



Q.B.MƏMMƏDOV
Q.M.ALLAHVERDİYEVA

İSTİLİK VƏ SOYUTMA TEXNİKASI

Q.B.MƏMMƏDOV Q.M.ALLAHVERDİYEVA

İSTİLİK VƏ SOYUTMA TEXNİKASI

(dərslik)

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 07 iyun
2011-jı il tarixli 1003 sayılı əmri ilə qrif verilmişdir.

Bakı-«Elm»-2011

Elmi redaktor: texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
F.Ə.Namazov

Rəy verənlər: Azərbaycan Respublikasının Əməkdar Mühəndisi, texnika elmləri doktoru, professor **H.Y.Quliyev**; texnika elmləri doktoru, professor **B.M.Bağırrov**; texnika elmləri doktoru, professor **H.K.Fətəliyev**; texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent **M.H.Jəfərov**

Q.B.Məmmədov, Q.M.Allahverliyeva

İstilik və soyutma texnikası. - Bakı: Elm, 2011. - 492 s.
(Dörslik)

Kitabda istilik və soyutma texnikası hissələri geniş izah olunur. İstilik texnikası hissəsində texniki termodinamikada, qaz və buxar halının termodinamik proses zamanı nejə dəyişdiyi və istilik enercisindən birbaşa istifadə edərək jisimlərin mexaniki, kimyəvi və fiziki xassələrini dəyişmək, onları əritmək, buxarlandırmacıq, dondurmaq və quruluşunu dəyişdirmək kimi proseslər dərindən təllil edilir. Jisimlər arasında baş verən istilik mübadiləsi qanunları öyrənilir. Soyutma texnikası hissəsində soyuduju maşınların konstruksiyaları, işçi prosesləri və hesabat üsulları verilmişdir. Soyuduju aparatlar, qurğular və məişət soyudujularının quruluşu, işi və texniki xarakteristikaları geniş izah olunur. Xarakterik soyuduju qurğuların avtomatlaşdırılması, məişət soyudujularında baş verən nasazlıqlar və onların aradan qaldırılması yolları ətraflı təhlil edilmişdir.

Dörslikdən aqrar mühəndislik və qida məhsullarının emalı texnologiyası istiqamətində təhsil alan tələbələr, elejə də bu sahədə çalışın mühəndis, mütəxəssis və elmi işçilər istifadə edə bilərlər.

GİRİŞ

Qida və qidalanmaq hər bin insanın həyatında aparıcı yer tutur. Qidalanmaq insan sağlamlığı üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Əhalinin müasir qidalanma nəzəriyyəsi yeni nəsil qida məhsullarının yaradılmasına tam fərqli yanaşmanı tələb edir. Çünkü hazırkı texnologiyalarla istehsal edilən məhsullar artıq dərəjədə emal olunduğundan bioloji aktiv maddələrin çox hissəsini itirir. Bundan başqa, günü-gündən pisləşən ekoloci durum, streslərlə dolu həyat ritmi insanların immunitetinin aşağı düşməsinə və ömürlərinin azalmasına səbəb olur.

Dünya ərzaq və kənd təsərrüfatı təşkilatının (FAO) məlumatına görə 1950-1985-ci illərdə ərzaq istehsalının illik artımı 30 mln. ton, 1985-1995-ci illərdə 12 mln. ton təşkil edirsə, 2030-ju ilədək bu göstəriji jəmi 9 mln. ton səviyyəsində olacaqdır. Dünya əhalisinin illik artımının 80 mln. nəfər olmasını nəzərə alsaq əhalinin ərzaq çatışmamazlığı aydın görünür. Yer kürəsində 2 mlrd. çox insan düzgün qidalanır. Bu da mikronutriyentlərin çatışmamazlığına səbəb olur.

Buna görə də məhsul istehsalının bütün sahələrinin qarşıında duran əsas məsələ insanların təhlükəsizliyini təmin edən, yüksək keyfiyyətli və yüksək istehlak xüsusiyətlərinə malik ərzaqların istehsalıdır. Çünkü keyfiyyət və assortiment əhalinin sağlamlığının təminatıdır.

Bunları nəzərə alan ölkə rəhbərliyi 2008-2015-ci illərdə Azərbaycan Respublikasında əhalinin ərzaq məhsulları ilə etibarlı təminatına dair Dövlət Programı qəbul etmişdir.

Qida insanı xariji mühitlə əlaqələndirən ən mühüm amildir. Ərzaq xammalının və qida məhsullarının təhlükəsizliyinin təmin edilməsi əhalinin sağlamlığını müəyyən edən və genefondunu qoruyan əsas şərtlərdəndir.

Qida problemi bəşəriyyətin qarşısında duran əsas və ən vajib problemlərdən biridir. Oksigendən başqa hər şeyi insan qida və-sitəsilə alır. Qida istehsali sənayesi qarşısında duran əsas məsələlərdən biri də insanları ekoloci təmiz və təhlükəsiz emal edilmiş məhsullarla təmin etməkdir. Bu məsələləri həll etmək

üçün proseslərin intensifikasiyası, yeni nəsil avadanlığın konstruksiyası və elm və texnikanın nailiyyətlərindən istifadə edərək itkisiz istehsalın təşkili vajibdir.

Qida məhsullarının istehsalında istilik və soyutma texnikasından geniş istifadə edilir. Ölkəmizin xalq təsərrüfatının sürətli inkişafı və əhalinin artmaqdə olan tələbatın ödənilməsi külli miqdarda energi tələb edir.

Təbiətdə energi ehtiyatı müxtəlif yanajaq yataqlarının, suyun, küləyin, günəşin energisi və nüvə energisi şəklində mövjuddur. Müasir texnikanın səviyyəsinə uyğun olaraq və iqtisadi mülahizələrə görə yuxarıda göstərilən təbii energilərdən ən çox istifadə olunanı yanajağın (kömür, neft, qaz, torf, slans) kimyəvi energisi və axar suyun energisidir.

Hal-hazırda dünyada tələb olunan elektrik energisinin əsasını istilik-elektrik stansiyaları hasil edir.

Atom və nüvə energisindən istifadə olunması sahəsində geniş elmi işlər aparılır. Güjü 5000 kWt olan birinci atom elektrik stansiyası keçmiş SSRİ-də tikilmiş və 1954-jü ildə istismara verilmişdir. Dünyada olan atom elektrik stansiyalarının güjü 1000000 kWt-a qədərdir.

Təbii energi ehtiyatından istifadə etdikdə energini elə şəkildə almağa çalışırlar ki, onun istifadə edilməsi asan olsun. Məssələn, yanajağı yandıraraq istilik energisi hasil edirlər (yanma prosesində-anı oksidləşmə prosesində-yanajağın kimyəvi energisi istilik energisini çevirilir).

Ərzaq məhsullarının uzun müddət saxlanması və müxtəlif növ ərzaqların istehsalında soyutmadan istifadə olunur. Bir çox məhsulların özünün keyfiyyət göstərijilərinin müddətli saxlanması adı soyuq şəraitdə mümkün olmur, çünkü ayrı-ayrı məhsulların özlərinin saxlanma temperaturları vardır. Həmin temperaturları isə adı şəraitdə almaq mümkün olmur. Ona görə də belə temperaturlar soyutma texnikası vasitəsilə yerinə yetirilir.

I HİSSƏ. İSTİLİK TEKNİKASI



İstilik texnikası və onun ikişaf tarixi

İstilik energisindən həm texnikada, həm də məişətdə geniş istifadə edilir. İstilik energisindən əsasən iki məqsəd üçün istifadə edilir:

- 1) mexaniki energci hasil etmək üçün;
- 2) müxtəlif jismlərin xassələrini istənilən istiqamətdə dəyişmək üçün.

Maşınları, dəzgahları, traktorları, avtomobiləri, təyyarələri və s. hərəkətə gətirmək üçün mexaniki energidən istifadə edilir. Mexaniki energini, istilik energisini mexaniki energiyə çevirən mühərriklər hasil edir. Elektrik energisi hasil edən istilik stansiyalarında yanajağın kimyəvi energisi istilik energisinə (yanmada), istilik energisi mexaniki energiyə (xüsusi mühərrikdə), mexaniki energci isə elektrik energisinə (elektrik generatorunda) çevrilir.

İstilik energisinin mexaniki energiyə (istiliyin işə) və əksinə, çevrilmə proseslərini öyrənən fənnə texniki termodinamika deyilir. Texniki termodinamikada, qaz və buxar halının termodinamik proses zamanı nejə dəyişdiyi dərindən tədqiq edilməlidir. Qazların xassələri buxarların xassələrindən fərqlənir. Belə ki, qazlar onları xarakterizə edən parametrləri dəyişdikdə öz aqreqat hallarını sabit saxlayır. Buxarlar isə əksinə bu parametrlərin jüzi dəyişməsi ilə aqreqat hallarını dəyişir.

İstilik energisindən birbaşa istifadə edərək jismlərin mexaniki, kimyəvi və fiziki xassələrini dəyişmək, onları əritmək, buxarlandırmaq, dondurmaq və quruluşunu dəyişdirmək mümkündür. Bu proseslərdən həm sənayenin müxtəlif sahələrində, həm də məişətdə geniş istifadə edilir. Jisimlər arasında baş verən istilik mübadiləsi qanunlarını öyrənən fənnə istilikötürmə deyilir. Texniki termodinamika ilə istilikötürmə birlikdə istilik texnikası fənninin nəzəri əsasını təşkil edir.

Texniki termodinamika, istilik texnikası elminin əsas bölmələrindən biri olub, XIX əsrin II yarısından elm şəklində inkişaf etməyə başlamışdır. Bu elmin yaranmasında və inkişafında Klauzius, Renkin, Tseyner və başqa xariji alımlərlə yanaşı rus və keçmiş sovet alımlarının də böyük rolu olmuşdur. Termodynamika elminin əsas müddeəalarını hələ XVIII əsrin ortalarında dahi rus alimi M.V.Lomonosov irəli sürmüştür. O, 1746-jı ildə energinin saxlanması qanununu verərək bunu «Ümumi təbiət qanunu» adlandırmışdır.

1763-1765-jı illərdə İ.I.Polzunov həmin qanuna əsaslanaraq sənaye üçün ilk buxar maşını yaratmışdır. Bu maşın o zaman sənayenin misli görünməmiş dərəjədə inkişaf etməsinə səbəb olmuşdur. İngiltərədə isə ilk buxar maşını yalnız 20 il keçdikdən sonra, 1783-jü ildə Jems Uatt tərəfindən qurulmuşdur.

İ.I.Polzunov yaratmış olduğu buxar maşınınında proseslərin avtomatik tənzim olunması məsələsini tamamilə düzgün həll etmiş və işə yararlı ən yaxşı mühərrrik quraşdırılmışdır.

Buxar mühərrriklərinin inkişaf etdirilməsində xüsusi yer tutan Nicni Tagil zavodunun mexanikləri Y.A. və M.Y.Çerepanovlar 1833-jü ildə ilk dəfə olaraq Rusiyada paravoz yaratmışlar.

1862-jı ildə professor M.V.Okatovun yazdığı «Termodynamika - istiliyin mexaniki nəzəriyyəsi» adlı əsəri bütün dünya mütəxəssislərinin nəzər-diqqətini jəlb etmişdi.

1876-jı ildə professor İ.A.Vişneqradskinin qazların kinetik nəzəriyyəsi və istiliyin mexaniki ekvivalentinə dair nəşr etdirdiyi əsəri Paris Akademiyasının diqqət mərkəzində olmuşdur.

D.İ.Mendeleyev 1861-jı ildə hər bir maye üçün böhran temperaturu olduğunu müəyyən etmiş və bunu qaynamanın mütləq temperaturu adlandırmışdır. Rus alımlarindən M.P.Avenarius, Qolitsın, A.Q.Stoletov, A.Nadecdin, Doqayevski və b. 1870-1890-jı illərdə maddənin kritik halı haqqında böyük nəzəri və təjrubi tədqiqat işləri aparmışlar. Professor N.N.Pirogovun qazların kinetik nəzəriyyəsinə dair professor N.K.Şillerin termodynamikanın əsas qanunlarının analizinə dair,

habelə keçmiş SSRİ EA-nın müxbir üzvü A.A.Radtsiqin buxarların termodinamikasına dair apardığı tədqiqat işləri diqqətəlayiqdir.

I BÖLMƏ

TEXNİKİ TERMODİNAMİKA

I FƏSİL HAL PARAMETRLƏRİ VƏ HAL TƏNLİKLƏRİ

İstiliyin mexaniki işə çevrilməsində köməkçi vasitə rolunu oynayan qazların, yəni işçi jisimlərin halı üç əsas kəmiyyətlə: mütləq təzyiq, temperatur və xüsusi həjmlə təyin edilir.

Həmin kəmiyyətlərin qiyməti işçi jismin istilik verməsi və ya udulması ilə əlaqədar olaraq dəyişir və o bir haldan başqa hala keçir.

1.1. Təzyiq

Qazların təzyiqi qaz molekulalarının qabın divarına vurduğu zərbələrin sayı ilə ölçülür. Qazların kinetik nəzəriyyəsinə görə qazın təzyiqi ədədi qiymətjə vahid həjmdəki molekulların irəliləmə hərəkətinin kinetik energisinin 23-nə bərabərdir.

Beynəlxalq ölçü vahidləri sistemi olan SI sistemində təzyiqin ölçü vahidi Paskal (Pa) götürülür. $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

$$1 \text{ MPa} = 10^3 \text{ kPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

Texnikada təzyiq $\frac{kQ}{m^2}$ və ya $\frac{kQ}{sm^2}$ ilə ölçülür. $1 \frac{kQ}{sm^2}$ -a texniki atmosfer də deyilir.

$$1 \text{ tex. atm.} = 1 \frac{kQ}{sm^2} = 10000 \frac{kQ}{m^2} \text{ olur;}$$

$$1 \text{ kQ} = 9,8 \text{ N.}$$

Texniki atmosfer şərti olaraq *at* şəklində göstərilir. Fizikada bir atmosfer təzyiqi dedikdə, 45° -lik joğrafi en dairəsində və dəniz səviyyəsində 0°J temperaturda 760 mm jivə süt təzyiqinə uyğun gələn havanın təzyiqi nəzərdə tutulur. Bu təzyiq $1 \text{ fiz.atm} = 1,03325 \frac{kQ}{sm^2} = 1,03325 \text{ tex.atm.} = 760 \text{ mm.j.süt.}$

Onda:

$$1 \text{ tex. atm.} = \frac{760}{1,03325} = 735,6 \text{ mm.c.süt.}$$

Sİ vahidlər sistemində təzyiq vahidi olaraq 1 Nyuton qüvvənin 1 m^2 səthə normal istiqamətdə etdiyi təzyiq qəbul edilmişdir.

$$1kQ=9,8 \text{ N} \text{ olduğundan } 1 \frac{kQ}{m^2} = 9,8 \frac{N}{m^2} \text{ olar.}$$

Deməli:

$$1 \text{ tex. atm.} = 9,8 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2};$$

$$1 \text{ fiz. atm.} = 1,03325 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2} \approx 101325 \frac{N}{m^2}.$$

Təzyiqi ölçmək üçün manometr, vakuummetr və barometrlərdən istifadə olunur. Barometrlər- atmosfer təzyiqini, manometrlər- atmosfer təzyiqindən yüksək təzyiqləri, vakuummetrlər isə atmosfer təzyiqindən aşağı təzyiqləri ölçmək üçündür. Ona görə də atmosfer təzyiqinə bəzən barometrik təzyiq, seyrəkləşmiş qazların təzyiqinə vakuummetrik təzyiq, atmosfer təzyiqindən yüksək olan təzyiqlərə isə manometrik (izafî) təzyiq deyirlər.

Manometrlərin quruluşu və işləmə prinsipi çox müxtəlif olduğuna baxmayaraq onlar bütün hallarda ölçülən təzyiqin - mütləq təzyiqin ($p_{müt}$) barometrik təzyiqdən (p_{bar}) nə qədər çox olduğunu göstərir, yəni:

$$p_{müt} = p_{bar} + p_{man}. \quad (1.1)$$

Deməli, qazın mütləq təzyiqi izafî təzyiqlə (manometrik) atmosfer təzyiqinin (barometrik) jəminə bərabərdir.

Bunu 1-jı şəkildə göstərilən rezervuara birləşdirilmiş manometrlə müəyyən etmək olar.

Fərz edək ki, rezervuardakı qazın təzyiqi atmosfer təzyiqindən çoxdur. Onda rezervuarı vakuummetrlə birləşdirdikdə şəkil 1.1-də göstərilən vəziyyət alıñar. Yəni, vakuummetrin rezervuar tərəfdəki qolunda jivənin səviyyəsi aşağı düşür, o biri tərəfdə isə qalxar. Bu iki qoldakı jivə sütunu səviyyələrinin fərqi izafidir.

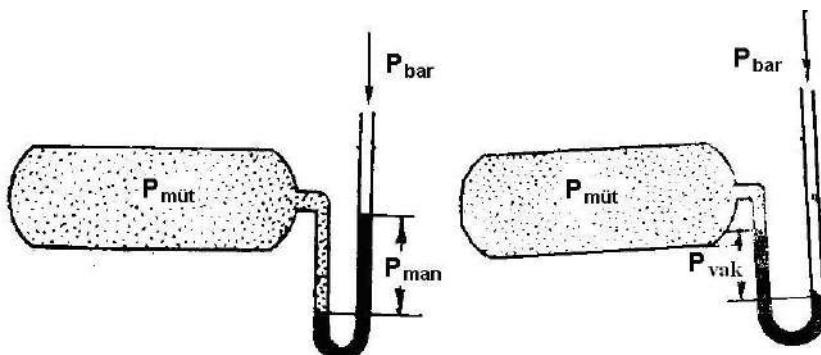
təzyi-qı verər.

Vakuummetrik təzyiq, atmosfer təzyiqinin seyrəkləşmiş qazın mütləq təzyiqindən nə qədər çox olduğunu göstərdiyindən

$$P_{məm} = P_{bar} - P_{vak} \quad (1.2)$$

olar.

Başqa sözlə, seyrəkləşmiş qazın mütləq təzyiqi barometrik təzyiqlə vakuummetrik təzyiqin fərqiనə bərabərdir. Fərz edək ki, şəkil 1.2-də göstərilmiş rezervuardakı təzyiq atmosfer təzyiqindən azdır. Onda rezervuardakı mütləq təzyiqi təyin etmək üçün jihazın göstərdiyi təzyiqi atmosfer təzyiqindən çıxməq lazımdır.



Şək.1.1.Rezervuardakı qazın
təzyiqi atmosfer təzyiqindən
az
çox olduqda

Şək.1.2. Rezervuardakı qazın
təzyiqi atmosfer təzyiqindən
oduqda

Sonralar nəzərdən keçirəjəyimiz bütün termodinamik düsturlarda iştirak edən təzyiq mütləq təzyiqdir; bu təzyiqin atmosferlərlə ifadəsi şərti olaraq *ata* şəklində yazılır. Jihazların göstərdiyi təzyiq isə şərti olaraq *atu* şəklində yazılır. Məsələn, manometr 15 *atu* göstərirse, mütləq təzyiq 16 *ata* olur.

1.2. Temperatur

Temperatur jismin qızma dərəjəsini xarakterizə edir. Müxtəlif temperaturlu iki jismi bir-birinə yaxınlaşdırıldığda

temperaturu yüksək olan jisimdən, temperaturu ona nəzərən aşağı olan jismə istilik energisi axır və bu hal həmin jisimlərin temperaturları bərabərləşənə qədər davam edir. Bu halda həmin iki jismə tarazlıq istilik halında, başqa sözlə, istilik tarazlığında olan jisimlər deyilir. Deməli, istilik energisi selinin istiqaməti və jisimlərin istilik tarazlığına yaxın olub-olmaması onların temperaturuna və temperaturlar fərqiనə görə müəyyən edilir.

Jisimlərin temperaturu Selsi və mütləq temperatur şkalaları ilə müəyyən edilə bilər.

Jisimlərin Selsi temperatur şkalası üzrə, bir fiziki atmosfer təzyiqi altında təmiz su buzunun ərimə temperaturu 0°J , normal təzyiq altında suyun qaynama temperaturu isə 100°J qəbul edilir. Beləliklə, Selsi temperatur vahidi olaraq qəbul edilmiş 1°J , "0" bölgüsü normal təzyiqdə əriyən buzun və "100" bölgüsü normal təzyiqdə qaynayan suyun temperaturunu göstərən beynəlxalq yüz dərəjəli temperatur şkalasının 1100 -nə deyilir. Jismin temperaturu jivəli və spirtli termometrlərlə, termojütlərlə, müqavimətli termometrlərlə və s. təyin edilir.

İki jismin bir-biri ilə istilik tarazlığında olması onların temperaturlarının və molekullarının irəliləmə hərəkətinin orta kinetik energisinin bərabər olması deməkdir. Deməli, jismin temperaturu ilə onun molekullarının orta kinetik energisi mütənasibdir.

Mütləq temperatur, qaz molekullarının irəliləmə hərəkətinin orta kinetik energisi ilə mütənasib olur. Mütləq temperatur, qaz molekullarının istilik hərəkəti dayandıqda sıfır olmalıdır. Mütləq temperaturun bu sərhəd qiymətinə mütləq sıfır deyilir və temperaturu hesablamak üçün hesablama başlangıcı qəbul edilir.

Mütləq temperatur mütləq sıfırdan hesablaşdırıldığından həmişə müsbət ədəddir. Selsi temperatur şkalası üzrə temperatur müsbət və ya mənfi ola bilər.

Mütləq temperatur şkalasından istifadə etməklə temperaturun qiymətini müəyyən etdikdə şərtlik yox edilir və hesablama başlangıcının seçilmiş termometrik maddənin fiziki xassəsindən asılı olması zərurəti aradan qalxır.

Jismin mütləq temperaturu qaz termometri ilə ölçülə bilər. Gey-Lüssak qanununa əsasən göstərmək olar ki, ideal qaz termometri üçün hesablama başlangıç rolunu oynayan nöqtə yüz dərəjəli şkalanın “0” bölgüsündən $273,16^{\circ}\text{J}$ aşağı olur. Hidrogen termometri şkalası ideal qaz şkalasından çox jüzi fərqlənir. Mütləq temperatur bu şkalanı müəyyən edən inglis fiziki Kelvinin (Tomson) şərəfinə $T^{\circ}\text{K}$ ilə, Selsi temperaturu isə $t^{\circ}\text{J}$ ilə göstərilir. Bunlar arasındaki əlaqə

$$T = t + 273,16.$$

Yaxud təxmini olaraq

$$T = t + 273 \quad (1.3)$$

şəklində yazılır.

