tədqiq olunan real texnoloji proses haqqında əldə olunmuş təsəvvürlər əsasında riyazi çıxış tənliyi tərtib olunur.

Modelləşdirmənin beşinci mərhələsində tapşırığın həll oblastları müəyyən edilir və bu sadələşmiş formada yeni və məhdud sərhəd şərtlərini təyin edir [14]



Şəkil 3.10.1. Riyazi modelin tərtibinin alqoritmik sxemi.

Altıncı mərhələnin texnoloji mahiyyəti ondan ibarətdir ki, burada tənlikləri və çıxış verilənlərini elə çevirmək lazımdır ki, onların yazılışı mövcud tapşırığın həllində yararlı olsun. Daha sonra verilənlərin emalı prosesi başlayır və ümumiləşmiş riyazi düstur formasında yalır. Burada ilk öncə əhəmiyyətsiz kəmiyyətləri ixtisar etməklə çıxış tənlikləri mümkün olduğu qədər sadələşdirilir. Bəzi hallarda isə bu kəmiyyətlərin tapşırığın olan təsirinin az olduğu müəyyən edilir və kəmiyyətlər bütünlükdə ixtisar olunur.

Modelləşdirmənin yeddinci mərhələsində riyazi tənliyin həll üsulunun seçilməsi tapşırığın qoyuluşu və tədqiqat səviyyəsindən asılı şəkildə yerinə yetirilir. Həll üçün təyin edilmiş üsullara müvafiq olaraq lazımi çevrilmələr və tənliklər sisteminin əvəz edilməsi həyata keçirilir. Hesablama mərhələsində başlıca şərt ondan ibarətdir ki, məlumatın analizi öncədən görülən olmalı və həmin məlumatın hesablanması əməliyyatı sadələşdirilmiş model vasitəsilə yerinə yetirilməlidir.

Modelləşdirmənin səkkizinci mərhələsində həlledici proqram tərtib olunur. Bu proqramın tərtibində modul prinsiplərindən istifadə etmək daha məqsədə uyğundur. Səkkizinci mərhələ olduqca səmərəli hesab olunur. Digərləri ilə müqayisədə bu mərhələ sürətli və müqayisəli yerinə yetirilmə həmçinin reallaşma imkanlarına malikdir.

Nəhayət, doqquzuncu mərhələdə hesablama zamanı əldə olunmuş nəticələrin qiymətləndirilməsi və analizi aparılır. Aparılan analizlərin fonunda naməlum amillər haqqında məlumatlar və ümumi tədqiqat tapşırığını əhatə edən tövsiyələr verilir. Çıxış tənliklərinin əsasını təşkil edən sabit əmsalların müxtəliflik göstərdiyini nəzərə alaraq mütləq sınaq modeli üzərində ilkin yoxlama işləri görülür. Sınaq planı əsasında çıxış verilənlərinin miqdarı müəyyən olunur. Sonda hesabatlar aparılır və nəticələr qeyd olunur.