Bu münasibətdən görünür ki, $0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{J}$ və $0^{\circ}\text{J} = 273^{\circ}\text{K}$ dir.

Texniki ölçmələrdə Selsi temperatur şkalasından və hesabatlarda isə mütləq temperaturdan istifadə edilir.

Hazırda temperaturun ölçü vahidi olaraq XI “Beynəlxalq ölçü və çəki vahidləri” konqresi tərəfindən Kelvin dərəjəsi qəbul edilmişdir.

1.3. Xüsusi həjm

Texniki termodinamikada üç növ həjmdən istifadə edilir.

Qazın bir kilogramının həjminə xüsusi həjm deyilir. Xüsusi həjmi v ilə işarə etsək

$$v = \frac{V}{G}, \quad \frac{m^3}{kg}, \quad (1.4)$$

burada V - qazın mütləq həjmi;

G - qazın kütləsidir.

İxtiyari miqdarda qazın malik olduğu həjmə mütləq həjm deyilir

$$V = G \cdot v, \quad m^3.$$

(1.5)

1 mol qazın həjminə mol həjm deyilir

$$V_\mu = \mu \cdot v, \quad \frac{m^3}{kmol}, \quad (1.6)$$

burada μ - qazın molekul kütləsidir, $\frac{kq}{kmol}$.

Bəzi hallarda qazın halını xarakterizə edən əsas hal parametri kimi sıxlıq götürülür. Sıxlığı ρ ilə işarə etsək belə yazmaq olar:

$$\rho = \frac{G}{V}, \quad (1.7)$$

burada G - qazın kütləsi.

Texnikada sıxlığın ölçü vahidi kqm^3 -dir. Bu vahid SI sistemində də belədir.

Beləliklə, xüsusü həjm və sıxlıq arasında müəyyən əlaqə olduğundan onlardan hər birindən qazın hal parametri kimi istifadə etmək olar.

1.4. İdeal qazlar üçün hal tənliyi

Elastik molekullardan ibarət olub, molekulları arasında jazi-bə qüvvəsi olmayan və molekulların həjmi molekullar arasında qalan fəzanın həjminə nəzərən əhəmiyyətsiz dərəjədə kiçik olan, başqa sözlə, molekullarına maddi nöqtə kimi baxmaq mümkün olan qaza ideal qaz deyilir. Belə bir qaz həqiqətdə yoxdur. Lakin bu jür anlayışdan istifadə etməklə qazların kinetik nəzəriyyəsinə əsasən bir sıra məsələləri asanlıqla həll etmək, qaz halını xarakterizə edən hal parametrləri arasında sadə münasibətlər əldə etmək olur.

Təjrübələr göstərir ki, real qazların xassələri, onların temperaturu artdıqja və təzyiqi azaldıqja ideal qaz xassələrinə yaxınlaşır və əksinə, temperaturu azaldıqja və təzyiq artdıqja real qazların xassələri ideal qazların xassələrindən daha çox fərqlənir. Bunu əsas tutaraq real qazlarda, xüsusü şərtlər daxilində ideal qazlar üçün alınan nəzəri mülahizələri tətbiq etmək olar.

Qazların molekulyar kinetik nəzəriyyəsinə görə vahid həjmdəki qazın təzyiqi ədədi qiymətjə molekulların irəliləmə

hərəkətinin kinetik enerjisini 23 – nə bərabərdir, yəni

$$p = \frac{2}{3} \frac{n}{V} \cdot \frac{m\omega^2}{2},$$

(1.8)

burada p - qazın mütləq təzyiqi;

n -vahid həjmdəki molekulların sayı;

m -molekulların kütləsi;

V - qazın xüsusi həjmi;

ω -molekulların irəliləmə hərəkətinin orta kvadratik sürəti;

$\frac{m\omega^2}{2}$ - molekulların orta kinetik enerjisidir.

$$\frac{m\omega^2}{2} = BT,$$

(1.9)

burada T – mütləq temperatur;

B – mütənasiblik əmsalıdır.

Onda

$$PV = \frac{2}{3} BT.$$

(1.10)

Bu düsturu qazın iki halı üçün alırıq

$$P_1 V_1 = \frac{2}{3} n B T_1$$

(1.11)

$$P_2 V_2 = \frac{2}{3} n B T_2$$

(1.12)

Bu ifadələri tərəf-tərəfə bölsək alırıq

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}.$$

(1.13)

Bu ifadə göstərir ki, tarazlıq halında olan istənilən qazın xüsusi həsminin mütləq təzyiqə hasilinin qazın mütləq tempe-

raturuna olan nisbəti sabitdir.

$$\frac{PV}{T} = const$$

Bir kilogram qaza aid olunan sabit kəmiyyət R hərfi ilə işarə olunur və qaz sabiti adlanır

$$\frac{PV}{T} = R \quad \frac{Coul}{kqK},$$

və yaxud

$$PV = RT.$$

(1.14)

Bu düstur 1 kq ideal qaz üçün hal tənliyi adlanır. 1834-jü ildə Klapeyron tərəfindən çıxarıldığı üçün onun adını daşııur.

İxtiari miqdarda yaxud G kq qaz üçün hal tənliyi çıxarmaq üçün (1.14) düsturunun hər iki tərəfini $G - \vartheta$ vursaq

$$PGv = GRT$$

$$Gv = V$$
 olduğu üçün

$$PV = GRT$$

olur.

1 mol qaz üçün hal tənliyi çıxarmaq üçün (1.14) düsturunun hər ükü tərəfi $\mu - \vartheta$ vurulur

$$P\mu v = \mu RT$$

$$\mu v = V_\mu$$
 olduğu üçün

$$PV_\mu = \mu RT$$

(1.15)

μR -universal qaz sabiti adlanır və

$$\mu R = 8314 \frac{Coul}{kmol \cdot K}$$

(1.15) düsturu eyni zamanda 1 mol qaz üçün Klapeyron-Mendeleyev tənliyi adlanır.

μR -in ədədi qiymətini tapmaq üçün normal fiziki şəraitdə $P=101325 Pa$, $T=273 K$ və $V\mu = 22,4 m^3 kmol$ olduğunu nəzərə alsaq

$$\mu R = \frac{PV_\mu}{T} = \frac{101325 \cdot 22,4}{273} = 8314 \frac{\text{Coul}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

M mol qaz üçün hal tənliyi çıxarmaq üçün (1.15) düsturunun hər iki tərəfini M -ə vursaq alırıq

$$PMV_\mu = M\mu RT$$

$$MV_\mu = V$$

$$PV = M\mu RT,$$

burada M -qazın mol sayıdır.

1.5. İdeal qaz qanunları

1.5.1. Boyl-Mariott qanunu. Bu qanun hələ molekulyar kinetik nəzəriyyə meydana geldikdən çox əvvəl təjrübi faktların ümumiləşdirilmiş nətijəsi kimi məlum idi. Lakin bu qanunu bilavasitə qazların kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyindən almaq olar.

$$pV = \frac{2}{3}NaT. \quad (1.16)$$

Həmin düsturun sağ tərəfi $T=const$ olduğundan

$$pV = const \quad (1.17)$$

alınır. Yəni, verilmiş qaz kütləsi üçün qazın temperaturu dəyişmədikdə onun təzyiqi ilə həjminin hasili sabit kəmiyyətdir.

1.5.2. Gey-Lüssak qanunu. Gey-Lüssak qanunu sabit təzyiqdə gedən prosesə aiddir. Ona görə də (1.16) düsturunda $p=const$ olduğunu nəzərə alsaq

$$\frac{V}{T} = \frac{2}{3} \frac{Na}{P} = const \quad (1.18)$$

alınar. Yəni sabit təzyiqdə verilmiş qaz kütləsinin həjmi onun mütləq temperaturu ilə düz mütənasibdir. (1.18) düsturunu 1 kQ qaz üçün yazsaq

$$\frac{B}{T} = const \quad (1.19)$$

və (1.6) düsturunu nəzərə alsaq

$$\gamma \cdot T = \text{const} \quad (1.20)$$

olar. Yəni, qazın xüsusi çökisinin onun mütləq temperaturuna hasili verilmiş qaz kütləsi üçün sabit kəmiyyətdir.

1.5.3. Şərl qanunu. (1.16) düsturundan $V=jonst$ qəbul et-sək, N və a kəmiyyətləri də sabit olduğundan

$$\frac{P}{T} = \text{const} \quad (1.21)$$

alıraq. Yəni, sabit həjmdə verilmiş qaz kütləsinin təzyiqi onun mütləq temperaturu ilə düz mütənasibdir.

1.5.4. Avoqadro qanunu. Qazların kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyindən istifadə edərək göstərmək olar ki, eyni şəraitdə və bərabər həjmlərdə olan qazların molekullarının sayı da bərabər olur. Buna Avoqadro qanunu deyilir. Doğrudan da (1.16) düsturundan göründüyü kimi, iki ixtiyari müxtəlif qaz üçün pV və T eyni olduqda N də eyni olur. (1.16) düsturunu bu qazlardan biri üçün

$$p_1 V_1 = \frac{2}{3} N_1 a T_1 = \text{const}, \quad (1.22)$$

o biri üçün

$$p_2 V_2 = \frac{2}{3} N_2 a T_2 = \text{const} \quad (1.23)$$

şəklində yazmaq olar.

(1.22) və (1.23) düsturlarından görünür ki, $p_1=p_2$; $V_1=V_2$; $T_1=T_2$ olduqda

$$N_1 = N_2$$

olur.

(1.22) və (1.23) düsturlarında $p_1=p_2$; $T_1=T_2$ olduqda

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

və ya

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \quad (1.24)$$

olur. Burada γ_1 və γ_2 uyğun olaraq 1-jı və 2-jı qazların xüsusi çəkiləri, μ_1 və μ_2 isə onların molekulyar çəkiləridir.

(1.24) düsturunu xüsusi həjmlərlə yazsaq

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$

və ya

$$V_1\mu_1 = V_2\mu_2 \quad (1.25)$$

olur. Yəni, eyni fiziki şəraitdə götürülmüş qazların xüsusi həjm-lərinin molekulyar çəkilərinə olan hasili qazın təbiətindən asılı olmayıb bütün qazlar üçün eynidir. Beləliklə,

$$V\mu = \text{const} \quad (1.26)$$

olur. Burada $V\mu$ hasili, çəkisi kiloqramlarla ifadə olunduqda molekulyar çəki qədər olan qazın həjmidir.

Qazın bu çəkisinə, başqa sözlə molekulyar çəkinin kiloqramlarla ifadəsinə, qrammol və ya sadəcə mol deyilir. Onda $V\mu$ hasili bir mol qazın həjmi olur.

Beləliklə, (1.26) düsturuna əsasən demək olar ki, eyni temperatur və təzyiqdə olan ideal qazların həjmi qazların təbiətindən asılı olmayıb, onların temperatur və təzyiqinə görə təyin edilir.

(1.26) düsturundan istifadə edərək müxtəlif fiziki şəraitdə götürülmüş qazın bir qrammolumun həjmini təyin etmək olar.

Normal fiziki şəraitdə, yəni $P = 1,033 \frac{kQ}{sm^2}$ və $t=0^\circ J$ və ya

$T=273^\circ K$ olduqda bir mol qazın həjmi $22,4 \text{ m}^3$, texniki normal şəraitdə isə, yəni $P = 98100 \frac{kQ}{m^2}$ və $t=15^\circ J$ və ya $T=288^\circ K$ olduqda bir mol qazın həjmi $24,4 \text{ m}^3$ olur.

Məsələn, hidrogenin $0^\circ J$ temperaturda və $1,033 \frac{kQ}{sm^2}$ təzyiqdə xüsusi çəkisi $\gamma = 0,09 \frac{kQ}{m^3}$ -dir. Hidrogenin molekulyar çəkisi isə $\mu=2,016$ -dır. Onda hidrogenin bir molunun həjmini V_μ ilə işarə etsək, (1.26) düsturuna görə

$$V_\mu = \nu\mu = \frac{\mu}{\gamma} = \frac{2,016}{0,09} = 22,4 \text{ m}^3.$$

Buradan

$$\gamma = \frac{\mu}{22,4}. \quad (1.27)$$

(1.27) düsturundan istifadə edərək müxtəlif qazların xüsusi çəkilərini onların molekulyar çəkilərinə görə təyin etmək olar.

(1.16) düsturundakı α sabiti bütün qazlar üçün eyni olub, qiymətjə $\frac{1}{273}$ -ə bərabər olduğundan həmin düsturda

$$p = 1,033 \frac{kQ}{sm^2}; \quad V = V_\mu = 22,4 \frac{1}{mol}; \quad T = 273^\circ K$$

götürdükdə alırıq

$$N = N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{mol}. \quad (1.28)$$

Bu ədədə Avoqadro ədədi deyilir. Deməli, normal fiziki şəraitdə götürülmüş müxtəlif qazların bir molunda olan molekulların sayı bir-birinə bərabər olub, qiymətjə $6,02 \cdot 10^{23}$ -dür.

1.6. Qaz qarışıqları

Texnikada çox vaxt qazların qarışığına bir-birinə kimyəvi təsir etməyən mexaniki qarışq kimi baxırlar. Qarışığı təşkil edən müxtəlif qazlar-komponentlər qarışığın tərkibində özlərini sərbəst aparır, hər bir komponent ayrılıqda bütün qarışığın həjmini tutur və qarışığın temperaturunda olur. Belə qaz qarışığı ideal qaz qanunlarına tabe olur.

1.6.1. Dalton qanunu. Qaz qarışığını təşkil edən qazlar onun komponentləri adlanır. Ayrı-ayrılıqda komponentlərin qaz qarışığının temperaturunda, onun həjmini tutduqda göstərdikləri təzyiq parsial təzyiq adlanır.

Təjrübə əsasında Dalton təyin etmişdir ki, qaz qarışığının təzyiqi, qarışığı təşkil edən ayrı-ayrı qazların parsial

təzyiqlərinin jəminə bərabərdir, yəni:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = \sum_{k=1}^{k=n} p_k, \quad (1.29)$$

burada p_k - qaz qarışığını təşkil edən k -jı qazın parsial təzyiqidir.

Həmin düsturu qazların kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyinə əsasən də ala bilərik. Qarışığın təşkil edən ayrı-ayrı qazlar üçün (1.14) düsturunu yazsaq:

$$p_1 V = \frac{2}{3} E_1;$$

$$p_2 V = \frac{2}{3} E_2;$$

.....

.....

$$p_n V = \frac{2}{3} E_n.$$

Bu bərabərlikləri tərəf-tərəfə topladıqda

$$(p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n) V = \frac{2}{3} (E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n). \quad (1.30)$$

Qaz qarışıqlarının ümumi energisini E ilə, təzyiqini p ilə işarə etsək, qarışiq üçün əsas tənlik aşağıdakı kimi olar

$$p V = \frac{2}{3} E. \quad (1.31)$$

Enercinin saxlanması qanununa görə

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n \quad (1.32)$$

olduğundan (1.30) və (1.31) düsturunun müqayisəsindən (1.33) düsturunu alarıq. n - komponentlərin sayıdır.

1.6.2. Qaz qarışığının kütlə hissəsi və həjm hissələri ilə verilməsi. Qaz qarışığının kütləsi, onun komponentlərinin kütlələrinin jəminə bərabərdir, yəni:

$$G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n = \sum_1^n G_k .$$

(1.33)

Ayrı-ayrı komponentlərin kütlələrinin qaz qarışığının kütləsinə olan nisbəti kütlə hissəsi adlanıb, g_k ilə işarə olunur:

$$g_k = \frac{G_k}{G} .$$

(1.34)

Onda

$$\sum_1^n g_k = \frac{\sum_1^n G_k}{G} = \frac{G_1 + G_2 + \dots + G_n}{G} = \frac{G}{G} = 1$$

və yaxud

$$\sum_1^n g_k = 1 .$$

(1.35)

Deməli, qarışığın komponentlərinin kütlə hissələrinin jəmi vahidə bərabərdir.

Amaq qanuna əsasən qaz qarışığının həjmi qarışığının təşkil edən komponentlərin parsial həjmlərinin jəminə bərabərdir, yəni

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \sum_{k=1}^{k=n} V_k$$

Komponentlərin qarışığının təzyiqinə və temperaturuna uyğun olan həjmləri parsial həjm adlanır. Bu V_k ilə işarə olunur.

Komponentlərin həjm hissəsini tapmaq üçün parsial həjmi qarışığının həjminə bölmək lazımdır, yəni:

$$r_k = \frac{V_k}{V} ,$$

(1.36)

burada r_k - hər hansı komponentin gətirilmiş həjm hissəsi;

V_k - komponentin parsial həjmi;

V - qarışığın həjmidir.

Onda

$$\sum_{k=1}^{k=n} r_k = \frac{\sum V_k}{V} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n}{V} = \frac{V}{V} = 1$$

və yaxud

$$\sum_{k=1}^{k=n} r_k = 1$$

yəni komponentlərin həjm hissələrinin jəmi vahidə bərabərdir.

Kütlə hissələri ilə həjm hissələri arasında müəyyən əlaqə vardır. Qarışıqlı təşkil edən hər hansı qaz komponenti üçün

$$g_k = \frac{G_k}{G}$$

olduğundan, xüsusi çəki düsturundan istifadə edərək

$$g_k = \frac{G_k}{G} = \frac{\gamma_k \cdot V_k}{\gamma \cdot V} = \frac{\mu_k}{\mu} r_k \quad (1.36')$$

və

$$\frac{\mu_k}{\mu} = \frac{R}{R_k}$$

düsturuna əsasən alarıq

$$r_k = g_k \frac{R_k}{R} . \quad (1.36'')$$

Burada γ və γ_k eyni temperatur və təzyiqdə götürülür. Beləliklə, qaz qarışıqlı üçün qaz sabitini və molekul kütləsini də təyin etmək olar. (1.36'') düsturunu bütün qarışq üçün yazsaq

$$\sum_1^n r_k = \frac{\sum_1^n g_k R_k}{R} = 1$$

və ya

$$R = \sum_1^n g_k R_k ;$$

$$R_k = \frac{8314}{\mu_k}$$

olduğunu nəzərə alsaq

$$R = 8314 \sum \frac{g_k}{\mu_k}.$$

Beləliklə, qarışığın orta molekulyar çekisi aşağıdakı kimi olur.

$$\bar{\mu} = \frac{8314}{R} = \frac{8314}{\sum g_k R_k} = \frac{1}{\sum \frac{g_k}{\mu_k}} . \quad (1.37)$$

(1.37) düsturundan istifadə edərək qarışığın orta molekul kütləsini təyin etmək olar.

(1.36') düsturunu qarışiqda iştirak edən bütün qazlar üçün yazsaq

$$\sum_1^n g_k = \frac{\sum_1^n r_k \mu_k}{\mu} = 1.$$

Buradan

$$\mu = \sum_1^n r_k \mu_k = 8314 \sum \frac{r_k}{R_k} .$$

Deməli

$$R = \frac{8314}{\mu} = \frac{8314}{\sum_1^n r_k \mu_k} = \frac{1}{\sum_1^n \frac{r_k}{R_k}} . \quad (1.38)$$

(1.38) düsturundan istifadə edərək qaz qarışığı üçün qaz sabitini hesablamaq olar.

Yoxlama sualları

1. Təzyiq ölçən jihazlar hansılardır? 2. Barometrik təzyiq nəyə deyilir?
3. Manometrik təzyiq nəyə deyilir? 4. Mütləq temperaturla empirik temperatur arasındaki əlaqə nejədir? 5. Xüsusi həjm nədir? 6. Xüsusi çəki nədir? 7. Xüsusi həjmin ölçü vahidi nejədir? 8. Sixlıq nəyə deyilir? 9. Sixlığın ölçü vahidi nejədir? 10. İdeal qazlar hansı qazlara deyilir? 11. Boyle-Mariott qanunu nejə ifadə olunur? 12. Gey-Lüssak qanunu hansı prosesə aiddir? 13. Şarl qanununda hansı kəmiyyət dəyişmir? 14. Avoqadro ədədi nejədir? 15. Universal qaz sabiti nəyə bərabərdir? 16. Parsial təzyiq nəyə deyilir? 17. Dalton qanunu nejə yazılır? 18. Parsial həsm nəyə deyilir?

II FƏSİL
TERMODİNAMİKANIN BİRİNJİ QANUNU VƏ
TƏTBİQİ

2.1. İstilik və işin ekvivalentliyi

Təbiətin əsas qanunu olan termodinamikanın birinci qanunu termodinamik nəzəriyyələrin əsasını təşkil edir. Termodinamik proseslərin tədqiqatında və bu proseslərin energilərinin hesablanmasında həmin qanunun böyük əhəmiyyəti vardır.

Termodinamikanın birinci qanunu-enercinin saxlanması qanununu istilik hadisələrinə tətbiqindən ibarətdir.

Enercinin saxlanması qanununa görə işlə istilik arasında ekvivalentlik vardır və bunlar bir-birinə çevrilə bilər. Bu çevrilmə aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$Q = AL, \quad (2.1)$$

burada Q -işə çevrilən istilik miqdarı;

L -görülən iş;

A -işin termik ekvivalenti olub, k alk Q 'm-ə bərabərdir.

$\frac{1}{A}$ istiliyin mexaniki ekvivalenti olub, $427 \text{ kQm} / \text{kkal} = \text{yə bərabərdir}$. Yəni, 1 kkal istilik əvəzində 427 kQm iş alınır.

Deməli, hər 1 kQm iş $\frac{1}{427} \text{ kkal}$ istilik və hər 1 kkal istilik 427 kQm işə ekvivalentdir. Ona görə $1 \text{ kkal} = 427 \text{ kQm}$ yazmaq olar. Elektrik energisi vahidi olaraq sənayedə $1 \text{ kWt}\cdot\text{saat}$ işlədilir.

$1 \text{ kWt}\cdot\text{saat} = 860 \text{ kkal}$ -dir.

Enercinin ölçü vahidləri jədvəl 2.1-də verilmişdir.

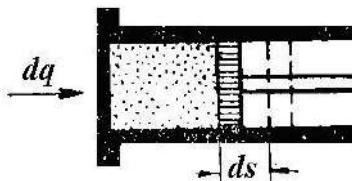
Jədvəl 2.1

Enercinin ölçü vahidləri

Enenrci ölçüsü	kJoul	kkal	kQm	kVt·saat	a.q.saat
kJoul	1	0,2391	102,0	0,000278	0,0003777
kkal	4,1868	1	426,4	0,001161	0,001579
kQm	0,0098	0,002345	1	0,000002723	0,00000374
kVt·saat	3,600	860	367200	1	1,360
a.q.saat	2,648	632,3	270000	0,7358	1

2.2. Termodinamikanın birinji qanununun riyazi ifadəsi

Məlum olduğu kimi, termodinamikanın birinji qanunu istiliyin mexaniki energiyə və əksinə çevrilməsini ifadə edir. Həmin qanun energinin saxlanması nəzəriyyəsinə əsaslanır. İstilik enerjisinin mexaniki energiyə çevrilməsinə dair bir misal göstərək. Tutaq ki, hərəkətedən porşenli bir silindrəki 1 kq qaza jüzi miqdarda (məsələn, dq qədər) istilik verilmişdir (Şək.2.1). Bu istiliyin təsiri ilə silindrin içərisində olan qaz qızajaqdır. Bu qızma nətijəsində qaz molekullarının kinetik energisi artajaq və bunların divarlara vurduqları zərbələrin artması nətijəsində porşen dS məsafəsi qədər hərəkət edəjəkdir. Fərz edək ki, porşenin gördüyü iş dl -ə bərabər olajaqdır. Burada qaz genişləndiyi üçün onun molekulları arasındaki məsafə də artajaqdır ki, bu da molekulların daxili potensial energilərinin dəyişməsinə səbəb olajaqdır.



Şək. 2.1. Hərəkətedən porşenli silindrəki qaza istiliyin verilməsi

Yuxarıdan göründüyü kimi qaza dq istiliyinin verilməsi sayəsində, qaz müəyyən iş gördü və onun daxili energisi du qədər dəyişdi.

Termodinamikanın birinji qanunundan məlumdur ki, bir energi başqa bir energiyə keçdikdə onların arasında müəyyən ekvivalentlik olmalıdır. Belə halda işə verilən istiliyin bir hissəsi qazın daxili energisinin dəyişməsinə, digər hissəsi işə (dl) işin yerinə yetirilməsinə sərf olunajaqdır. Bunları nəzərə alaraq termodinamikanın birinji qanununu aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$dq - du = dl$$

və ya

$$dq = du + dl.$$

Bu termodinamikanın birinci qanununun riyazi ifadəsidir. Təzyiq sabit olduqda qazın gördüyü iş $dl=pdV$ olduğundan termodinamikanın birinci qanununun riyazi ifadəsi aşağıdakı şəkildə də yazıla bilər:

$$dq = du + pdV, \quad (2.2)$$

yəni, sistemə verilən istilik onun daxili energisinin artmasına və xariji qüvvələrə qarşı görülən işə sərf olunur.

Deməli, (2.2) tənliyi termodinamikanın birinci qanununun izobar proses üçün riyazi ifadəsidir.

(2.2) tənliyinin hər bir həddi şəraitdən asılı olaraq müsbət, mənfi və ya sıfır ola bilər. Məsələn, sistemə istilik verilirsə $dq>0$, ondan istilik alınırsa $dq<0$, sistemin daxili energisi artırırsa $du>0$, azalırsa $du<0$, sistem xariji təzyiqə qarşı iş görərək genişlənirsə $dl>0$, sistem üzərində iş görülərək sıxılırsa $dl<0$ olur.

$dq=0$ olursa, yəni sistemə kənardan istilik verilmirsə və o istilik itirmirsə, başqa sözlə sistemlə onu əhatə edən mühit arasında heç bir istilik mübadiləsi yoxdur, onda (2.2) tənliyi aşağıdakı kimi olur

$$dl = -du.$$

Yəni, bu halda anjaq sistemin daxili energisinin azalması hesabına iş görülə bilər. Bu jür prosesə adiabatik proses deyilir. Sistem adiabatik sıxlıqda onun üzərində görülən iş anjaq sistemin daxili energisinin artmasına sərf olur. (2.2) tənliyində $dl=0$ olduqda $dq=du$ olur. Yəni, sistemə verilən istiliyin hamısı onun daxili energisinin artmasına sərf olunur. Çünkü $dl=pdV=0$ və ya $V=\text{const}$ olur. Belə prosesə izoxor prosesi deyilir. (2.2) tənliyində $du=0$ olduqda

$$dq = dl.$$

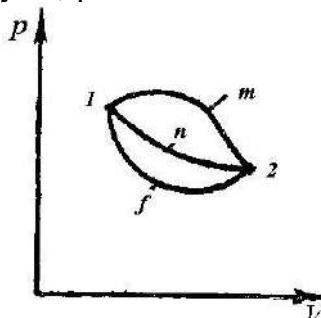
Yəni, bu halda sistemə verilən istilik tamamilə görülən işə sərf olunur və onun daxili energisi heç dəyişmir. Belə prosesə izotermik proses deyilir.

(2.2) tənliyini sistemin hər hansı sonlu dəyişməsi üçün aşağıdakı şəkildə yazmaq olar

$$q = (u_2 - u_1) + l. \quad (2.3)$$

Həmin düsturdan göründüyü kimi, sistemin daxili energisinin dəyişməsi onun prosesin başlangıçında və sonundakı qiymətlərinin fərqi ilə təyin edilir və prosesin xarakterindən asılı deyildir. İşin qiyməti isə prosesin xarakterindən asılı olur.

I işi prosesin xarakterindən asılı olduğundan və jisimə verilən istilik miqdarı, daxili energinin dəyişməsi ilə görülən işin jəbri jəminə bərabər olduğundan, jisimə verilən istilik miqdarı q də prosesin xarakterindən asılı olur. Başqa sözlə, istilik miqdarı da hal funksiyası olmayıb prosesin funksiyasıdır. Dediklərimizi şəkil 2.2-də qrafiki izah edək. Sistem 1 halından 2 halinə m yolu ilə gəldikdə gördüyü iş və ya udduğu istilik miqdarı n yolu ilə gəldikdə aldığı qiymətlərdən, bu isə f yolu ilə gəldikdə aldığı qiymətlərdən fərqli olar. Lakin hər üç halda sistem 1 halından 2 halinə keçdiqdə onun daxili energisinin dəyişməsi $u_2 - u_1$ olar, yəni, prosesin xarakterindən asılı olmaz.



Şək. 2.2. Sistemin 1 halından 2 halinə keçdiqdə daxili energisinin dəyişməsi

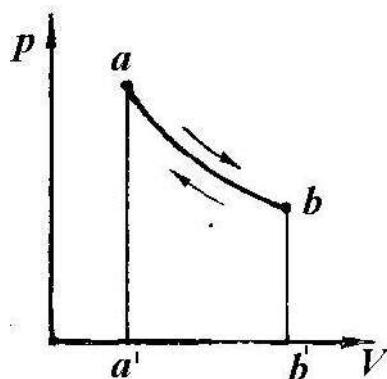
İstiliyin işe çevriləməsi işçi jisimin genişlənməsi ilə əlaqədar olduğundan ən əlverişli işçi jisim olaraq lap çox genişlənən jisimlər, məsələn, müxtəlif mayelərin buxarları və qazlar tətbiq edilir.

Mayelər və bərk jisimlər az genişlənmə verdiklərindən istilik mühərriklərdə işçi maddə olaraq müxtəlif yanajaq maddələrinin qaz halında olan yanma məhsullarından istifadə olunur.

2.3. Dönən və dönməyən proseslər

Termodinamik sistemin hər yerində təzyiq eyni qiymətə malik olarsa, bu sistem mexaniki tarazlıqdır, temperatur eyni qiymətə malik olduqda isə termik tarazlıqdır.

Prosesin dönən olması üçün mexaniki və termik tarazlıq ən vajib şərtlərdən biridir. Dönən proseslərdə proses bir-birinə əks istiqamətlərdə gedə bilər. Bu halda işçi jisim və prosesdə iştirak edən xariji mühit hər iki istiqamətdə eyni aralıq hallardan keçir, lakin bu keçid əvvəlkinin tərsinə uyğun bir ardijilliqla baş verir. Məsələn, dönən proses *ab* istiqamətində adiabatik genişlənmədən (Şək.2.3.-də) və *ba* istiqamətində adiabatik sıxılmadan ibarətdirsə, *ab* istiqamətində qaz genişlənəndə gördüyü iş *ba* istiqamətində qazı sıxmaq üçün görülən xariji işə bərabər olur. Sistem *a* halından çıxaraq yenidən *a* halına qayıtdıqda nə onun özündə, nə də ətraf mühitdə heç bir dəyişiklik olmur, qaz genişləndikdə sürtünməyə qarşı müəyyən iş görülərsə, proses dönən olmaz. Çünkü genişlənmə və ya sıxılma prosesində sürtünməyə qarşı görülən iş istiliyə çevrilir və istilik işə tam çevrilə bilmir. Deməli, sürtünmənin olması dönməyən proses üçün xarakterik bir şərtdir.



Şək.2.3. Proseslərdə adiabatik genişlənmə və adiabatik sıxılma görülən işlər

Deməli, dönən proseslər aşağıdakı şərtləri ödəməlidir:

- 1) sistem mexaniki tarazlıqda olmalıdır;
- 2) sistem termik tarazlıqda olmalıdır;
- 3) sistem əvvəlki halına qayıtdıqdan sonra və onun özündə, nə də ətraf mühitdə heç bir dəyişiklik olmamalıdır;
- 4) sistemdə, proses sonsuz yavaş getməlidir;
- 5) sistemdə düz və əks istiqamətdə proses getdikdə sürtünmə olmamalıdır.

Dönən proses ideal prosesdir. Həqiqətdə, jisimə istilik verdikdə və ya ondan istilik aldıqda mütləq istilik mübadiləsində iştirak edən jisimlərin temperaturlar fərqi olmalıdır. Ona görə də heç vaxt tam mənasında termik tarazlıq olmur. Həjmin dəyişməsi həmişə sürtünmə ilə əlaqədar olduğundan təbiətdə baş verən bütün termodinamik proseslər dönməyəndir.

Dönməyən proseslərdə sürtünməyə sərf olunan iş istiliyə çevrilir və $dq_i = dl_i$ düsturu ilə təyin edilir. Burada dl_i -sürtünməyə qarşı görülən iş, dq_i isə ona ekvivalent istilikdir.

Dönən proseslərdə işçi maddənin genişlənməsi nətijəsində görülən iş xariji qüvvələrə- anjaq təzyiqə üstün gəlmək üçün sərf olunur.

Dönməyən proseslərdə isə işçi maddəyə verilən istiliyin bir hissəsi sürtünməyə qarşı görülən iş sərf olunduğundan işçi maddənin gördüyü iş dq_i qədər azalır və əvəzində onun daxili enerxisi du_i , qədər artır. Beləliklə, bütün dönməyən proseslərdə faydalı iş, istiliyin işə çevriləməsi prosesinin effektsiz olması üzündən az olur. Dönən proseslərdə isə $dq_i = 0$ olduğundan bu proseslər üçün termodinamikanın birinji qanununun riyazi ifadəsi (2.2) şəklində olur. Dönən proseslər, dönməyən proseslərə nəzərən çox sadə olduğundan biz, adətən, nəzəri proseslər hesab edilən dönən prosesləri nəzərdən keçirəjəyik. Cənki bəzi hallarda həqiqi proseslər nəzəri proseslərdən o qədər az fərqlənir ki, praktik hesablamalarda bu fərqi nəzərə almamaq və bu jür dönməyən proseslərə dönən proseslər kimi baxıb onu tədqiq etmək olar.

“Dönən proseslər” anlayışının termodinamikaya daxil edilməsinin iki əsas səbəbi vardır:

- 1) təbiətdə həqiqi proseslər əsasən o qədər yavaş baş verir

ki, onlara müəyyən xəta ilə dönən proseslər kimi baxmaq olar;

2) ən böyük və ya maksimum iş anjaq dönən proses nətijəsində alınır.

2.4. İşçi jisimin daxili energisi və xariji işi

Qazların kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyindən çıxan və (1.16) düsturu şəklində ifadə olunan nətijəyə görə ideal qazların ümumi energisi anjaq onların molekullarının irəliləmə hərəkətinin orta kinetik energisindən ibarətdir. Buna, molekulyar kinetik energi deyilir. Real qazlarda isə molekullar arasında qarşılıqlı jazibə qüvvəsi olduğundan onların potensial energisi də olur, buna real qazın molekulyar potensial energisi deyilir. İdeal qazların molekulyar kinetik energisinə onun daxili energisi deyilir. Real qazların daxili energisi isə molekulyar kinetik və molekulyar potensial energilərin jemindən ibarət olur.

Daxili energini u ilə işaretə etsək, ideal qazlarda

$$u = f(T).$$

Yəni, ideal qazlarda daxili energi anjaq temperaturdan asılı olaraq dəyişər, çünkü ideal qaz molekullarının sürəti temperaturdan asılıdır və molekulların kinetik energisi sürətə görə müəyyən edilir. Real qazlarda isə

$$u = f(V, T).$$

Yəni, daxili energi qazın həjminin dəyişməsi ilə də dəyişə bilər. Çünkü, həjm dəyişdikdə real qaz molekulları arasındaki məsafə dəyişir, bu isə molekulyar potensial energini və axır nətijədə daxili energini dəyişdirir. (2.2) düsturundan daxili energinin dəyişməsini ifadə edən du -nu təyin etsək

$$du = dq - pdV$$

və integralladıqda aşağıdakı ifadəni alırıq

$$u = \int (dq - pdV) + u_0.$$

Burada u_0 integral sabiti olub, fiziki mənaja jismin başlanğıc halindəki daxili energisini ifadə edir. Başqa sözlə, sistemin daxili energisi hər hansı u_0 sabitində qədər dəqiqliklə hesablanıbilər. Termodinamikada bizi başlıja olaraq daxili energinin mütləq qiyməti yox, sistemdə gedən proseslər nətijəsində onun dəyişməsi maraqlandırıldığından u_0 sabitinin

qiymətini bilmək, müxtəlif termodinamik məsələləri həll etmək üçün vajib deyil.

Jisimin parametrləri dəyişmirsə, onda onun daxili energisi dəyişməyərək sabit qalır. Jisimin halı dəyişdikdə onun daxili energisi də dəyişir.

Hər hansı bir termodinamik prosesdə qazın həjmi genişləndikdə o xariji qüvvələrə qarşı iş görür. Həjm sıxılıqda işə xariji qüvvələr sistem üzərində iş görür.

Qazın gördüyü iş aşağıdakı üsulla hesablana bilər.

Fərz edək ki, porşenli silindr içərisində təzyiqi p , kQm^2 olan qaz yerləşdirilmişdir (şək.2.4) və porşenin kəsik sahəsi F , m^2 -dir. Buradan, porşenə olan təzyiq qüvvəsi pF , kq olacaqdır. Porşenin ştokuna olan təzyiqi bir qədər azaltsaq, qaz genişlənəcəkdir. Porşen elementar ds məsafəsi qət etdikdə qazın gördüyü iş təsir edən qüvvənin məsafəyə vurma hasilini olacaqdır. Yəni:

$$d\ell = p \cdot F ds,$$

buradan

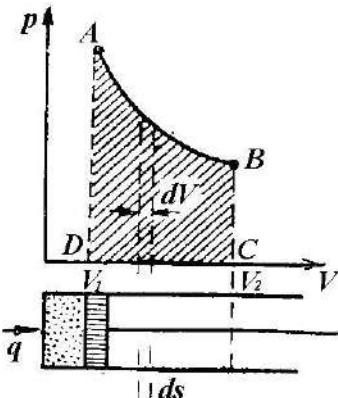
$$F ds = dV$$

olduğundan

$$d\ell = pdV.$$

1 kq qazın gördüyü iş

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} pdV. \quad (2.4)$$



Şek.2.4. pV diaqramında qazın işi

Yuxarıdakı düstur ilə qazın gördüyü işi təyin etmək üçün $p = f(V)$ asılılığı məlum olmalıdır.

Qazın genişlənmə prosesi AB əyrisi ilə ifadə olunarsa, riyaziyyatdan məlum olduğuna görə onun altındakı sahə həmin əyirini ifadə edən tənliyin integrallına bərabər olacaqdır. Yəni:

$$\ell = \int_{V_1}^{V_2} pdV = \text{sah. } ABCDA .$$

Buradan deyə bilərik ki, pV diaqramında qazın işi, prosesi xarakterizə edən əyri, absis oxu və prosesin kənar ordinatları ilə məhdudlaşmış sahəyə bərabər olur.

Genişlənmə prosesində qaz iş gördüyü üçün görülən iş adlanır işarəsi müsbət olur. Sixildiqda isə xarijdən iş sərf olunduğu üçün burada görülən iş adlanır və işarəsi mənfi olur.

2.5. Qazların istilik tutumu

Müəyyən miqdardan qazı 1°J qızdırmaq (və ya soyutmaq) üçün ona verilən (və ya alınan) istilik miqdarına qazın istilik tutumu deyilir.

Texniki termodinamikada istilik tutumları, kütləsi, həjm və mol istilik tutumu olur.

1 kg qazın 1°J qızdırmaq üçün tələb olunan istilik

miqdaraına kütlə istilik tutumu deyilir və J ilə işaret olunur, ölçü vahidi $\frac{Coul}{kqK}$.

$$C = \frac{q}{G\Delta T} \quad \frac{Coul}{kqK}$$

Normal şəraitdə $1m^3$ qazı 1^0J qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdaraına həjm istilik tutumu deyilir və C' ilə işaret olunur, ölçü vahidi $\frac{Coul}{m^3K}$.

$$C' = \frac{q}{V\Delta T} \quad \frac{Coul}{m^3K}$$

1 mol qazı 1^0J qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdaraına mol istilik tutumu deyilir və μC ilə işaret olunur, ölçü vahidi $\frac{Coul}{kmolK}$.

$$\mu C = \frac{q}{M\Delta T}, \quad \frac{Coul}{kmolK}$$

Qeyd olunan istilik tutumları arasındaki əlaqələr aşağıdakı kimidir

$$C = C'V_n = \frac{\mu C}{\mu}$$

İstiliyin miqdari prosesin xarakterindən asılı olduğu üçün qazın istilik tutumu da prosesin xüsusiyyətindən asılıdır. Adətən istilik tutumu iki əsas proseslər ($V=const$ və $P=const$) üzrə qızdırılması şəraitində öyrənilir.

İzoxorik prosesdə ($V=const$) qazın istilik tutumu izoxorik istilik tutumu adlanır və $C_V, C'_V, \mu C_V$ ilə işaret olunur. İzobarik prosesdə ($P=const$) qazın istilik tutumu izobarik istilik tutumu adlanır və $C_p, C'_p, \mu C_p$ ilə işaret olunur.

İxtiyari prosesdə qazın istilik tutumu aşağıdakı düsturla təyin olunur

$$C = \frac{dq}{dT} \quad (2.5)$$

Termodinamikanın birinci qanununa görə

$$dq = du + PdV \quad (2.6)$$

(2.6) düsturunu (2.5) ifadəsində nəzərə alsaq alıraq

$$C_v = \frac{du}{dT} + \frac{PdV}{dT} \quad (2.7)$$

$V=const$ prosesində $PdV=0$ olur və $J=J_v$ qəbul edildiyindən (2.5) düsturu aşağıdakı şəkildə olar.

$$C_v = \frac{du}{dT}, \quad (2.8)$$

$$du = C_v dT.$$

$P=const$ prosesində $J=J_p$ yəbul edilir. $PV=RT$ ifadəsini $P=const$ olması şərti ilə differensiallaşsaq alıraq

$$RdV=RdT$$

buradan

$$R = \frac{PdV}{dT} \quad (2.9)$$

(2.7) düsturunda (2.8) və (2.9) ifadələrini nəzərə alsaq, onda

$$C_p = C_v + R. \quad (2.10)$$

Bu düstur 1842-ci ildə R.Mayer tərəfindən alındığı üçün Mayer düsturu adlanır.

(2.10) ifadəsinin hər iki tərəfini μ -ə vursaq alıraq

$$\mu C_p = \mu C_v + \mu R$$

$j_{p\mu} - j_{v\mu} = 1,986$ kkalmol·dər $\approx 2,0$ kkalmol·dər olduğunu nəzərə alaraq aşağıdakı jədvəl 2.2-də yaza bilərik:

Jədvəl 2.2

Qazların sabit həjmdə və sabit təzyiqdə molekulyar istilik tutumlarının qiymətləri

Qazın növü	Molekulyar istilik tutumu, kkalmol·dər	
	Sabit həjmdə, $j_{v\mu}$	Sabit təzyiqdə, $j_{p\mu}$
Biratomlu	3	5
İkiatomlu	5	7
Üç və çoxatomlu	7	9

İdeal qazlar üçün $\mu C_p - \mu C_v = 2 \frac{kcal}{kmolK}$ olub qazlar üçün sabit kəmiyyətdir.

M.P.Vukaloviç, V.A.Kirillin və N.N.Timofeyev texnikada çox işlənən qazların istilik tutumlarını ən dəqiq surətdə hesablamışlar. Bu hesablamaların nətijələri jədvəl 2.3 və jədvəl 2.4-də verilmişdir.