NƏTİCƏLƏR VƏ TÖVSIYYƏLƏR

1. Dissertasiyada şokolad kütləsinin son emalı prosesi olan kolloid üyüdülmənin mexaniki üsulla yerinə yetirilməsi məqsədi ilə yaradılan kolloid xırdalanma qurğusunu işlənməsinə baxılmışdır.
2. Qoyulan məqsədin həyata keçirilməsi üçün müasir texnikada oxşar məqsədlər üçün istifadə olunan texnoloji üsullar icmal edilmiş onlara sistemli yanaşma üsulu tətbiq etmək onların hər hansı birinin səmərəli və sadə olduğu müəyyən edilmiş və konus şəkilli üyüdücülərə və vallı(diyircəkli)üyüdülmə üsullarına üstünlük verilmişdir.
3. Konusşəkilli üyüdücülərlə müqayisədə və vallı(diyircəkli)üyütmə üsulunu daha səmərəli kütləni qızdırması nöqtəyi nəzərdən üstün olduğu nəzərə alınaraq,təklif olunan kolloid üyütmə qurğusunu layihə olunmuşdur.
4. Yaradılan bu qurğunun aşağıdakı mərhələlər üzrə işlənməsi yerinə yetirilmişdir:
 - a) Qurğunun böhran bucaq sürəti təyin edilmişdir
 - b) Qurğunun kinematik sxemi tərtib olunmuş və onun tərkibinə daxil olan qayış ötürməsini və diyircəkli valın möhkəmlik hesabları aparılmış,və titrəmədən qorunması üçün konstruktiv tədbirlər görülmüşdür.
 - c) Qurğunun fasiləsiz və uzunmüddətli işi üçün məhsulun və oksigenlə doydurulma və şokolad hissəciklərinin minimum ölçüsünün alınması texniki tədbirləri nəzərdən keçirilmişdir.
5. Şokolad kütləsinin üyüdülmə zamanı qızmasının qarşısını almaq üçün onun soyudulma sistemi işlənilib hazırlanmışdır.
6. Qurğunun prosesin əvvəlində quru inqridientlərin(kakao tozu,şəkər tozu,süd qurusu tozu) kütləsinin qızaraq əriməsi üçün onun işçi temperaturu isti su ilə alınması (45⁰C qədər) və sonra kütlə 60⁰C temperatur qazandıqdan sonra onun quyu suyu ilə soyudulması təklif olunmuşdur.Bu sistemin avtomatik idarə olunması sxemi işlənməmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Mustafayev X.S., Qida texnologiyasının prosesləri və aparatları “Təhsil” NPM,2006,454səh.
2. Антипов И.Т и др., Машины и аппараты пищевых производств,-М. Высш. 2001,1474с
3. Əzizov Ə.A., Müasir texnoloji maşınların modelləşdirilməsi. Dərs vəsaiti, Bakı. 2016, 108s
1. Останчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств. Киев, «Высшая школа», 1991, 367с.
2. Ивашкин Ю.А. и др. Моделирование производственных процессов мясной и молочной промышленности. М., ВО «Агропромиздат» 2006, 232с.
3. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-техно- логических процессов М., «Химия», 1982 - 232с.
4. Козлов Г.Ф., Останчук Н.В. Шербатенко В.В. Системный анализ технологических процессов пищевых производств - К., 2008. 287с.
5. Сапожников А. Н., Дриль А. А., Мартынова. “Технология пищевых производств: учебное пособие” 2020, 208с.
6. Панфилов В.А. Оптимизация технологических схем кондитерского производства М., 316с.
7. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. Учебник для ВУЗов., «Машиностроение», 1983, 447с.
8. Курочкин А.А., Шабурова Г.В. “Технологическое оборудование пищевых производств” 2015, 440с
9. Харламов С.В. Конструирование технологических машин и аппаратов. Изд. Ленинградского Университета, 1974, 272с.
10. Əzizov Ə.A. Yeyinti istehsalı maşın və avtomatlarının layihələndirilməsi., Dərslik, Bakı, AzTU, 2014, 286s.
11. Чернявский С.АЮ И др. Проектирование механических передач., М., Машиностроение, 2002, 560с.
12. Авдеева А.В. и др. (12 сотрудников), Справочник кондитера. Том II, М., «Пищевая промышленность», 1999, 816с.

13. Елхина В.Д. и др. Механическое оборудование предприятий общественного питания., Москва «Экономика» 1995.
14. Антипов И.Т., Кретов А.Н., Остриков А.Н., Панфилов В.А., Ураков О.А., Машины и аппараты пищевых производств, М., Высшая школа, 2001, 1078с.
15. Горбатюк В.И., Процессы и аппараты пищевых производств., М., «Колос», 2000, 378с.
16. Кобылкин А.В., Цыдендоржиева Г.Р. “Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств” Улан-Удэ, 2004. - 220 с.
17. В. А. Панфилова., В. Я. Груданова.” Машины и аппараты пищевых производств” М., 2008., 580с.
18. Елхина В.Д. И др. (3 авторов), Механическое оборудование предприятий общественного питания, М., «Экономика», 1998.
19. Останчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств., Киев, Высшая школа, 1991, 367с.
20. Жистин Е. А., Авроров В. А. Процессы и аппараты пищевых Санкт-Петербург, Лань, 2010, 325с.
21. Рензяева Т.В и др. Технология кондитерских изделий. Санкт-Петербург, Лань, 2022, 156с
22. Гребенюк С.М. (подред). Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств. М.,Агропромиздат, 1987, 304с
23. Скобелльская З.Г и Горячиева Г.Н. Сахарных кондитерских изделий. Санкт-Петербург, Лань, 2018, 428с
24. Rüstəmov N.M və Hüseynova N.R. “Şokolad kütləsini pardaqlama qurğusunun optimal temperatur rejiminin təmini üçün layihələndirilməsi”., Tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda respublika elmi konfransının məqalələri., 4-5 may 2022.
25. Лунин О.Г., Вельтыщев В.Н. Теплообменные аппараты в пищевой промышленности. М., 1986, 226с.

ՅԼԱՎՅԼՐ