Jədvəl 2.3

Qazların sabit təzyiqdə orta kütlə istilik tutumları
(kkalkq·dər)

°J	O₂	N₂	H₂	JO	JO₂	H₂O	Hava
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,219	0,243	3,394	0,249	0,196	0,443	0,240
100	0,221	0,249	3,428	0,249	0,208	0,446	0,240
200	0,224	0,250	3,447	0,250	0,218	0,451	0,242
1	2	3	4	5	6	7	8
300	0,227	0,251	3,455	0,252	0,227	0,457	0,243
400	0,231	0,253	3,461	0,254	0,235	0,463	0,246
500	0,234	0,255	3,468	0,257	0,242	0,470	0,248
600	0,237	0,257	3,477	0,260	0,249	0,478	0,251
700	0,240	0,260	3,488	0,263	0,255	0,485	0,254
800	0,243	0,263	3,501	0,265	0,260	0,493	0,256
900	0,245	0,265	3,516	0,268	0,265	0,501	0,259
1000	0,247	0,267	3,533	0,270	0,269	0,509	0,261
1100	0,249	0,270	3,552	0,273	0,273	0,517	0,263
1200	0,251	0,272	3,572	0,275	0,277	0,524	0,265
1300	0,253	0,274	3,592	0,277	0,280	0,532	0,267
1400	0,254	0,276	3,614	0,279	0,283	0,539	0,269
1500	0,256	0,278	3,635	0,281	0,286	0,546	0,270
1600	0,257	0,279	3,657	0,282	0,288	0,553	0,272
1700	0,259	0,281	3,679	0,284	0,291	0,560	0,274
1800	0,260	0,282	3,701	0,285	0,293	0,566	0,275
1900	0,261	0,284	3,722	0,287	0,295	0,572	0,276
2000	0,263	0,285	3,743	0,288	0,297	0,578	0,278
2100	0,264	0,286	3,764	0,289	0,298	0,583	0,279
2200	0,265	0,287	3,784	0,290	0,300	0,588	0,280
2300	0,266	0,288	3,804	0,291	0,302	0,593	0,281
2400	0,267	0,290	3,823	0,292	0,303	0,598	0,282
2500	0,268	0,291	3,847	0,293	0,305	0,603	0,283
2600	0,269	0,291	3,860	0,294	0,306	0,607	0,284
2700	0,270	0,292	3,879	0,295	0,307	0,611	0,285

2800	0,271	0,293	3,896	0,296	0,309	-	0,286
2900	0,272	0,294	3,913	0,297	0,310	-	0,287
3000	0,273	0,295	3,930	0,297	0,311	-	0,288

Jədvəl 2.4

Qazların sabit təzyiqdə orta mol istilik tutumu
(kkalmol·dər)

°J	O ₂	N ₂	H ₂	JO	JO ₂	H ₂ O	Hava
1	2	3	4	5	6	7	8
0	6,993	6,975	6,841	6,958	8,614	7,979	6,960
100	7,058	6,978	6,909	6,972	9,142	8,034	6,962
200	7,152	6,996	6,946	7,005	9,610	8,118	6,996
300	7,265	7,030	6,963	7,056	9,997	8,224	7,051
400	7,380	7,081	6,976	7,121	10,332	8,342	7,117
1	2	3	4	5	6	7	8
500	7,491	7,143	6,989	7,196	10,650	8,469	7,190
600	7,593	7,212	7,007	7,274	10,945	8,602	7,266
700	7,686	7,283	7,029	7,353	11,205	8,740	7,342
800	7,771	7,354	7,055	7,430	11,438	8,881	7,415
900	7,843	7,423	7,086	7,503	11,774	9,023	7,486
1000	7,916	7,490	7,120	7,572	11,837	9,166	7,553
1100	7,979	7,554	7,158	7,637	12,010	9,307	7,616
1200	8,036	7,614	7,198	7,638	12,166	9,445	7,675
1300	8,090	7,670	7,240	7,755	12,310	9,581	7,731
1400	8,142	7,724	7,283	7,808	12,442	9,711	7,784
1500	8,191	7,774	7,326	7,857	12,564	9,838	7,833
1600	8,237	7,821	7,370	7,904	12,677	9,961	7,879
1700	8,281	7,865	7,414	7,947	12,780	10,079	7,923
1800	8,323	7,906	7,458	7,987	12,877	10,193	7,965
1900	8,364	7,945	7,501	8,025	12,967	10,300	8,004
2000	8,404	7,982	7,544	8,061	13,051	10,404	8,041
2100	8,443	8,017	7,565	8,094	13,130	10,503	8,076
2200	8,480	8,050	7,626	8,126	13,203	10,599	8,110
2300	8,517	8,081	7,666	8,156	13,273	10,691	8,142
2400	8,552	8,110	7,705	8,184	13,340	10,779	8,172
2500	8,587	8,139	7,754	8,211	13,402	10,863	8,202
2600	8,620	8,165	7,780	8,236	13,461	10,943	8,230
2700	8,652	8,191	7,817	8,260	13,516	11,021	8,256
2800	8,684	8,215	7,852	8,283	13,573	-	8,282
2900	8,714	8,238	7,886	8,305	13,624	-	8,306
3000	8,745	8,260	7,920	8,326	13,670	-	8,330

2.6. Orta və həqiqi istilik tutumları

Yuxarıda dediyimiz kimi, nəzəriyyələrdən və təjribələrdən aydınlaşdırılmışdır ki, qazların istilik tutumu onların temperaturlarından və təzyiqindən asılıdır

$$c = f(t, p).$$

İdeal qazlarda, qazın istilik tutumu təzyiqdən asılı olaraq az dəyişildiyindən onu nəzərə almamaq da olar. Demək olar ki, ideal qazların istilik tutumu onların anjaq temperaturundan asılıdır

$$c = f(t).$$

1 kq qazı 0°J -dən, t dərəjəyə qədər qızdırısaq onda bunu şəkil 2.6-da verilən kimi qrafiki ifadə etmək olar. Bu qrafikdən göründüyü kimi, temperaturdan asılı olaraq verilən istilik əyri xətt üzrə dəyişir. Buradan belə bir nəticə çıxır ki, ayrı-ayrı temperaturlarda 1 kq qazın temperaturunu 1°J yüksəltmək üçün verilmiş istiliyin miqdarı müxtəlif olmalıdır.

Texnikada istilik hesablamalarında orta istilik tutumundan istifadə olunur. Orta istilik tutumu müəyyən interval üçün hesablanmalıdır. Orta istilik tutumu elə istilik tutumuna deyilir ki, orada qəbul olunan qiymət bütün prosesə həqiqətən sərf olunmuş istilik miqdarına və temperatur nisbətinə uyğun gəlsin. Fərz edək ki, 1 kq qazın temperaturunu t_1 dərəjədən t_2 dərəjəyə qədər yüksəltmək üçün Δq istiliyi verilmişdir. Belə olan tərzdə orta istilik tutumu aşağıdakı tənlikdən tapılarsınız

$$c_m = \frac{\Delta q}{t_2 - t_1} \quad \text{Joulq dər.}$$

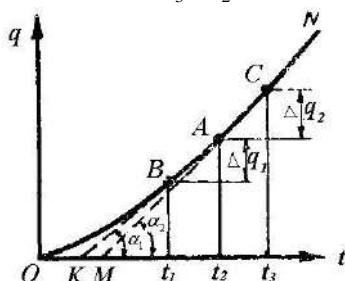
Göründüyü kimi, burada orta istilik tutumu şərti olaraq qəbul edilmişdir.

Fərz edək ki, ON əyrisi (şək.2.6) üzəri ilə qaz B nöqtəsindən A nöqtəsinə, sonra isə A nöqtəsindən J nöqtəsinə qədər qızdırılır, o zaman $t_1 \dots t_2$ intervali üçün

$$c_m = \frac{\Delta q}{t_2 - t_1}.$$

$t_2 \dots t_3$ intervalı üçün isə

$$c_m = \frac{\Delta q}{t_3 - t_2}.$$



Şək.2.6. İstilik miqdarının temperaturdan asılı olaraq dəyişmə əyrisi

Şəkildən göründüyü kimi, istilik miqdarının temperaturdan asılı olaraq dəyişmə əyrilərini ABK və JAM xətləri ilə kəssək, onda bu xətlərin absis oxu ilə kəsişməsindən alınan buxaqlar BA və AJ intervallarındaki orta istilik tutumunu ifadə edəjəkdir, yəni

$$c_{m_1} = \frac{At_2}{Kt_2} = \operatorname{tg} \alpha_1;$$

$$c_{m_2} = \frac{ct_3}{Mt_3} = \operatorname{tg} \alpha_2.$$

Buradan göründüyü kimi $\operatorname{tg} \alpha_2 > \operatorname{tg} \alpha_1$ olduğundan $j_{m_2} > j_{m_1}$ olur. Yəni, ayrı-ayrı intervallarda orta istilik tutumunun qiymətləri müxtəlifdir.

Temperatur intervalı nə qədər çox olarsa, bir o qədər də istilik tutumu öz həqiqi qiymətindən fərqlənəjəkdir, əgər biz $t_1 \dots t_2$ intervalını get-gedə azaldıb, sıfır çatdırısaq, onda istilik tutumu öz həqiqi qiymətinə çox yaxınlaşacaqdır. Həqiqi istilik tutumunu j ilə işarə etsək, yaza bilərik

$$c = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Məlum olduğuna görə

$$c = \frac{dq}{dt}.$$

Bu, həqiqi istilik tutumu adlanır.

2.7. İstilik tutumunun temperaturdan asılılığı

Adətən, istilik tutumunun qiymətlərini təjrübə nətiyəsində tapıb müəyyən jədvəllərə yazırlar. Sonra həmin qiymətlər nətiyəsində əyrilər qurulur. Bu qiymətləri tənliklərdən seçmə yolu ilə tapmaq olar. Bu, ümumi şəkildə aşağıdakı düstur ilə ifadə olunur:

$$c = a + bt + dt^2,$$

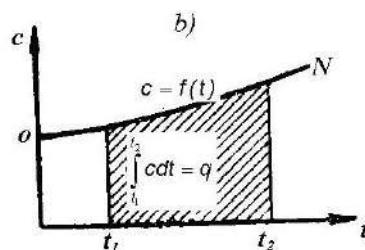
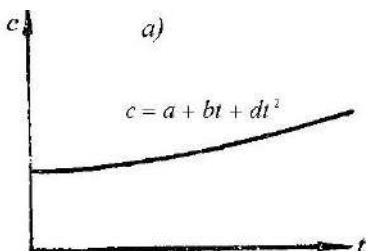
burada a , b , d - qazların tərkibindən asılı olan sabit əmsallardır.

Yuxarıdakı tənliyin əyrisi şəkil 2.7-də verilmişdir. Prosesə verilmiş istilik miqdarnı təyin etmək üçün $c = \frac{dq}{dt}$ tənliyindən istifadə olunur, onda $dq = cdt$ və yaxud

$$q = \int_{t_1}^{t_2} cdt.$$

jt diaqramında $t_1 \dots t_2$ intervalında absis oxu ilə temperatur asılılığı əyrisi arasındakı sahə jismə verilən istiliyi ifadə edəjəkdir (şək.2.7.b), çünki burada elementar sahələrin jəmi

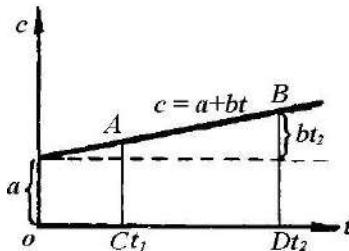
$$\int_{t_1}^{t_2} cdt = q$$



Şək.2.7. İstilik tutumunun *jt* diaqramında temperaturdan asılılığı

İlhə

İstilik texnikasında hesablaması asanlaşdırmaq üçün çox vaxt əyri asılılıq ona yaxın düz xətt asılılığı ilə ifadə olunur (şək.2.8).



Şək. 2.8. İstilik tutumunun jt diaqramında temperaturdan düz xətt asılılığı

Bu xəttin riyazi tənliyi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$c = a + bt.$$

Burada $t_1 \dots t_2$ intervalında verilən istilik $ABDJ\Delta$ trapesiya sahəsi ilə ölçülejəkdir:

$$q = \frac{AC + BD}{2} \cdot CD, \quad (2.11)$$

burada:

$$CD = OD - OC = t_2 - t_1$$

və AJ ilə BD həmin nöqtələrdə olan həqiqi istilik tutumlarının qiymətləri olduğu üçün aşağıdakını yaza bilərik:

$$AC = a + bt_1;$$

$$BD = a + bt_2.$$

Alınan qiymətləri (2.11) tənliyində əvəz etsək alarıq:

$$c = \left(a + b \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \cdot (t_2 - t_1)$$

və yaxud

$$\left| c \right|_{t_1}^{t_2} = a + b \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

Orta istilik tutumunu 0°J -dən hesablasaq, o zaman $t_1=0$

olajaqdır, bu halda

$$c_m = a + \frac{1}{2}bt$$

qəbul olunur.

İstilik tutumlarının hesablanması üçün işlədilən düsturlar jədvəl 2.5 və 2.6-da verilmişdir.

Jədvəl 2.5

Orta mol istilik tutumunu təyin edən düsturlar

Qazlar	0°J-dən 1500°J temperatur intervalında
O ₂	$c_{\rho\mu} = 7,0338 + 0,0008342t$ $c_{v\mu} = 5,0478 + 0,0008342t$
N ₂	$c_{\rho\mu} = 6,8514 + 0,0005925t$ $c_{v\mu} = 4,8554 + 0,0005925t$
1	2
JO	$c_{\rho\mu} = 6,8898 + 0,0006481t$ $c_{v\mu} = 4,9038 + 0,0006481t$
Hava	$c_{\rho\mu} = 6,8876 + 0,0006433t$ $c_{v\mu} = 4,9016 + 0,0006433t$
H ₂ O	$c_{\rho\mu} = 7,8881 + 0,0013376t$ $c_{v\mu} = 5,09021 + 0,0013376t$
JO ₂	$c_{\rho\mu} = 9,1712 + 0,0025286t$ $c_{v\mu} = 7,1852 + 0,0025286t$

Jədvəl 2.6

Qazların orta istilik tutumunu təyin edən düsturlar

Qazlar	0°J-dən 1500°J temperatur intervalında	
O ₂	Kütlə istilik tutumu, kkalkq·dər ilə	Həjm istilik tutumu, kkalm ³ ·dər ilə
N ₂	$c_{\rho m} = 0,2198 + 0,00002544t$ $c_{vm} = 0,1577 + 0,00002544t$	$c'_{\rho m} = 0,3138 + 0,00003766t$ $c'_{vm} = 0,2252 + 0,00003766t$

JO	$c_{\rho m} = 0,2446 + 0,00002115t$ $c_{vm} = 0,1737 + 0,00002115t$	$c'_{\rho m} = 0,3057 + 0,00002643t$ $c'_{vm} = 0,2171 + 0,00002643t$
Hava	$c_{\rho m} = 0,2378 + 0,00002221t$ $c_{vm} = 0,1693 + 0,00002221t$	$c'_{\rho m} = 0,3073 + 0,00002869t$ $c'_{vm} = 0,2187 + 0,00002869t$
H ₂ O	$c_{\rho m} = 0,4379 + 0,0000743t$ $c_{vm} = 0,3276 + 0,0000743t$	$c'_{\rho m} = 0,3519 + 0,00005967t$ $c'_{vm} = 0,2633 + 0,00005967t$
JO ₂	$c_{\rho m} = 0,2084 + 0,00005747t$ $c_{vm} = 0,1633 + 0,00005747t$	$c'_{\rho m} = 0,4092 + 0,00001128t$ $c'_{vm} = 0,3206 + 0,00001128t$

2.8.Qaz qarışığının istilik tutumu

Qaz qarışığının temperaturunu 1°J qədər yüksəltmək üçün qazı təşkil edən komponentlərə g_{j_k} qədər istilik vermək lazımdır. 1 kq qaz qarışığının 1°J qədər qızması üçün bütün komponentlərə verilən istilik toplanarsa, həmin istilik qaz qarışığının istilik tutumu olacaqdır.

$$c_r = \sum_1^n g_k c_k .$$

Komponentlərin gətirilmiş çəki hissələri g_k məlum olarsa, o zaman j_k -ni jədvəllərdən götürüb, qaz qarışığının istilik tutumunu hənsablaya bilərik:

Qarışığın tərkibi gətirilmiş həjm hissələri ilə verilərsə, o zaman

$$c'_r = \sum_1^n r_k c'_k .$$

Molekulyar istilik tutumu isə aşağıdakı tənlikdən tapılır:

$$c_{r\mu} = \sum_1^n r_k \mu c_k . \quad (2.12)$$

Yoxlama sualları

1. Termodinamikanın birinci qanununun riyazi ifadəsi nejə yazılır? 2. Adiabatik proses nəyə deyilir? 3. Prosesin dönən olması üçün hansı şərtlər

vajibdir? 4. Dönən proseslər hansı beş şərti ödəməlidir? 5. Qazın istilik tutumu nəyə deyilir? 6. Sərbəstlik dərəjəsi nəyə deyilir? 7. Biratomlu və ikiatomlu qazların fəzada vəziyyətinin təyini nejədir? 8. Qazın sabit həjmdəki molekulyar istilik tutumu? 9. Orta istilik tutumu nəyə deyilir? 10. Orta istilik tutumu nəyə deyilir? 11. İstilik miqdarının temperaturdan asılı olaraq dəyişmə əyriləri nə zaman orta istilik tutumunu ifadə edəjəkdir? 12. Həqiqi istilik tutumunun düsturu nejə ifadə olunur? 13. İstilik tutumunun temperaturdan asılılığı nejədir? 14. İstilik tutumunun *jt* diaqramında temperaturdan düz xətt asılılığı nejə ifadə olunur? 15. Qaz qarışığının istilik tutumu nejə təyin olunur?

III FƏSİL

QAZLA GEDƏN ƏSAS TERMODİNİMİK PROSESLƏR

Termodinamikanın birinci qanunu qaza verilən istilik dq , daxili energisinin dəyişməsi du və xarici qüvvələrə qarşı gördüyü işin dl arasındaki əlaqəni verir. Bu asılılıqlarda du və dl qiymətlərini təyin etmək üçün prosesin dəyişmə xarakteri mütləq məlum olmalıdır.

Prosesin başlanğıç halının parametrləri məlum olarsa və prosesin tənliyi verilərsə, o zaman həmin prosesin son parametrlərini tapmaq mümkündür. Qazın başlanğıç və son parametrləri, eləcə də prosesin tənliyi məlum olarsa, o zaman onun gördüyü işi və daxili energisinin dəyişməsini asanlıqla hesablaşmaq olar.

Qaz halının dəyişmə proseslərini aydınlaşdırıldıqda, müəyyən dəyişmə asılılıqlarını əldə etmək üçün, prosesin gedisi müəyyən şərtlərlə məhdudlaşmalıdır. Termodinamikada əsas etibarı ilə dörd qaz halının dəyişmə prosesinə rast gəlirik:

1) sabit həjmdə istilik verilmə və ya istilik alınma- izoxor prosesi;

2) sabit təzyiqdə istilik verilmə və ya alınma- izobar prosesi;

3) sabit temperaturda istilik verilmə və ya alınma- izotermik proses;

4) istilik mübadiləmsi olmadan, yəni istilik verilmədən və alınmadan halın dəyişməsi- adiabatik proses.

Bu proseslərin ümumiləşdiriji hali isə politrop prosesdir.

3.1. İzoxorik proses

Sabit həjmdə qazla gedən prosesə izoxorik proses deyilir.

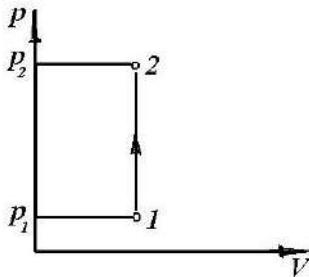
Qaz halının sabit həjmdə dəyişməsi və yaxud izoxorik prosesi pV diaqramında (şək.3.1) ordinat oxuna paralel olaraq 1-2 düz xətti ilə təsvir olunur. Izoxorik prosesinin tənliyi aşağıdakı şəkildə olur:

$$V = \text{const.}$$

Onda p ilə T arasındaki asılılığı təyin etmək məqsədi ilə

prosesin başlangıç və son halları üçün 1 kq üçün hal tənliklərini yazaq:

$$p_1 V = RT_1 \text{ və } p_2 V = RT_2.$$



Şək.3.1. Qaz halının sabit həjmdə dəyişməsi (izoxor prosesi pV diaqramında)

Bu tənlikləri bir-birinə bölsək aşağıdakı ifadəni alarıq

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Buradan göründüyü kimi izoxor prosesində mütləq təzyiq ilə mütləq temperatur düz mütənasibdir.

Termodynamikanın birinji qanununu aşağıdakı şəkildə yazıb

$$dq_v = du_v + pdV,$$

izoxor prosesində $V=const$ olduğunu nəzərə alsaq, $dV=0$ olur, onda $pdV=0$ olacaqdır. Bu halda: $dq_v = du_v$ olacaqdır.

$j_v=const$ olduqda verilən istiliyin miqdarı

$$q_v = u_2 - u_1 = c_v(t_2 - t_1).$$

Beləliklə, yuxarıdakı tənlikdən görünür ki, izoxor prosesində xarijdən verilən istilik yalnız daxili energinin dəyişməsinə sərf olunur və iş görülmür. j_v dəyişən olduqda isə sistemə verilən istilik aşağıdakı tənlikdən tapılı bilər:

$$q_v = u_2 - u_1 = c_{vm_2} t_2 - c_{vm_1} t_1,$$

burada j_{vm1} və j_{vm2} uyğun olaraq $0^{\circ}\text{J-dən } t_1^{\circ}\text{J}$ və $0^{\circ}\text{J-dən } t_2^{\circ}\text{J-yə qədər}$ temperatur intervallarında sabit həjmdəki orta istilik tutumlarıdır.

3.2. İzobarik proses

Qaz halının sabit təzyiqdə dəyişmə prosesi izobar prosesi adlanır. Bu proses pV diaqramında (şək.3.2) absis oxuna paralel olaraq, 1-2 düz xətti ilə ifadə olunur. 1-2 izobar düz xəttin tənliyi:

$$p = \text{const.}$$

İzobar prosesi üçün yaza bilərik:

$$pV_1 = RT_1 \quad \text{və} \quad pV_2 = RT_2,$$

buradan:

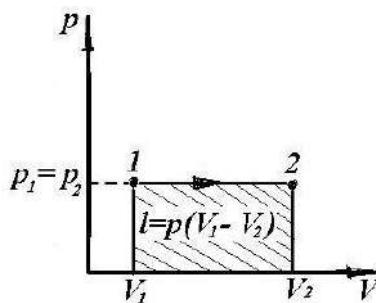
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

və yaxud

$$V = \frac{1}{\rho}$$

olduğundan yaza bilərik:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{T_2}{T_1}.$$



Şək.3.2. Qaz halının sabit təzyiqdə dəyişməsi (izobar prosesi pV diaqramında)

Bu tənliklərdən göründüyü kimi, izobarik prosesində xüsusi həjm mütləq temperaturun dəyişməsi ilə düz mütənasibdir.

1-2 prosesində qazın gördüyü işi tapaq:

$$\ell = \int_{V_1}^{V_2} p dV .$$

$p=$ jonst olduğundan $\ell = p \int_{V_1}^{V_2} dV = p(V_2 - V_1)$ olajaqdır.

pV diaqramında bu işi asanlıqla təyin etmək olar, çünki $p(V_2 - V_1)$ diaqramda prosesin kənar ordinatları ilə absis oxu arasında əmələ gələn düzbujaqlının sahəsidir (şək.3.2).

İdeal qazın xarakteristik tənliyini ($pV = RT$) $p=$ jonst sabit olmaq şərti ilə diferensiallaşsaq, alarıq:

$$pdV = RdT . \quad (3.1)$$

pdV - elementar işi ifadə etdiyindən yaza bilərik:

$$d\ell = RdT ,$$

burada:

$$\ell = \int_{T_1}^{T_2} RdT = R(T_2 - T_1) = R(t_2 - t_1) .$$

Burada $t_2 - t_1 = 1^\circ J$ qəbul olunarsa onda

$$R = L .$$

Bu ifadədən görünür, ki, ideal qazların qaz sabiti, 1 kq qazın sabit təzyiqdə $1^\circ J$ temperaturunun artması ilə genişləndikdə gördüyü işdir.

Prosesdə qazın daxili energci dəyişməsi

$$\Delta U = C_v(T_2 - T_1)$$

İzobarik prosesin yaranması üçün tələb olunan istiliyin miqdarı termodinamikanın birinji qanununa əsasən tapılır

$$q = \Delta U + l$$

$$q = C_v(T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1) = (C_v + R)(T_2 - T_1) = C_p(T_2 - T_1)$$

Bu ifadədən görünür ki, izobarik prosesdə qaza verilən istiliyin bir hissəsi qazın daxili energcisinin artmasına mə digər hissəsi isə qazın gördüyü işə sərf olunur.

3.3. Mayer düsturu

İzobar prosesi üçün (2.2) düsturu ilə verilmiş termodinamikanın birinci qanununun ifadəsini (3.1) düsturu ilə müqayisə etsək və bu prosesdə

$$dq = c_p dt ;$$

$$du = c_v dt$$

$$dl = R dT$$

olduğunu nəzərə alsaq

$$c_p dt = c_v dt + R dt .$$

Hər tərəfi dt -yə ixtisar etsək alarıq.

$$c_p = c_v + R .$$

1 mol qaz üçün isə

$$c_{p\mu} = c_{v\mu} + \mu R ,$$

j_p ilə j_v -nin fərqindən başqa, termodinamikada bunların arasındaki nisbət $\left(\frac{c_p}{c_v} \right)$ k ilə işarə olunub, çox işlədirilir.

İstilik tutumunu sabit hesab etsək, onda biratomlu qazlar üçün

$$k = \frac{c_{p\mu}}{c_{v\mu}} = \frac{c_{v\mu} + 2}{c_{v\mu}}$$

və biratomlu qazlarda $c_{v\mu} = 3 \frac{kcal}{kq \cdot dər}$ olduğunu nəzərə alsaq aşağıdakı ifadəni alarıq

$$k = \frac{c_{v\mu} + 2}{c_{v\mu}} = \frac{5}{3} = 1,67 .$$

Bu qayda ilə ikiatomlu qazlar üçün:

$$k = \frac{c_{p\mu}}{c_{v\mu}} = \frac{7}{5} = 1,4 ,$$

üç və çoxatomlu qazlar üçün isə

$$k = \frac{c_{p\mu}}{c_{v\mu}} = \frac{9}{7} = 1,29 .$$

Ideal qazlar üçün k -nın qiyməti sabit olub, anjaq onların

tərkibindən asılıdır. Real qazlar üçün $k = \frac{c_p}{c_v}$ nisbəti temperaturdan asılı olaraq dəyişir ki, bu da aşağıdakı tənlikdən aydınlaşdırılara bilər:

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_v + R}{c_v} = 1 + \frac{R}{c_v} = \frac{\mu R}{\mu c_v} + 1;$$

$$k = 1 + \frac{1,986}{\mu c_v} \cong 1 + \frac{2}{c_{v,\mu}}.$$

Məlumdur ki, temperatur artlığında $j_{v,\mu}$ -nin qiyməti artacaq, k -nın qiyməti isə azalacaqdır.

Qaz izobar prosesi ilə genişləndikdə verilən istilik həm qazın daxili enerjisinin artmasına, həm də xariji qüvvələrə qarşı görülən işə sərf olunur. Ona görə də izobar prosesində 1 kq qazı 1°J qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarı başqa şərtlər dəyişmədikdə izoxor prosesində 1°J qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdardından çox olur.

Termodynamikanın birinci qanununun (2.2) riyazi ifadəsinin hər tərəfini dq -yə bölsək

$$\frac{d\ell}{dq} = 1 - \frac{du}{dq}.$$

Burada $du = c_v dT$ və $dq = c_p dT$ və $\frac{c_p}{c_v} = k$ olduğunu

nəzərət alsaq

$$\frac{d\ell}{dq} = 1 - \frac{1}{k} \quad (3.3)$$

olur. İkiatomlu qazlarda $k=1,4$ olduğundan

$$\frac{d\ell}{dq} = 1 - \frac{1}{1,4} = 0,285$$

alınır. Bu o deməkdir ki, qaza verilən istiliyin anjaq 28,5%-i genişlənmə işinə, 71,5%-i isə daxili enerjinin artmasına, yəni qazın temperaturunun yüksəlməsinə sərf olunur.

3.4. Entalpiya və ya istilik funksiyası

Termodinamikanın birinci qanununu izobar prosesini ijsra edən 1 kq qaz üçün yazsaq

$$dq = du + pdV.$$

$p=const$ olduğundan həmin ifadəni aşağıdakı şəkildə də yazmaq olar.

$$\begin{aligned} dq &= du + d(pV) = d(u + pV) \\ u + pV &= i \end{aligned} \quad (3.4)$$

ilə işarə etsək, onda:

$$dq_p = di.$$

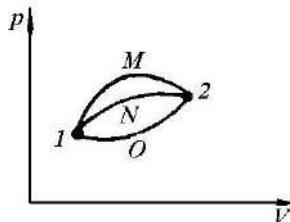
Termodynamik hesablamalarda çox vaxt (3.4) ifadəsinə istifadə olunur. Həmin düsturdan göründüyü kimi, i -nin ifadəsinə daxil olan u , p və V kəmiyyətləri sistemin hal parametrləridir. Buna görə bu ifadəyə qazın hal ifadəsi kimi baxmaq olar. i kəmiyyətinə entalpiya və ya istilik funksiyası deyilir. Qaz 1 halından 2 halinə keçərkən onun parametrləri u_1 , p_1 , V_1 -dən u_2 , p_2 , V_2 -yə qədər dəyişib, onun 1 və 2 hallarındaki entalpiyaları uyğun olaraq aşağıdakı kimi olar

$$i_1 = u_1 + Ap_1V_1$$

və

$$i_2 = u_2 + Ap_2V_2$$

olar. Burada prosesin nejə getməsinin əhəmiyyəti yoxdur. proses $IM2$, $IN2$, $IO2$ və ya başqa müxtəlif yollarla getsə də entalpiyaların qiyməti i_2 və i_1 -ə bərabər olacaqdır (şək.3.3).



Şək.3.3. Entalpiya

Klapeyron-Mendeleyev tənliyindən və daxili energi ifadələ-

rindən istifadə edərək yazmaq olar

$$i = u + pV = c_{vm}T + RT = T(c_{vm} + R).$$

Burada

$$c_{vm} + R = c_{pm}$$

olduğundan, yaza bilərik

$$i = c_{pm}T,$$

buradan göründüyü kimi, entalpiya ideal qazın sabit təzyiqdə 0°K -dan $T^{\circ}\text{K}$ -ya qədər qızmasına sərf olunan istilikdir.

Istilik texnikası hesablamasında isə entalpiya şərti olaraq

$$\Delta i = c_{pm}\Delta t$$

qəbul olunmuşdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, T -nin t ilə əvəz olunması hesablamaya heç bir xələl vermir. Çünkü, istilik texnikası hesablamalarında əsas etibarı ilə entalpiya fərqindən istifadə olunur. Yəni:

$$\Delta i = i_2 - i_1 = c_{pm}T_2 - c_{pm}T_1.$$

Entalpiya hal parametrlərindən istifadə edərək, termodinamikanın birinci qanununu aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$dq = d(i - pV) + pdV$$

və yaxud

$$dq = di - pdV - Vdp + pdV;$$

$$dq = di - Vdp.$$

p -ni sabit saxlayaraq bu ifadəni integrallasaq aşağıdakı alınar

$$q_p = i_2 - i_1.$$

Buradan göründüyü kimi, izobar prosesində qaza verilən istilik, onun entalpiyasının dəyişməsinə sərf olunur.

3.5. Izotermik proses

Qaz halının sabit temperaturda dəyişməsi, izotermik proses adlanır.

Izotermik prosesin tənliyi aşağıdakı şəkildə olur:

$$pV = \text{const.}$$

pV - koordinatlarında izotermik proses bərabəryanlı

hiperbola ilə təsvir olunur (şək.3.4).

Belə hiperbola aşağıdakı üsul ilə qurulur (şək.3.5).

Tutaq ki, A nöqtəsinin koordinatları $(p_1 V_1)$ prosesin başlangıç halini təyin edir. Bu nöqtədən absis oxuna paralel AB xəttini, ordinat oxuna paralel AJ xəttini çəkirik. Sonra koordinat başlangıcı olan O nöqtəsindən OD , OM , ON düz xəttlərini keçiririk. Bundan sonra AB xəttinə perpendikulyar olaraq D nöqtəsindən DF və OM xəttinin AJ xətti ilə görüşən nöqtəsindən FE xəttini çəkib F nöqtəsini alırıq ki, bu da hiperbolanın üzərində olan nöqtə olajaqdır. Bu qayda ilə, P və K nöqtələrini alırıq. A , F , P və K nöqtələrini birləşdirib müəyyən bir əyri alırıq ki, bu əyrinin də düsturu aşağıdakı şəkildə olajaqdır:

$$pV = \text{const}.$$

Bunu isbat etmək üçün iki oxşar $\Delta O LJ$ və $\Delta O NT$ üçbujaqlarından (şək3.5) yaza bilərik:

$$\frac{LC}{NT} = \frac{OC}{OT},$$

burada LJ xətti KT xəttinə bərabər olub, p_2 -yə, OT xətti isə V_2 -yə təvafüq edir;

$NT=AJ$ olub p_1 -i, OJ isə V_1 -i ifadə edir.

Beləliklə, yaza bilərik

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

və yaxud

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

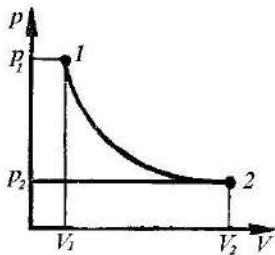
Göründüyü kimi, bu da izotermik prosesin tənliyidir. Burada $t=\text{const}$ olduğundan ideal qazlar üçün

$$du = c_v dt = 0; \quad u = \text{const}.$$

Deməli, izotermik prosesdə ideal qazın daxili energisi dəyişməyərək sabit qalır, onda termodinamikanın birinci qanununa görə yaza bilərik

$$dq = pdV = d\ell.$$

Bu ifadədən görünür ki, izotermik prosesdə qazaverilən istilik tamamilə qazın gördüyü işə sərf olunur.



Şek.3.4. pV - diaqramında izotermik prosesin hiperbolaya eyrisi

Ideal qazın izotermik prosesdə gördüyü iş aşağıdakı üslil ilə təyin edilə bilər:

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} pdV .$$

$$pV = RT \text{ olduğundan } p = RT \frac{1}{V}$$

və ya

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} RT \frac{1}{V} dV .$$

$T=const$ olduğundan yaza bilərik

$$\ell = RT \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{V} dV .$$

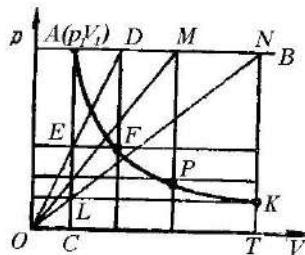
Buradan

$$\ell = RT \ln \frac{V_2}{V_1} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} .$$

Izotermik prosesdə $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$ olduğundan

$$\ell = RT \ln \frac{P_1}{P_2} = pV \ln \frac{P_1}{P_2} .$$

Onda 1 kq qazın xarıjdən aldığı istilik aşağıdakı kimi olajaqdır



Şek.3.5. Hiperbolaya eyrisinin qurulması

$$q = \ell = RT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

3.6. Adiabatik proses

Xariji mühit ilə qaz arasında istilik mübadiləsi olmadan, qaz halının dəyişmə prosesinə adiabatik proses deyilir. Burada prosesə istilik verilib, alınmadığı üçün yaza bilərik
 $dq = 0$.

Bu hal üçün termodinamikanın birinci qanunu aşağıdakı şəkli alır:

$$c_v dt + pdV = 0$$

və ya $T = \frac{pV}{R}$ olduğundan

$$c_v d \frac{pV}{R} + pdV = 0.$$

Bu ifadəni diferensiallıqdan və riyazi dəyişikliklər aparıqlıqdan sonra

$$\frac{c_p}{R} (pdV + Vdp) + pdV = 0;$$

$$pdV + Vdp + \frac{R}{c_p} pdV = 0.$$

$AR = c_p - c_v$ olduğundan yaza bilərik:

$$pdV + Vdp + \frac{c_p - c_v}{c_v} pdV = 0;$$

$$pdV \left[1 + \frac{c_p - c_v}{c_v} \right] + Vdp = 0,$$

Burada $1 + \frac{c_p - c_v}{c_v} = \frac{c_v + c_p - c_v}{c_v} = \frac{c_p}{c_v} = k$ olduğundan yaza

bilərik

$$kpdp + Vdp = 0.$$

Bütün tənliyi pV -yə bölsək alarıq:

$$k \frac{dV}{V} + \frac{dp}{p} = 0.$$

Bu ifadəni integralladıqda

$$k \cdot \ln V + \ln p = const,$$

potensiallaşdırıldıqda isə

$$p \cdot V^k = const, \quad (3.5)$$

burada k -adiabata göstərijisi adlanır.

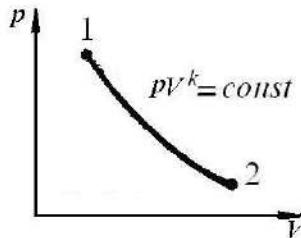
Ideal qazlar üçün k -nin qiyməti qazın atom sayından asılıdır. Real qazlar üçün isə k -nin qiyməti həm də qazın temperaturundan asılıdır.

Bu, ümumiləşmiş hiperbola tənliyidir. Bu düstura Puasson düsturu da deyilir. pV diaqramında bu proses şəkil 3.6-da verilmişdir.

Hal tənliyinə görə $pV = RT$ olduğundan

$$p = \frac{RT}{V}$$

olacaqdır.



Şək.3.6. pV diaqramında adiabatik prosesin hiperbolə əyrisi

(3.5) tənliyində p -ni $\frac{RT}{V}$ ilə əvəz etsək

$$\frac{RT}{V} V^k = const.$$

R - sabit kəmiyyət olduğu üçün

$$T \frac{V^k}{V} = const$$

olajaqdır. Onda T və V parametrləri üçün bu tənlik aşağıdakı şəkildə yazılır

$$TV^{k-1} = const. \quad (3.6)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

T ilə p arasındaki asılılığı tapmaq üçün bu ifadədə V -ni T ilə əvəz edirik

$$p \frac{RT^k}{p^k} = const,$$

buradan

$$p^{1-k} \cdot T^k = const. \quad (3.7)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

(3.5) tənliyindən p ilə V arasında aşağıdakı nisbəti alırıq:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k$$

və ya

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{k}}.$$

Adibatik prosesdə qazın işini təyin edək

$$du + d\ell = 0;$$

$$d\ell = -du;$$

$$\ell = u_1 - u_2.$$

Adiabatik prosesdə daxili energinin dəyişməsi hesabına iş görülür. $j_v=const$ olması şərti ilə yuxarıdakı tənlikdə u_1 və u_2 -nin qiymətlərini əvəz etsək, ideal qaz üçün alırıq

$$\ell = c_v(t_1 - t_2) = c_v(T_1 - T_2).$$

T -ni $P \frac{V}{R}$ ilə əvəz edək. Onda

$$\ell_{ad} = \frac{c_v}{R} (p_1 V_1 - p_2 V_2).$$

$c_p - c_v = R$ olduğundan yaza bilərik

$$\frac{c_v}{R} = \frac{c_v}{c_p - c_v} = \frac{1}{\frac{c_p}{c_v} - 1};$$

$$\frac{c_p}{c_v} = k \text{ olduğundan } \frac{c_v}{R} = \frac{1}{k-1} \text{ olur.}$$

Onda adiabatik prosesdə işin tənliyi

$$\ell_{ad} = \frac{1}{k-1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) \quad (3.8)$$

və yaxud

$$\ell_{ad} = \frac{p_1 V_1}{k-1} \left(1 - \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} \right). \quad (3.9)$$

Yuxarıda alınan tənliyə görə

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k.$$

Onda

$$\frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k \cdot \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}.$$

Buradan yaza bilərik

$$\ell_{ad} = \frac{p_1 V_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \right] = \frac{RT_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \right].$$

Yuxarıdakı tənlikdə V -ni p ilə əvəz etsək alarıq

$$\ell_{ad} = \frac{p_1 V_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]. \quad (3.10)$$

3.7. Politropik proses

Politropik proses ümumiləşdiriji prosesdir. Bu prosesin tənliyini almaq üçün termodinamikanın birinci qanununun ifadəsini izobar prosesi üçün yazaq:

$$dq = c_v dT + pdV.$$

Politropik prosesin istilik tutumunu j və buna uyğun olaraq $dq = c \cdot dT$ qəbul etsək, onda

$$cdq = c_v dT + pdV$$

və yaxud

$$(c - c_v) dT - pdV = 0$$

burada $T = \frac{pV}{R}$ olduğundan aşağıdakını yazarıq:

$$\frac{c - c_v}{R} d(pV) - pdV = 0$$

və yaxud

$$\frac{c - c_v}{R} (pdV + Vdp) - pdV = 0.$$

Bu tənliyi $\frac{c - c_v}{R}$ bölək:

$$pdV + Vdp - \frac{R}{c - c_v} pdV = 0$$

$R = C_p - C_v$ olduğundan

$$pdV + Vdp - \frac{c_p - c_v}{c - c_v} pdV = 0$$

və

$$\left(1 - \frac{c_p - c_v}{c - c_v}\right) pdV + Vdp = 0.$$

Bu ifadənin hər iki tərəfini pV -ə bölsək alırıq

$$\begin{aligned} \frac{c - c_p}{c - c_v} \cdot \frac{dV}{V} + \frac{dp}{p} &= 0; \\ m = \frac{c - c_p}{c - c_v} \end{aligned} \quad (3.11)$$

qəbul etsək və

$$m \cdot \frac{dV}{V} + \frac{dp}{p} = 0$$

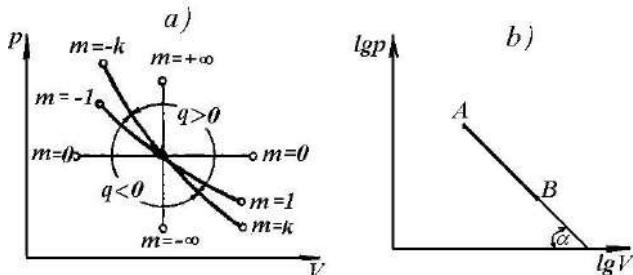
ifadəsini integrallasaq aşağıdakını alırıq

$$pV^m = const, \quad (3.12)$$

burada m - politrop göstərijisi adlanır.

Politrop göstərijisinin ədədi qiyməti mənfi sonsuzluqdan müsbət sonsuzluq həddlərində olur.

Politrop göstərijisi m -in dəyişməsi ilə politrop tənliyinin dəyişməsini nəzərdən keçirək (şək.3.7).



Şək.3.7. Politrop göstərijisinin və politrop tənliyinin dəyişməsi

a) $m=0$ olarsa

$V^m = 1$ olur, onda $p=const$.

Bu izobar prosesin tənliyidir, pV diaqramında bu proses absis oxuna paralel düz xəttlə ifadə olunur.

b) $m=1$ olduqda $pV = const$; bu, izotermik prosesin tənliyidir.

j) $m=k=\frac{c_p}{c_v}$ olduqda $pV^k=const$ olur ki, bu da adiabatik prosesin tənliyidir.

d) $m=\infty$ olduqda $pV^\infty = const$ bu ifadəni $p^\frac{1}{\infty}V = const$ kimi yazmaq olar. Nəzərə alsaq ki, $1^\infty=0$ qəbul olunur, onda $V=const$ olur. Bu ifadə isə izoxorik proses tənliyidir.

(3.5) və (3.12) düsturları xariji görünüşünə görə tamamilə bir-birinə oxşayır, bunlar arasındaki fərq anjaq adiabat göstərijsi adlanan k ilə politrop göstərijsi adlanan m -in müxtəlifliyindədir. Müəyyən qanunla gedən istənilən proses politrop k proses aldandığından adiabatik proses üçün bildiyimiz düsturları analoci olaraq politropik proses üçün də yaza bilərik. Bu halda adiabatik proses üçün olan ifadələrin hamısında adiabatik göstəriji k -ni politrop göstəriji m ilə əvəz etmək lazımdır. Beləliklə, adiabatik prosesdə görülən işi ifadə edən (3.8), (3.9) və (3.10) düsturlarını uyğun olaraq politropik proses üçün yazsaq aşağıdakı düsturları alarıq

$$\ell_{polit} = \frac{1}{m-1} (p_1 V_1 - p_2 V_2); \quad (3.13)$$

$$\ell_{polit} = \frac{p_1 V_1}{m-1} \left(1 - \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} \right); \quad (3.14)$$

$$\ell_{polit} = \frac{p_1 V_1}{m-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]. \quad (3.15)$$

Politropik prosesin istilik tutumunu (J) təyin etmək üçün (3.11) ifadəsindən istifadə edilir.

$$m = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$C(m-1) = mC_v - C_p$$

$$k = \frac{C_p}{C_v} \text{ olduğu üçün}$$

$$C_p = kC_v \text{ olur,onda}$$

$$C = C_v \frac{m-k}{n-1}$$

(3.16)

(3.16) düsturundan aşağıdaki xüsusi halları almaq olar:
izoxor prosesində $m=\pm\infty$, $j=j_v$, izobar prosesində $m=0$, $j=kj_v=j_p$,
izotermik prosesdə $m=1$, $j=\infty$, adiabatik prosesdə $m=k$, $j=0$.

(3.16) düsturundan görünür ki, politropik prosesin istilik tutumu J_v, m və k kəmiyyətlərindən asılıdır.

J -nın işarəsi həm mənfi,həm də müsbət ola bilər:

1. $m < 1$ və ya $m > k$ olduqda J -nın işarəsi müsbət olur.
2. $1 < m < k$ olanda J -nın işarəsi mənfi olur.
3. $m=k$ olanda $J=0$ olur.
4. $m=1$ olanda $J=\infty$ olur

Yoxlama sualları

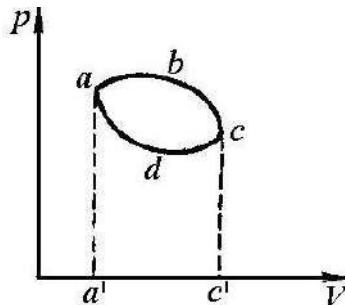
1. İzoxor proses nədir? 2. Hansı prosesə izobar prosesi deyilir? 3. Mayer düsturu nejə ifadə olunur? 4. İzobar prosesində qazın istilik tutumu izoxor prosesindəkine nisbətən nejə olur? 5. Entalpiya nejə ifadə ounur? 6. Hansı kəmiyyətə istilik funksiyası deyilir? 7. İzotermik proses hansı prosesə deyilir? 8. İzotermik prosesin tənliyi nejə ifadə olunur? 9. pV -koordinatlarında izotermik proses hansı əyri ilə təsvir olunur? 10. İdeal qazın izotermik prosesdə gördüyü iş nejə təyin edilə bilər? 11. Adiabatik proses hansı prosesdir? 12. pV diaqramında adiabatik proses nejə təsvir ounur? 13. Puasson düsturu nejə ifadə olunur? 14. Adibatik prosesdə qazın işi nejə təyin ounur? 15. Politropik proses hansı prosesdir və nejə ifadə olunur? 16. Politropik prosesdə görülən iş nejə təyin olunur?

IV FƏSİL

TERMODİNAMİKANIN İKİNJİ QANUNU

4.1. Dairəvi proses və ya tsikl

Dairəvi proseslər və ya tsikllər əsasən iki sinifə ayrılır: düz və əks tsikllər (şək.4.1).



Şək.4.1. Dairəvi prosesin və yaxud tsiklin sxemi

İstiliyin işə çevrilməsini təmin edən tsikllərə düz tsikl deyilir. Düz tsikllər əsasında bütün istilik maşınları işləyir.

Hər bir istilik mühərrikinin, başqa sözlə istilik energicisini mexaniki enerciyə çevirən maşının işçi jismi genişlənərək iş gördükdən sonra, sıxılaraq əvvəlki halına qayıtmalıdır və bu proses periodik olaraq təkrar olunmalıdır. Şəkildən göründüyü kimi, mühərrikin işçi jismi öz halını qapalı *abjda* fiquru boyunja dəyişdirir və dövri olaraq *a* başlanğıç halına gəlir. Bu jür qapalı prosesə dairəvi proses və ya tsikl deyilir. *abj* yolunda işçi jism ədədi qiymətjə *abjj'a'* sahəsinə bərabər olan iş (l_1) görür, *jda* yolunda isə işçi jismi sıxmaq üçün xarijdən onun üzərinə ədədi qiymətjə *adjj'a'* sahəsinə bərabər olan iş (l_2) sərf olunur. Genişlənmə işi müsbət, sıxılma işi isə mənfi olduğundan bir dairəvi proses nəticəsində işçi jism ədədi qiymətjə *abjda* sahəsinə bərabər olan müsbət iş (l) görür. Şəkildən göründüyü kimi $l=l_1-l_2$ olur. Deməli, pV diaqramında dairəvi prosesin işi, bu proseslə əhatə olunan fiqurun sahəsi ilə ölçülür.

Saat əqrəbi istiqamətində gedən tsikllerdə, bu istilik maşınlarını, saat əqrəbinin əksinə gedən tsikl üzrə isə soyuduju məşinləri işləyirlər. Birinci halda $I > 0$, ikinci halda $I < 0$ olur. Başqa proseslər kimi dairəvi proseslər də dönən və dönməyən olur. Dairəvi prosesin dönən olması üçün sürtünmənin olmaması, mexaniki və termik tarazlığın olması zəruridir.

4.2. Düz Karno tsikli

Bu nəzəri tsikl 1824-jü ildə fransız mühəndisi Kärno tərəfindən təklif edilmişdir. Bu, 2 izotermik, 2 adiabat əyrisindən ibarət dönən dairəvi proses olub, ideal istilik maşınlarının tsiklini ifadə edir.

Kärno tsikli ikinji qanunun əsaslandırılmasında və habelə onun riyazi tənliyinin əldə edilməsində böyük rol oynayır.

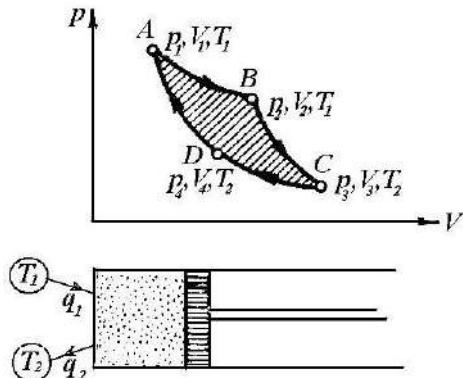
Kärno maşınında gedən dairəvi proses aşağıdakindan ibarətdir: tutaq ki, iki istilik mənbəyi və xarıjdən izolə edilmiş porşenli silindr vardır. İstilik mənbələrinin biri yüksək- T_1 temperaturlu, ikinjisi isə alçaq - T_2 temperaturlu mənbədir. İstilik mənbələrinin çox böyük miqdarda istiliyə malik olduqları fərz olunur. Buna görə də istilik alınan və verilən zaman mənbələrin temperaturları sabit qəbul edilir.

Fərz edək ki, silindrin divarları istilik keçirmir. Kärno tsiklinin özü aşağıdakı proseslərdən əmələ gəlir. Qaz yüksək temperaturlu istilik mənbəyi ilə birləşir, bu mənbədən q_1 istiliyini alıb genişlənir və porşen sol vəziyyətindən hərəkət etməyə başlayır. Burada həmişə qazın temperaturu istilik mənbəyinin temperaturuna bərabər olur. Şəkil 4.2-də bu proses AB izoterm əyrisi ilə göstərilmişdir. B nöqtəsində silindr qızdırılmışdan ayrılır, işçi jism isə J nöqtəsinə kimi genişlənməkdə davam edir. Bu prosesdə xariji mühitlə istilik əlaqəsi olmadığı üçün adiabatik proses olacaqdır. Bu iki prosesdən sonra porşen sağ ölü nöqtəsinə çatır və qaz qızdırılmışdan q_1 miqdarda istilik almış olur.

Mühərrikin müntəzəm işləməsi üçün porşen əvvəlki vəziyyətinə, işçi jism isə əvvəlki halına- A nöqtəsinə qayıtmalıdır.

Bu proses, aşağıdakı yol ilə aparılır: J nöqtəsində işçi jism

T_2 temperaturlu soyuduju mənbə ilə əlaqələnir və görülən xariji iş hesabına izotermik proses ilə sıxılır. Burada işçi jism q_2 istiliyini soyuduju yaya verir. D nöqtəsində işçi jism T_2 temperaturlu mənbədən ayrıılır və bundan sonrakı sıxılma, xariji mühit ilə istilik əlaqəsi olmadan gedir ki, bu da adiabatik prosesi olur. Burada proses elə getməlidir ki, D nöqtəsindən başlayan adiabat əyrisi A nöqtəsinə çatmış olsun.



Şək.4.2. Kärno tsikli

Qapalı prosesdə istilik energisinin mexaniki enerciyə çevrilməsinin iqtisadi jəhətdən səmərəli olması, termik faydalı iş əmsali (f.i.ə.) ilə qiymətləndirilir.

Mexaniki enerciyə çevrilmiş istiliyin, istilik mənbəyindən alınan istiliyə olan nisbəti termik f.i.ə. adlanır.

Tutaq ki, q_1 yüksək temperaturlu mənbədən alınan istiliyin miqdarı, q_2 soyuq mənbəyə verilən istiliyin miqdardır. Beləliklə, istilik şəklində $q_1 - q_2 = q_0$ istiliyi faydalı və onun sayəsində mexaniki iş alınmışdır. Bu iş faydalı iş və istilik isə faydalı istilik adlanır. Onda termik f.i.ə. aşağıdakı kimi olur

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_2} = \frac{q_0}{q_1} < 1. \quad (4.1)$$

Beləliklə, demək olar ki, Kärno tsikli T_1 və T_2 temperaturlu iki izotermik və iki adiabatik proseslərdən ibarətdir. Bu tsiklin termik f.i.ə.-ni təyin edək. Bütün tsikl boyu qızdırılmışdan q_1

qədər istilik alınıb, q_2 miqdarda istilik soyudujuya verilmişdir. Beləliklə, mexaniki enerciyə çevrilmək üçün $q_1 - q_2$ istiliyindən istifadə olunmuşdur. Onda termik f.i.ə.-ni aşağıdakı ifadədən tapmaq olar

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1}.$$

q_1 və q_2 istilik miqdalarlarını təyin edək. Karno tsiklinin ayrı-ayrı nöqtələrinin parametrlərini aşağıdakı kimi işarə edək:

İzotermik prosesin istilik miqdarını təyin edək

$$q_1 = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1};$$

$$q_2 = -RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}.$$

Burada mənfi (-) işarəsi, alçaq temperaturlu mənbəyə verilən istiliyin mütləq qiymətini təyin etmək üçün götürülmüşdür. Əvəzətmə və ixtisardan sonra aşağıdakını alırıq

$$\eta_t = \frac{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - T_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}}.$$

B və J nöqtəsi üçün

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{k-1}. \quad (4.2)$$

A və D nöqtəsi üçün

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_4} \right)^{k-1}. \quad (4.3)$$

(4.2) və (4.3) tənliklərini bir-biri ilə müqayisə etdikdə, alırıq

$$\frac{V_2}{V_3} = \frac{V_1}{V_4}$$

və yaxud

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4},$$

onda

$$\ln \frac{V_2}{V_1} = \ln \frac{V_3}{V_4}$$

olduğundan yaza bilərik

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (4.4)$$

Bu ifadədən görünür ki, T_1 nə qədər çox və T_2 nə qədər az olarsa, η_t də bir o qədər böyük olur.

Daxili yanma mühərriklərində yüksək temperaturlu mənbələrin temperaturu 2000°J , alçaq temperaturlu mənbələrin temperaturu isə 300°J olur. Onda:

$$\eta_t = \frac{2000 - 300}{2000 - 273} = 0,746.$$

Buxar mühərrikləri üçün isə

$$\eta_t = \frac{550 - 25}{550 - 273} = 0,6386.$$

Göründüyü kimi, buxar maşınlarında yüksək temperaturlu mənbəyin temperaturu daxili yanajaq mühərriklərinə nisbətən aşağı olduğu üçün, buxar maşınlarının termik f.i.ə. da az olajaqdır.

(4.4) ifadəsinə əsasən aşağıdakı nəticələri demək olar:

1. Düz Karno tsiklinin termik f.i.ə. anjaq qızdırıcı və soyuduju mənbələrinin temperaturundan asılıdır.

2. Karno maşınının termik f.i.ə. qızdırıcı mənbəyin temperaturu artdıqja və soyuduju mənbəyin temperaturu azalması ilə artır.

3. Karno maşınının termik f.i.ə. həmişə vahiddən kiçik olur (vahidə bərabər ola bilməz). Çünkü bu halda $T_1=\infty$ və yaxud $T_2=0$ olmalıdır. Məlum olduğu kimi, təbiətdə belə temperaturları yaratmaq mümkün deyil.

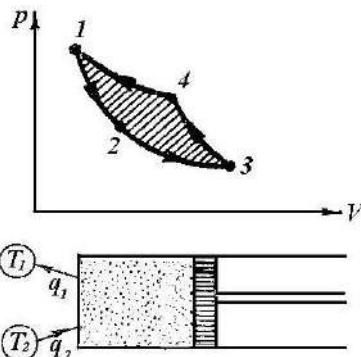
Buradan belə çıxır ki, mənbədən alınan istiliyi tamamilə işə çevirmək mümkün deyildir və istiliyin bir hissəsi mütləq

soyudujuya verilməlidir.

Karno maşını əsasında verilən nətijələr, termodinamikanın ikinji qanununun əsaslarını təşkil edir.

4.3. Əks Karno tsikli

Əks Karno tsiklini əmələ gətirən elə prosesləri nəzərdən keçirək ki, burada tsiklin dövrü saat əqrəbi hərəkətinin əks istiqamətində getmiş olsun. Buna görə belə tsikl 1-2 adiabatik və 2-3 izotermik genişlənmə, 3-4 adiabatik və 4-1 izotermik sıxılma proseslərindən ibarət olmalıdır. Bu tsikl Karnonun əks tsikli, bu tsikllərlə işləyən mühərriklər isə əks Karno maşını adlanır. Burada, müəyyən bir iş sərf olunmaqla temperaturu az olan istilik mənbəyindən alınan istilik temperaturu nisbətən yüksək olan istilik mənbəyinə verilir. Əks Karno tsikli şəkil 4.3-də verilmişdir.



Şək. 4.3. Əks Karno tsikli

Alçaq temperaturlu mənbədən alınan istiliyin tsiklin yaranması üçün sərf olunan işə olan nisbəti soyutma əmsalı adlanır və ε ilə işarə olunur:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{q_2}{l};$$

$$q_1 = -RT_1 \ln \frac{V_1}{V_4} = RT_1 \ln \frac{V_4}{V_1};$$

$$q_1 = RT_2 \ln \frac{V_3}{V_2}.$$

Burada q_1 ilə q_2 -nin qiymətlərini əvəz edib, ixtisar apardıqdan sonra

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{1}{\frac{T_1}{T_2} - 1}.$$

Buradan belə görünür ki, soyudujunun temperaturunun T_2 artması və istilik mənbəyinin temperaturunun T_1 azalması nəticəsində soyutma əmsalı artır.

4.4. Termodinamikanın ikinci qanunu

Termodinamikanın birinci qanunu istilik energisi ilə mexaniki enerji arasındaki ekvivalentliyi, energinin saxlanması qanununun istilik hadisələrinə tətbiqini müəyyən etdiyi halda, proseslərin yaranması haqqında lazım olan bəzi vajib şərtləri nəzərə almır. Birinci qanun istilik proseslərinin yaradılmasının mümkünülüyü şərti, prosesin gediş hüdudu və onun mümkün istiqamətlərdə inkişafı, habelə başqa məsələlər haqqında məlumat vermədiyindən, demək olar ki, məhduddur.

Termodinamikanın birinci qanununa görə bəzi hallarda istilik tamamilə işə çevrilə bilər. İstiliyin işə çevrilməsi müəyyən şərtlərə əsaslanır. Odur ki, bütün istiliyi işə çevirmək mümkün olmur və yaxud isti jismdən soyuq jismə istilik öz-özünə keçir. Əks proses isə, yəni soyuq jismdən istilik öz-özünə keçə bilməz. Bu əks prosesin yerinə yetirilməsi üçün müəyyən şərtlər lazımdır.

Belə məsələlərə termodinamikanın birinci qanunu javab vermir.

İstilik energisinin mexaniki energiyə çevrilməsi şərtini aydınlaşdırmaq üçün istilik qurğusunda gedən prosesə baxaq. Burada aşağıdakı hadisə baş verir.

Yanajağın yandırılması nəticəsində işçi jism q_1 , qədər istilik alır, bu istiliyin anjaq bir hissəsi q_0 mühərrikdə mexaniki işə çevrilir. Digər hissəsindən q_2 isə istifadə olunmayıb soyuduju

mənbəyə verilir.

Buradan göründüyü kimi, istilik energisinin mexaniki enerjiye çevrilməsi üçün isti və soyuq mənbə olmalıdır və q_1 istiliyinin hamısı deyil, yalnız bir hissəsi, yəni: $q_1 - q_2 = q_0$ - mexaniki enerjiye çevrilir.

Plankın tərifinə görə demək olar ki, təkjə istilik mənbəyini soyutmaqla dövri olaraq iş görən mühərrrik qurmaq mümkün deyildir.

Bu da ikinji soyuduju mənbəyin zəruri olmasını bir daha təsdiq edir.

Əgər dövri işləyən istilik maşını vasitəsilə saniyədə 1 m^3 dəniz suyunun temperaturunu 1°J azaltmaqla alınan istiliyi tamamilə mexaniki enerjiye çevirmək mümkün olsaydı, o zaman burada alınan iş $\frac{1 \cdot 1000 \cdot 427}{102} = 4200 \text{ kVt}$ olardı.

Belə mühərrrikin işləmə prinsipi termodynamikanın birinci qanununa uyğun olardı, yəni prinsipjə dəniz suyunun energisinin dən istifadə edilməsi mümkün olardı. Belə istilik mühərrriklerinin qurulma təjribəsi göstərir ki, burada çətinlik-mühərrrikin konstruksiyasından və işçi jismin tərkibindən asılı olmayıb, yenə də soyuduju mənbəyin olmamasından asılıdır.

Həqiqətən dəniz suyunun energisindən istifadə etmək üçün ondan soyuq mənbə yaratmaq mümkün olsaydı, o zaman dəniz suyunun istiliyi ilə işləyən mühərrrik yaratmaq mümkün olardı. Burada ikinji mənbəyin olması əlavə bir şərtdir ki, bu da istilik mühərriklerinin düzəldilməsinə imkan yaradır.

Termodynamikanın ikinji qanununa görə təbiətdə istiliyin alınması və ekvivalent yükün qalxması ilə kifayətlənən proses yaratmaq mümkün deyildir. Termodynamikanın ikinji qanunu, birinci qanunun məsələləri, yəni istiliyin mexaniki enerjiye çevrilməsi məsələləri ilə yanaşı olaraq bu prosesin əmələ gəlməsi üçün lazım olan imkanlardan da bəhs edir.

Fərz edək ki, istilik energisi olan qazla dolu qab vardır. Əgər burada xarjdən təsir olmadan qaz istiliyini verərək qab hərəkət edə bilsəydi, bu heç də termodynamikanın birinci qanununa zidd olmazdı. Lakin təbiətdə belə bir hadisənin

yaranması mümkün deyildir.

Qazı qabda yox, porşenli silindrde yerləşdirək, bu zaman qazın genişlənməsi sayəsində porşen hərəkət edərək istilik sərf edib mexaniki iş görəjəkdir. Demək, burada istiliyin mexaniki energiyə çevriləsinə görə qaz həjminin artması təmin olunmalıdır ki, bu da həmin hadisənin yaranması üçün əlavə bir şərttdir.

Təbiətdə belə hadisələrə çoxlu misallar göstərmək olar. Bunlara əsasən V.Tomsonun termodinamikanın ikinji qanununa verdiyi tərif meydana çıxır: təbiətdə elə bir proses yaratmaq mümkün deyildir ki, onun yeganə nəticəsi anjaq istilik rezervuarlarının soyudulması və buna ekvivalent olan yükün qaldırılmasından ibarət olsun.

Təbiətdə elə proseslərə rast gəlmək olur ki, orada proses özbaşına gedir. Məsələn, isti jismdən istiliyin soyuq jismə verilməsi, sürtünmə zamanı istiliyin alınması, yəni mexaniki energinin istiliyə çevriləsi və başqa buna oxşar proseslərin yaranması üçün əlavə bir şərt lazımlıdır. Əksinə olaraq, istiliyin soyuq jismdən isti mənbəyə verilməsi və istilik encercisinin mexaniki energiyə çevriləsi öz-özünə axan proseslər olmayıb, bunların yaranması üçün mütləq əlavə şərtlər olmalıdır.

Məlum olduğu kimi, istiliyin soyuq jismlərdən isti mənbəyə vermək üçün xarijdən mexaniki iş sərf olunmalıdır ki, buna da misal olaraq soyuduju maşınları göstərmək olar. Deməli, eks dairəvi əməliyyatda xarijdən görülən iş hesabına proses gedir.

İstilik öz-özünə alçaq temperaturlu mənbədən yüksək temperaturlu mənbəyə keçə bilməz. Bu tərif Klauzius tərəfindən verilmişdir.

Bələliklə, demək olar ki, termodinamikanın ikinji qanunu, istilik mühərriklərinin ortaya çıxması üçün əsas şərtdir.

4.5. Entropiya

Termodinamikanın ikinji qanununun məzmunu entropiya anlayışı ilə əlaqədardır. Termodinamikanın birinci qanununun

əhatə etmədiyi və ikinji qanunda nəzərdən keçirilən bir sıra mühüm məsələlər (məsələn, prosesin istiqaməti, sistemin tarazlıq halına yaxın və ya ondan uzaq olması, energinin keyfiyyəti və s.) entropiya anlayışının termodinamikaya daxil edilməsi ilə ətraflı izah olunur. Bu anlayış termodinamikaya R.Klauzius tərəfindən daxil edilmişdir. Entropiya məfhumu yunanja “çevrilmə” mənasını verən “tropē” sözü ilə “enerci” sözünün birinci hejasının birləşməsindən əmələ gəlmışdır.

Düz dairəvi Kärno tsiklinin termik f.i.e. yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

və ya

$$\frac{q_1}{T_1} = \frac{q_2}{T_2}$$

burada q_1 ilə q_2 - istiliyin mütləq miqdardır;

q_1 - qızdırıjının istiliyi;

q_2 - soyuduju mənbəyə ötürülən istilik.

q_2 -nin mütləq qiymətini ($-q_2$) götürsək, ifadəni aşağıdakı şəkildə yazmaq olar

$$\frac{q_1}{T_1} + \frac{q_2}{T_2} = 0.$$

Beləliklə, ümumi halda tənlik aşağıdakı şəkildə yazılıa bilər

$$\sum \frac{q}{T} = 0.$$

Bu ifadə Kärno tsiklinin elementar prosesi üçün

$$\frac{dq_1}{T_1} + \frac{dq_2}{T_2} = 0$$

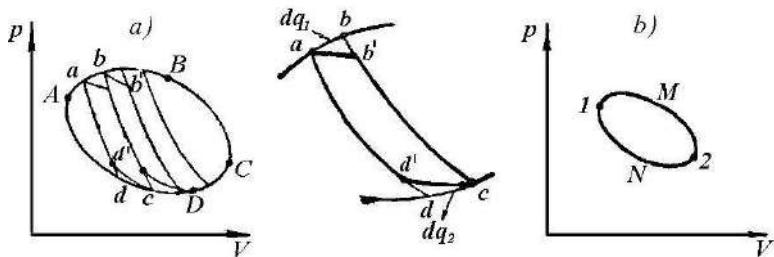
və dairəvi prosesin bütün elementləri üçün isə aşağıdakı şəkildə olar

$$\sum \frac{dq}{T} = 0. \quad (4.5)$$

Fərz edək ki, şəkil 4.4.a-da göstərilmiş ABJDA tsikli hər hansı dönen dairəvi bir prosesi təsvir edir.

Həmin tsikli elementar Kärno tsikllərinə bölək. Burada abb' və $dd'j$ üçbujaqlarının sahəsi həddən artıq kiçik olduğundan nəzərə almaya bilərik və onda alınmış $abjd'$ elementar tsiklinin $ab'jd'$ elementar Kärno tsikli ilə əvəz edə bilərik. O zaman hər hansı elementar tsikl üçün (4.5) tənliyi düzgün ola bilər. $ABJDA$ tam tsikli üçün isə aşağıdakı kimi yaza bilərik

$$\int \frac{dq}{T} = 0 \quad (4.6)$$



Şək.4.4. Dönen dairəvi proses

Fərz edək ki, şəkil 4.4.b-də göstərildiyi kimi, jism 1 halından 2 halına M yolu ilə getmiş və 2 halından 1 halına qayıdaraq dönen dairəvi proses iżra etmişdir. Bu halda (4.6) düsturuna əsasən yaza bilərik

$$(M) \int_1^2 \frac{dq}{T} = (N) \int_1^2 \frac{dq}{T}.$$

Buradan

$$(M) \int_1^2 \frac{dq}{T} = (N) \int_1^2 \frac{dq}{T} = S_2 - S_1 \quad (4.7)$$

Deməli, $S_2 - S_1$ fərqi ilə ifadə olunan $\int_1^2 \frac{dq}{T}$ ifadəsinin

qiyməti prosesin hansı yol ilə 1 halından 2 halına keçməsindən, başqa sözlə prosesin xarakterindən asılı deyil və sistemin anjaq

başlanğıj və son hallarından asılıdır.

Deməli, entropiya hal funksiyası olub, prosesin getdiyi yoldan asılı deyil və bu xassəsinə görə daxili enerci funksiyasına oxşardır.

(4.7) ifadəsindən göründüyü kimi $dq = TdS$ istilik miqdarı iki vuruğun: T və dS hasili ilə təyin edilir. T vuruğuna fəal vuruq deyilir. Çünkü $\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ düsturundan göründüyü kimi, T_1 -in artması ilə f.i.ə. artır. dS artıqda isə dq -nın sabit qalması üçün T azalmalıdır. Deməli, dS -in artması f.i.ə.-nın azalması ilə nətijələnir.

Buradan belə nətijə çıxır ki, entropiya energinin "səpələnməsi" nətijəsində istiliyin faydalı işə çevrilmə əmsalının azalmasını xarakterizə edən bir kəmiyyətdir. (4.7) düsturundan görünür ki, entropiyanın ölçü vahidi $\frac{kCoul}{kq \cdot dər}$ -dir. 1 kq qazın entropiyasına xüsusi entropiya deyilir və ölçü vahidi $\frac{kCoul}{kq \cdot dər}$ -dir.

\int işarəsi integrallın bütün ABJDA tsikli üçün götürüldüğünü göstərir. Bu tənlik qapalı dönən proses üçün termodinamikanın ikinji qanununun riyazi ifadəsidir. Dönməyən dairəvi proseslər üçün isə $\oint \frac{dq}{T} < 0$ olur. Çünkü proses dönməyən olduqda faydasız sərf olunan, başqa sözlə soyudujuya verilən, istilik artır və mənfi hədlərin jəmi, müsbət hədlərin jəmindən daha çox olur, ona görə də burada $\frac{dq}{T}$ -nin müsbətini dS -ə bərabər qəbul etsək alarıq:

$$dS = \frac{dq}{T}. \quad (4.8)$$

Bu düstur, dönən elementar proseslər üçün termodinamikanın ikinji qanununun riyazi ifadəsidir. Bunu integrallasaq alarıq

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T} \quad (4.9)$$

Bu da dönən proseslər üçün termodinamikanın ikinci qanununun riyazi ifadəsidir.

Burada S -entropiya adlanır. Şərti qəbul olunmuşdur ki, entropiya qazların normal şərait halından başlayaraq hesablansın.

4.6. İdeal qazların entropiyalarının hesablanması

Entropiyanın diferensial tənliyində dq -nün qiymətini termodinamikanın birinci qanununa əsasən əvəz edərək alıraq:

$$dS = \frac{dq}{T} = \frac{c_v dT + pdV}{T}.$$

Hal tənliyindən bilirik:

$$pV = RT,$$

buradan:

$$\frac{p}{T} = \frac{R}{V}.$$

Birinci tənlikdə əvəz etsək alıraq:

$$dS = c_v \frac{dT}{T} + R \frac{dV}{V}.$$

$c_v = \text{const}$ qəbul etsək, həmin tənlikdən alıraq

$$S_2 - S_1 = c_v \int_1^2 \frac{dT}{T} + R \int_1^2 \frac{dV}{V}$$

$$S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Əgər entropiyanın qiymətinin təyin olunmasını, qazın normal halından, yəni $V_i = V_n$, $T_i = 273^\circ\text{K}$ və $S_i = 0$ qəbul etsək, onda qazın mütləq sıfır temperaturda entropiyasının qiyməti aşağıdakı düsturla təyin olunur

$$S = c_v \ln \frac{T}{273} + R \ln \frac{V}{V_n}.$$

Bu tənlik entropiya dəyişməsinin T və V -dən asılılıq tənliyidir. İndi hal tənliyindən istifadə edərək entropiyanın T və p -dən asılılığını təyin edək. Bunun üçün həmin tənlikdə V -ni $\frac{RT}{p}$ ilə əvəz edək. O halda

$$S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{p_1}{RT_1} \cdot \frac{RT_2}{p_2},$$

buradan

$$S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1};$$

$$S_2 - S_1 = (c_v + R) \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1};$$

$$S_2 - S_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1}. \quad (4.10)$$

Həmin üsulla $T = \frac{pV}{R}$ ilə əvəz etsək

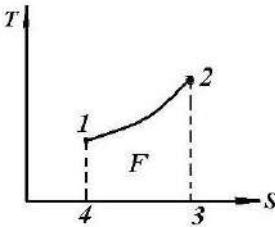
$$S_2 - S_1 = c_p \ln \frac{p_2}{p_1} + c_p \ln \frac{V_2}{V_1}. \quad (4.11)$$

Şəkil 4.5-də verilmiş TS diaqramında absis oxu üzərində entropiya, ordinat oxu üzərində isə mütləq temperatur göstərilmişdir. Tutaq ki, qaz 1-2 əyrisi üzrə 1 halından 2 halına keçir. Bunun tənliyi aşağıdakı kimidir

$$T = f(S).$$

Bilirki, $dq = Tds$, buradan

$$q = \int_1^2 T \cdot dS. \quad (4.12)$$



Şək.4.5. İstilik diaqramı

Digər tərəfdən 1-2-3-4-1 sahəsi ədədi qiymətjə F -ə bərabərdir.

$$F = \int_1^2 T \cdot dS . \quad (4.13)$$

Bu son iki tənliyi müqayisə etsək
 $q = F$.

Yəni TS diaqramında prosesin əyrişi ilə xariji ordinatlar arasında qalan sahə müəyyən miqyasda prosesə verilən və ya ondan alınan istiliyi ifadə edir.

Buna görə TS diaqramı istilik diaqramı adlanır.

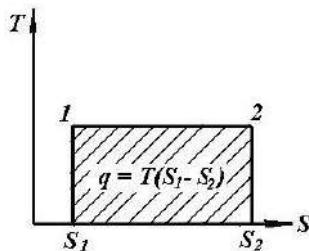
4.7. İstilik diaqramı

Bizə məlum olan termodinamik prosesləri TS koordinat sistemində göstərək.

a) Izotermik proses. Qazın 1 halından 2 halinə $T=$ const prosesi ilə keçməsi TS diaqramında absis oxuna paralel 1-2 düz xətti ilə göstərilmişdir. Bu prosesdəki istilik 1-2- S_2-S_1 -1 düzbujağın sahəsidir ki, bu da aşağıdakı düstur ilə hesablana bilər (Şək.4.6).

$$q = \int_1^2 T ds = T(S_2 - S_1) .$$

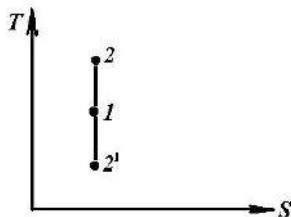
Izotermik prosesdə $T_1=T_2$ olduğundan, entropiya aşağıdakı düstur ilə təyin oluna bilər



Şək.4.6. İzotermik proses üçün istilik diaqramı

$$S_2 - S_1 = R \ln \frac{V_2}{V_1} = R \ln \frac{p_1}{p_2}. \quad (4.14)$$

b) Adiabatik proses. $dq = TdS$ düsturunda adiabatik proses üçün $dq=0$ olduğundan, $TdS=0$ olur, burada $T \neq 0$ olduğundan $dS=0$ və yaxud $S=\text{jonst}$. Dönən adiabatik prosesdə entropiya dəyişmir. TS diaqramında bu proses ordinat oxuna paralel 1-2 və yaxud 2-2' düz xətti ilə göstərilmişdir (şək.4.7). Deməli, dönən adiabatik prosesdə sistemin entropiyası sabit qalır. Ona görə də bu prosesə bəzən izoentropik proses adlanır.



Şək.4.7. Adiabatik proses üçün istilik diaqramı

b) İzobar və izoxor prosesləri. İzobar prosesi üçün $\ln \frac{p_1}{p_2} = 0$ olduğundan

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

və $j_v=$ const hesab olunarsa

$$S_2 - S_1 = c_p \ln \frac{V_2}{V_1}. \quad (4.15)$$

və ya

$$S_2 - S_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1}.$$

İzoxor prosesi üçün $\ln \frac{V_2}{V_1} = 0$ olduğundan $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$ və

$j_v=$ const qəbul olunarsa,

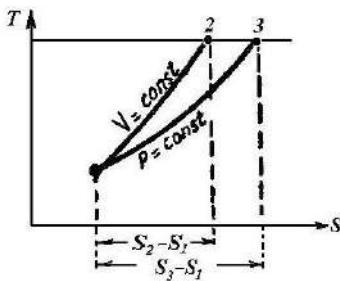
$$S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{p_2}{p_1}$$

və ya

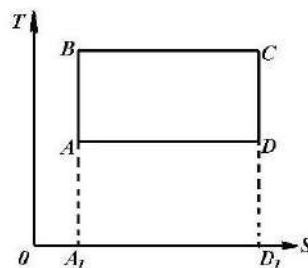
$$S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1}. \quad (4.16)$$

$j_p > j_v$ olduğuna görə həmişə sabit təzyiqdə qaz halının entropiya dəyişikliyi sabit həjmdəki entropiya dəyişikliyindən böyük olur (şək.4.8). Əgər TS diaqramında bir nöqtədən izoxor və izobar əyriləri çıxarsa, onda istilik verilmədə izoxor əyrisi izobar əyrisindən yuxarıda gedəjəkdir. TS diaqramında izotermik və adiabatik proseslər düz xətdən, izoxor və izobar prosesləri isə loqarifmik əyridən ibarət olur.

Dönən dairəvi Kärno prosesini TS diaqramında göstərsək şəkil 4.9.-dakı kimi olar. Burada AB və JD prosesləri dönən adiabatik prosesləri, BJ və AD isə izotermik prosesləri göstərir. $ABJDA$ düzbujaqlısının sahəsi isə ədədi qiymətjə faydalı işə çevrilən istilik miqdarını göstərir. Proses saat əqrəbi istiqamətində getdikdə $q>0$ olur, yəni bu diaqram istilik maşınlarını xarakterizə edir. Proses saat əqrəbinin əksinə getdikdə isə $q<0$ olur. Çünkü bu halda sahə $ADD_1A_1 <$ sahə A_1BJD_1 və bunların fərqi mənfi olur, yəni $q<0$ olur. Deməli, bu halda $DJBAD$ dairəvi proses soyuduğu maşınlarını xarakterizə edir.



Şək.4.8. *TS* diaqramında
dairəvi
izoxor və izobar əyriləri



Şək.4.9. Dönən
Kärno prosesi

4.8. Regenerativ tsikl

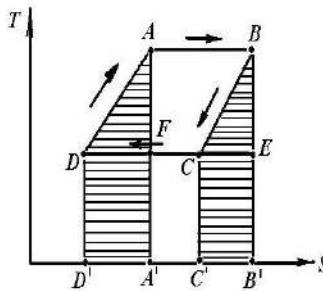
Yuxarıda göstərdik ki, qızdırıjinın və soyudujunun temperaturları sabit qaldıqda, istilik energisinin işə çevrilməsinin ən səmərəli halı dönən dairəvi proses olan Kärno tsiklinde əmələ gəlir və bu tsiklin termik f.i.ə. aşağıdakı düstur ilə təyin edilir

$$\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1} .$$

Həmin f.i.ə.-ni şəkil 4.10-da göstərilən dairəvi *ABJDA* tsikli ilə də əldə etmək olar. Bu tsikl iki *AB* və *JD* izotermlərindən və entropiya oxuna görə meylləri eyni olan iki *AD* və *BJ* düz xətlərindən ibarətdir. Bu prosesi ijrə edən qurğuda regeneratordan istifadə olunur. Regeneratorun vəzifəsi *BJ* prosesi zamanı jismin verdiyi istiliyi udmaq, *DA*_prosesi zamanı isə qaytarmaqdır (dönən prosesin şərtləri ödənilməklə).

BJ və *DA* xətlərinin üfiqi istiqamətdə meylləri eyni və uzunluqları bərabər olduğundan şəkildə strixlənmiş sahələr də bərabər olar. Yəni

$$sah.BCC'B'B = sah.DAA'D'D .$$



Şek.4.10. Regenerativ tsikl

Bu istilik miqdarları qiymətjə eyni olsalar da prosesin şəkildə göstərilən istiqamətinə əsasən onların işarələrinin müxtəlif olduğunu görərik.

Qurğunun işləmə prinsipi aşağıdakı kimidir. AB yolunda jism mənbədən q_1 istiliyini alır və BJ yolunda regeneratora $q_{B'}$ istiliyini verir.

Şəkildən göründüyü kimi

$$q_1 = sah. ABB'A'A;$$

$q_{B'}$ = sah. $CBB'C'C$; q_1 istiliyinin bir hissəsi isə (q_2) soyudujuya verilir.

$$q_2 = sah. DCC'D'D.$$

Beləliklə, tsikl nətijəsində regeneratordan $DAA'DD$ sahəsi ilə ölçülən $q_{D'A}$ istiliyini alır, yəni BJ yolunda regeneratora verilən istilik DA yolunda tamamilə ondan alınır. Həmin tsikldə də, Kärno tsiklində olduğu kimi, $ABEFA$ sahəsi ilə ölçülən q_1 qədər istilik miqdardından istifadə olunur.

Şəkildən göründüyü kimi, $DJ=AB=EF$ və deməli sahə $DJJ'DD=sah. FBB'A'F$. Yəni, həmin tsikldə və Kärno tsiklində soyudujuya verilən q_2 istiliyi də eynidir. Hər iki tsikl üçün q_1 və q_2 bərabər olduğundan

$$\eta_t = \eta_{tk} = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

Burada η_t regenerativ tsiklin, η_{tk} isə Kärno tsiklinin termik f.i.ə.-dır. Regenerativ tsikl ilk dəfə 1827-jı ildə meydana gəl-

mişdir. Hazırda regenerasiya prinsipi müasir istilik mühərriklərində və metal əridən peçlərdə müvəffəqiyyətlə tətbiq olunur.

Yoxlama sualları

1. Tsikl nəyə deyilir? 2. Düz tsikl nəyə deyilir? 3. İstilik maşınlarında proses hansı istiqamətdə gedir? 4. Soyuduju maşınlarında proses hansı istiqamətdə gedir? 5. Karno tsiklinin gedişi nejədir? 6. Qaralı proses nədir? 7. Termik f.i.ə. nəyə deyilir? 8. Əks Karno tsikli ilə işləyən maşınlar nejə adlanır? 9. Termodinamikanın ikinji qanunu nədən bəhs edir? 9. V.Tomsonun termodinamikanın ikinji qanununa verdiyi tərif nejədir? 10. Klauzius tərəfindən verilmiş tərifdə istiliyin aşağı temperaturlu mənbədən yüksək temperaturlu mənbəyə keçməsi nə deyilir? 11. İstilik mühərriklərinin ortaya çıxması üçün hansı qanun əsas şərtidir. 12. Entropiya anlayışını termodinamikaya kim daxil edib? 13. Entropiya nə deməkdir? 14. Xüsusi entropiya nəyə deyilir? 15. TS diaqramı nejə adlanır? 16. TS diaqramında izotermik, adiabatik, izoxor və izobar prosesləri hansı xət və əyridən ibarət olurlar? 17. İzotermik prosesdə entropiya nejə təyin olunur? 18. İzoentropik proses hansıdır? 19. Regenerativ tsikl nejə gedir? 20. Regenerativ tsikl nə vaxt meydana gəlib?

V FƏSİL **İSTİLİK MÜHƏRRIKLƏRİNİN TSİKLƏRİ**

İstilik energisini mexaniki enerciyə çevirən mühərriklərə istilik mühərrikləri deyilir. Bunlar yanajağın istilik energisinin işçi jismə harada verilməsi ilə fərqlənir.

Bəzi istilik mühərriklərində yanajaq öz istilik energisini mühərrikdən xarjdə işçi jismə verir, işçi jisimdə olan istilik energisi mühərrikin daxilində mexaniki enerciyə çevrilir. Məsələn, buxar qazanında, yanajağın yanması nəticəsində işçi jisim, yəni su buxarlanır. Sonra həmin su buxarı mühərrikə göndərilir və orada işçi jisimdə olan istilik energisi mexaniki enerciyə çevrilir. Belə sistemlə işləyən maşınlar buxar maşınları və buxar turbinləridir. Bəzi istilik mühərriklərində isə yanajaq öz istiliyini mühərrikin içərisində işçi jismə verir və orada da istilik energisi mexaniki enerciyə çevrilir. Belə mühərriklərə daxili yanma mühərrikləri deyilir.

Daxili yanma mühərrikləri dedikdə, ümumiyyətlə, porşenli mühərriklər başa düşülür. Porşenli daxili yanma mühərriklərin-dən başqa, rotorlu mühərriklər də vardır ki, burada da yanajaq birbaşa mühərrikə verilir. Belə maşınlara qaz turbinləri deyilir.

İstiliyin hansı şəraitdə verilməsindən və mühərrkin konstruksiyasından asılı olaraq hər bir mühərrikin özünə məxsus tsikli vardır.

Bu tsiklləri ayrı-ayrılıqda izah edək.

5.1. Daxili yanma mühərriklərinin tsiklləri

Əvvəldə Kärno tsiklindən bəhs edilmişdi. Səmərəliliyinə baxmayaraq bu tsiklin yaradılmasında bir çox çətinliklər olduğundan, təjribədə onun yaradılması mümkün deyildir. Çünkü burada sabit temperaturda istiliyin verilmə və alınma proseslərinin yaradılması və habelə ideal qazların istifadə edilməsi mümkün deyildi. Ona görə Kärno tsiklindən anjaq nəzəri çıxarışlar üçün istifadə edilir. Həqiqi mühərriklər Kärno tsiklindən fərqli olan tsikllərlə işləyir.

Burada biz tsikllərin anjaq termodinamik göstərijilərini nəzərdən keçirəjəyik və ideal tsikllərə baxajağıq.

Daxili yanma mühərrikləri yanajağın verilməsindən, yəni yanma prosesindən asılı olaraq üç qrupa bölünür:

1. Yanma prosesi sabit həjmdə, yəni izoxor prosesi ilə gedərsə, bu tsiklə yanma prosesi sabit həjmdə olan tsikl deyilir.
2. Yanma prosesi sabit təzyiqdə, yəni izobar prosesi ilə gedərsə, bu tsikl yanma prosesi sabit təzyiqdə olan tsikl adlanır.
3. Yanma prosesi əvvəl sabit həjmdə, sonra isə sabit təzyiqdə gedərsə, belə tsikllərə qarşıq və ya kombinə edilmiş tsikl deyilir.

Mühərrkin silindrinin içərisində porşenin hərəkət yolundan asılı olaraq təzyiqin dəyişməsi diaqramı indikator diaqramı adlanır.

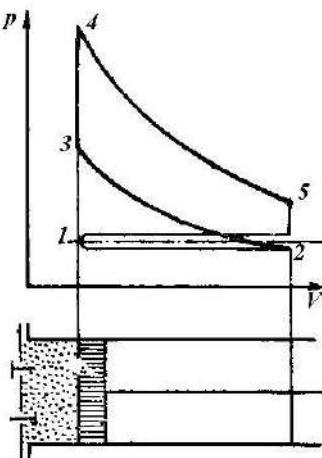
5.2. Yanma prosesi sabit həjmdə aparılan daxili yanma mühərriklərinin (dym) tsiklləri

Şəkildə sabit həjmdə yanma tsikli üçün pV sistemində ideal mühərrikin indikator diaqramı verilmişdir (şək.5.1). Tsiklin altında mühərrikin silindri, porşeni, sorma və xarijetmə klapalarının sxemi göstərilmişdir.

Belə mühərriklərin iş prinsipi aşağıdakı kimidir.

Porşen sol çıxış vəziyyətindən, sağ çıxış vəziyyətinə hərəkət etdikdə, silindrin içərisində təzyiq azalır və bunun nəticəsində xarijdən yanajaq ilə hava qarışığı (işçi qarışığı) silindrin içərisinə sorulur. Bu, sorma prosesi adlanır. Sorma prosesi diaqramda 1-2 xətti ilə göstərilmişdir. Sorma klapanında və boruda sürtünmə itkiləri olduğundan sorma prosesi atmosfer təzyiqindən bir qədər aşağıda gedir. 2 nöqtəsində sorma klapanı bağlanır və işçi jismin sorulması kəsilir. Porşenin sonrakı hərəkətində sıxılma prosesi başlanır. Şəkildə sıxılma prosesi 2-3 əyrisi ilə göstərilmişdir. Porşen sol vəziyyətinə çatmamış 3 nöqtəsində işçi jism xarijdən alovlandırılır və bir anda yanma prosesi 3-4 xətti ilə gedir.

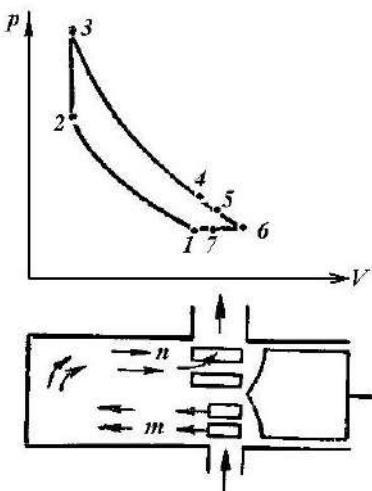
Yanmada yanma məhsulunun temperaturu və təzyiqi yüksəlir. Sonra yanma məhsulu genişlənməyə başlayır. Genişlənmə prosesi 4-5 xətti ilə gedir. Porşen sağ vəziyyətə çatmamış 5 nöqtəsində xarijetmə klapanı açılır və silindr də təzyiq atmosfer təzyiqinə qədər birdən düşür. Porşenin sonrakı, sağdan sola hərəkətində yanma məhsulu silindrin içərisində itələnib çıxarılır. Bu, xarijetmə prosesi adlanır. Xarijetmə prosesi atmosfer, xəttindən bir qədər yuxarıda 5-1 xətti ilə gedir. Bu qayda ilə proses yenidən təkrar olunur.



Şək.5.1. pV sistemində ideal mühərrikin indikator diaqrammı

Porşenin sol vəziyyəti yuxarı ölü nöqtə (y.ö.n.), sağ vəziyyəti isə aşağı ölü nöqtə (a.ö.n.) adlanır.

Göründüyü kimi, burada bir tsiklin əmələ gəlməsi üçün porşen dörd dəfə soldan sağa və əksinə hərəkət edir. Yəni, yuxarı və aşağı ölü nöqtəsi arasında dörd dəfə hərəkət edir. İki ölü nöqtə arasındakı bir hərəkət takt adlanır. Buna görə belə tsikllər dördtaklı tsikllər adlanır. Həmin tsiklləri porşenin iki taktında da yaratmaq mümkündür. Belə mühərriklər ikitaktlı mühərriklər adlanır. Bunun üçün dördtaklı mühərrikdəki xariji və daxili klapanlar xüsusi pənjərələrlə əvəz olunur. İkitaktlı sabit həjmlı yanma prosesli tsiklin indikator diaqramı şəkil 5.2.-də verilmişdir. Porşen 1 nöqtəsindən yuxarı ölü nöqtəsinə doğru hərəkət etdikdə 1-2 sıxılma prosesi əmələ gəlir. Burada yanajaq qarışıığı alovlandırılır və 2-3 yanma prosesi, sonra isə 3-4 genişlənmə prosesi gedir. 4 nöqtəsində xarijetmə pənjərələri (n) açılır. Xarijetmə prosesi başlayır, 5 nöqtəsində isə daxilolma pənjərələrindən (m) 1,2-1,3 atm təzyiqli yanajaq qarışıığı silindrin içərisinə daxil olaraq orada qalmış yanma məhsulunu itələyib m pənjərələrindən xarij edir. 7 nöqtəsində həmin pənjərələr bağlanır və təzyiqin bir qədər azalması ilə 1 nöqtəsinə kimi xarijolma prosesi gedir. Sonra tsikl yenidən təkrarlanır. Beləliklə, 2 taktda bir tsikl alınır.



Şək.5.2. İkitaktlı sabit həjmlı yanma prosesli tsiklin indikator diaqramı

İstər dördtaktılı və istərsə də ikitaktlı mühərriklərdə silindrin içərisində temperatur yüksək olduğundan, silindr xarıjdən hava və ya su ilə soyudulur. Ona görə burada sıxılma və ya genişlənmə prosesləri adiabatik proses ilə deyil, istilikalanma və istilikvermə ilə, yəni daha ümumi olan politropik proses ilə gedir. Burada porşenin müəyyən sürəti, mexaniki və istilik itkiləri olduğuna görə proseslər dönməyəndir.

Tsikli termodinamik təhlil etmək üçün bu tsikl dönən qəbul olunur.

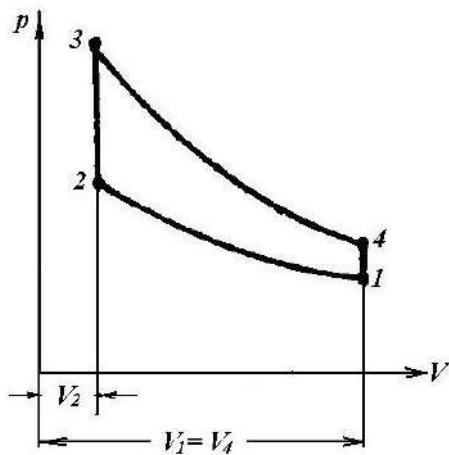
Buna görə fərz edək ki, burada istilik itkiləri yoxdur. Mühərrikə 2-3 prosesində yanajaq deyil, xarıjdən müəyyən istilik verilir. Bu vaxt sorma və xarjetmə proseslərində hidravlik itkilər nəzərə alınmadığı üçün bunlar bir xətt üzərində olajaqdır. Odur ki, bu proseslərdəki iş sərfini nəzərə almaya bilərik.

Belə tsikllə işləyən mühərriklərə ideal mühərriklər deyilir. bunların indikator diaqramı şəkil 5.3.-də verilmişdir.

Sabit həjmlı yanma tsiklin termik faydalı iş əmsali

aşağıdakı üsul ilə çıxarılır. Bunun üçün 2-3 prosesində verilən və 4-1 prosesində alınan istiliyi təyin edək. 2-3 prosesində verilən istiliyi istilik tutumunun sabit olması şərti ilə aşağıdakı tənlikdən tapmaq olar:

$$q_1 = c_v(T_3 - T_2).$$



Şək.5.3. İdeal mühərriklərin indikator diaqramı

4-1 prosesində 1 kq işçi jisimdən alınan istilik aşağıdakı tənlikdən tapıla bilər:

$$q_2 = -c_v(T_1 - T_4) = c_v(T_4 - T_1).$$

Beləliklə, termik f.i.ə.

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{c_v(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2)}$$

İxtisar etsək alarıq

$$\eta_t = \frac{(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)}{T_3 - T_2}$$

Buradan da

$$\eta_t = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}. \quad (5.1)$$

Bu tənliyi başqa şəkildə də yazmaq olar: 3-4 və 1-2

adiabatik prosesləri üçün (şək.5.4) yaza bilərik:

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3} \right)^{k-1}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}.$$

İndikator diaqramından göründüyü kimi, $V_4=V_1$, $V_3=V_2$, onda $\frac{T_3}{T_4} = \frac{T_2}{T_1}$ olur və yaxud tənasübün xassələrinə görə

$$\frac{T_3 - T_2}{T_4 - T_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

və bunu (5.1) tənliyində əvəz etsək, alarıq:

$$\eta_t = 1 - \frac{\frac{T_2}{T_1}}{\frac{T_2}{T_1}}$$

və yaxud

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}$$

olduğundan

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}}.$$

$\frac{V_1}{V_2}$ nisbəti ε ilə işaret olunub, sıxılma dərəjəsi adlanır.

Başqa sözlə, $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$ olduğundan

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}.$$

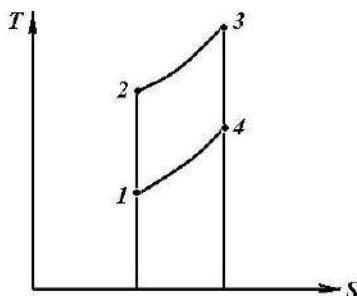
Bu tənlikdən göründüyü kimi, sıxılma dərəjəsi ε artdıqja, sabit həjmlı yanma tsiklinin termik faydalı iş əmsali da artır. Sıxılma dərəjəsinin artması əsasən yanajağın tərkibindən, daha doğrusu alovlanması temperaturundan asılıdır. İşçi qarışq o qədər sıxılmalıdır ki, o öz-özünə alovlanması. Əks təqdirdə mühərrik sına bilər.

Hazırkı sabit həjmde yanma tsikllərində sıxılma dərəjəsi ε -nin qiyməti 4...7-yə qədər olur.

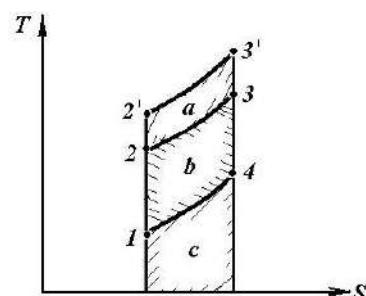
Sabit həjmlı yanma tsikli TS diaqramında şəkil 5.4-dəki kimi ifadə oluna bilər.

Burada 1-2 prosesi pV diaqramındaki tsiklə uyğun olaraq adiabatik sıxılma prosesini ifadə edir. Yanma prosesi izoxor-loqarifmik 2-3 əyrisi ilə ifadə olunur. Genişlənmə prosesi isə 3-4 adiabatik proseslə göstərilir. 4-1 isə xarijetmə prosesidir ki, bu da izoxor əyrisi üzrə gedir.

Sıxılma dərəjəsinin termik faydalı iş əmsalına təsirini aydınlaşdırmaq üçün fərz edək ki, adiabatik proses 2 nöqtəsinə qədər davam edir (şək.5.5).



Şək.5.4. TS diaqramında
sabit həjmlı yanma tsikli



Şək.5.5. TS diaqramındaki
tsikllərin sahəsi

Bu halda $T'_2 > T_2$ olduğundan, birinci tsiklə nisbətən ikinci tsiklin sıxılma dərəjəsi çox olajaqdır. Məlumdur ki, TS diaqramındaki tsikllərin sahəsi istiliyi ifadə edir. Bu sahələri a , b , c ilə işaret etək, görərik ki, burada a və b sahələri istifadə olunan istiliyi, c sahəsi isə xarijetmə prosesində (1-4 prosesində) xarijə verilən istiliyi ifadə edir. O zaman 1-2-3-4-1 tsiklinin termik faydalı iş əmsalını aşağıdakı ifadədən tapmaq olar

$$\eta_t = \frac{(b+c)-c}{b+c} = 1 - \frac{c}{b+c}.$$

1-2'-3'-4-1 tsiklinin termik f.i.ə. isə

$$\eta_t = \frac{(a+b+c) - c}{a+b+c} = 1 - \frac{c}{a+b+c}$$

olajaqdır.

Bu tənliklərdə $a+b+c > b+c$ olduğundan $\eta_{t_2} > \eta_{t_1}$ olur, buradan deyə bilərik ki, sıxılma dərəjəsinin artması ilə mühərriklərin termik f.i.ə. da artır.

5.3. Yanma prosesi sabit təzyiqdə aparılan daxili yanma mühərriklərinin tsiklləri

Bu tsikllə işləyən mühərriklərin xüsusiyyətləri ondadır ki, burada yanma prosesi sabit təzyiqli proses, yəni izobar prosesi ilə gedir (şək.5.6).

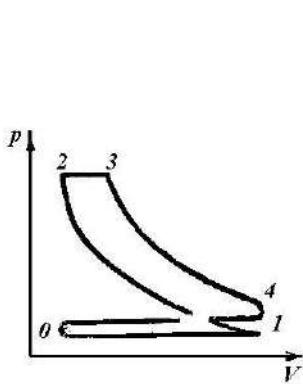
Bu mühərriklərin işləmə tsiklləri aşağıdakı kimi olur. Porsenin birinci hərəkətində 0-1 prosesi ilə silindrin içərisinə hava sorulur. İkinji hərəkətində isə 1-2 əyrisi ilə sıxılma prosesi gedir. Burada hava yanajağın öz-özünə alovlanması temperaturundan yüksək temperatura uyğun olan təzyiqə qədər sıxlıq. Üçüncü hərəkətin əvvəlində 2-3 prosesində silindrə yanajaq daxil olmağa başlayır. Buradakı temperatur yanajağın öz-özünə alovlanması temperaturundan yüksək olduğu üçün yanajaq daxil olduqda alovlanır və yanma prosesi təxminən sabit təzyiqlə gedir. Yanma qurtardıqdan sonra 3-4 əyrisi ilə genişlənmə prosesi gedir. Bu prosesin sonunda xarijetmə klapanı açılır və təzyiq düşür. Sonra 4-0 prosesi ilə yanma məhsulu silindrən itələnib çıxarılır.

Burada, sabit həjmdə yanma tsiklində olduğu kimi, termo-dinamik tədqiqat üçün həqiqi tsikl ideal tsikllə əvəz olunur (şək. 5.7).

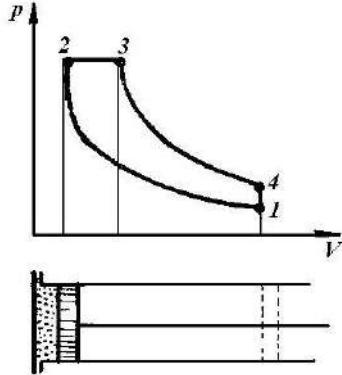
İdeal tsikldə 1-2 adiabatik sıxılma, 4-3 isə adiabatik genişlənmə prosesidir. Burada 4-1 ($V=\text{const}$) prosesi ilə istilik alınır, 2-3 prosesi isə xarijdən sabit təzyiqlə istilik verilir.

Bu tsiklin termik faydalı iş əmsalını tapmaq üçün tsiklə verilən və ondan alınan istilik miqdarı hesablanmalıdır.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}.$$



Şək.5.6. Sabit təzyiqli proses yanma prosesi



Şək.5.7. İdeal tsikl

İstilik $p=\text{jonst}$ prosesində verildiyindən, şəkildən göründüyü kimi

$$q_1 = c_p(T_3 - T_2),$$

mühərrikdən alınan istilik isə

$$q_2 = -c_v(T_1 - T_4) = c_v(T_4 - T_1).$$

Beləliklə, termik f.i.ə. aşağıdakı ifadədən tapıla bilər

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1};$$

$$\eta_t = \frac{c_p(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)}.$$

$k = \frac{c_p}{c_v}$ olduğundan aşağıdakını alırıq:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{k} \cdot \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}.$$

Tsikli xarakterizə edən $\frac{V_1}{V_2} = \varepsilon$ sıxılma dərəjəsi və $\frac{V_3}{V_2} = \rho$

qabaqjadan genişlənmə əmsalıdır.

Termik f.i.ə.-nı ρ və ε ilə ifadə etmək üçün kəsrin surətini T_1 -ə, məxrəjini T_2 -yə vurub, bölsək alarıq:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{k} \cdot \frac{\frac{T_4}{T_3} - 1}{\frac{T_3}{T_2} - 1} \cdot \frac{T_1}{T_2}. \quad (5.2)$$

4-1 izoxor prosesindən

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{p_4}{p_1}. \quad (5.3)$$

3-4 adiabatik genişlənmə və 2-1 adiabatik sıxılma proseslərindən isə alarıq

$$p_4 V_4^k = p_3 V_3^k;$$

$$p_1 V_1^k = p_2 V_2^k$$

Bunları bir-birinə bölsək

$$\frac{p_4 V_4^k}{p_1 V_1^k} = \frac{p_3 V_3^k}{p_2 V_2^k}$$

$p_1 = p_3$ və $V_4 = V_1$ olduğundan

$$\frac{p_4}{p_1} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^k$$

və yaxud (5.3) düsturuna görə

$$\frac{T_4}{T_1} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^{k-1}$$

və $\frac{V_3}{V_2} = \rho$ olduğundan $\frac{T_4}{T_1} = \rho^k$ olur. Digər tərəfdən 2-3

izobar prosesindən

$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2}$ olduğundan, buradan da yaza bilərik:

$$\frac{T_3}{T_2} = \rho. \quad (5.4)$$

1-2 adiabatik sıxılmada $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1}$ -dir.

$\frac{V_2}{V_1} = \varepsilon$ olduğundan yaza bilərik

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}. \quad (5.5)$$

(5.3), (5.4) və (5.5) tənliklərində alınan qiymətləri (5.2) tənliyindən əvəz etsək alarıq:

$$\eta_t = 1 - \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}. \quad (5.6)$$

Yuxarıdakı tənlikdən göründüyü kimi, yanma prosesi sabit təzyiqdə olduqda termik faydalı iş əmsalı ρ və ε -dan asılıdır. ρ -nun artması ilə f.i.ə. azalır və ε -nun artması ilə artır.

Qabaqjadan genişlənmə əmsalı ρ verilən yanajağın miqdarından asılıdır, yəni mühərrikin yükü artdıqja, verilən yanajaq və buna uyğun olaraq ρ da artır. Burada $k > 1$ olduğundan (5.6) düsturundan göründüyü kimi, termik faydalı iş əmsali azalajaqdır

$$\rho^k - 1 > k(\rho - 1).$$

Sıxılma dərəjəsini seçdiqdə yanajağın öz-özünə alovlanma temperaturu nəzərə alınmalıdır. Sabit təzyiqli yanma tsikllərinin sıxılma dərəjəsi o qədər olmalıdır ki, sıxılmada havanın temperaturu yanajağın öz-özünə alovlanma temperaturundan yüksək olsun.

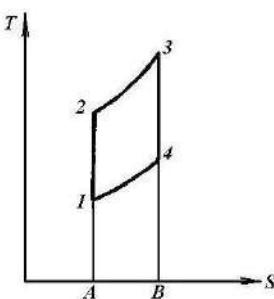
Sıxılma dərəjəsinin yuxarı qiyməti konstruktiv və iqtisadi əsaslar ilə təyin olunur. Çünkü, sıxılma dərəjəsi artdıqja təzyiq artır, mühərrik ağırlaşır və sürtünməyə sərf olunan itkilər artır. Beləliklə ε -nun artması ilə η_t artmasının faydası az olur. Burada sıxılma dərəjəsi 15-dən 18-ə kimi qəbul olunur.

İndi isə sabit təzyiqli yanma prosesi tsikli TS diaqramında göstərək (şək.5.8). 1 nöqtəsi pV diaqramındaki nöqtəyə uyğun gəlir. Burada adiabatik sıxılma prosesi ordinat oxuna paralel gedib, istiqaməti isə artan temperatura tərəf olur. Yanma prosesi 2-3 loqarifmik əyrisi ilə göstərilir.

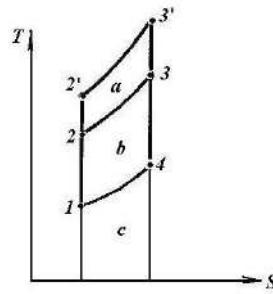
3-4 prosesi adiabatik genişlənmə prosesidir ki, bu da ordinat oxuna paralel gedir və nəhayət, 4-1 xarijetmə prosesi izoxor prosesidir ki, bu da TS diaqramında loqarifmik əyri şəklini alır. Burada $A-2-3-B-A$ sahəsi ədədi qiymətjə bir tsikldə isti mənbədən verilən istiliyi ifadə edir. $A-1-4-B-A$ sahəsi isə bir tsikldə soyuq mənbəyə verilən istilikdir və nəhayət, $1-2-3-4-1$ sahəsi işə çevrilən faydalı istilikdir. Onda termik f.i.ə.

$$\eta_t = \frac{\text{sah. } 1 - 2 - 3 - 4 - 1}{\text{sah. } A - 2 - 3 - B - A}.$$

ρ və ε -nun termik f.i.ə.-na təsirini TS diaqramında asanlıqla görmək olar. Sıxılma dərəjəsinin f.i.ə.-na təsiri şəkil 5.9.-da verilmişdir.



Şək.5.8. TS diaqramında sabit təzyiqli yanma prosesi tsikli



Şək.5.9. Sıxılma dərəjəsinin f.i.ə.-na təsiri

Sahələri a , b , j ilə işaretə etsək, $1-2-3-4-1$ tsikli üçün:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c}{b + c},$$

$1-2'-3'-4-1$ tsikli üçün isə

$$\eta'_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c}{a + b + c}$$

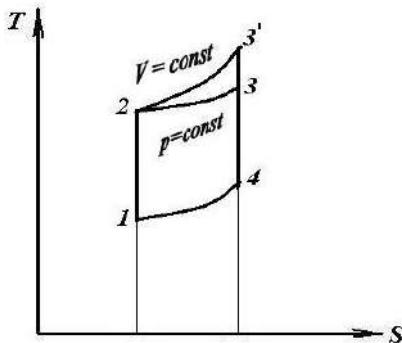
olduğundan

$$b + c < a + b + c.$$

Beləliklə, $\eta'_t > \eta_t$ olur. Yəni ε artdıqja η_t də artırır.

Şəkil 5.10.-da ρ -nun η_t -yə təsiri göstərilmişdir. Buradan

göründüyü kimi $V=$ jonst əyrisinin $p=$ jonst əyrisinə nəzərən absis oxuna görə dikliyi çox olduğundan əlavə alınan istilik faydalı iş əmsalına az təsir edəjəkdir. Bunun üçün də ρ -su yüksək olan tsikldə ümumi termik f.i.ə. az olacaqdır.



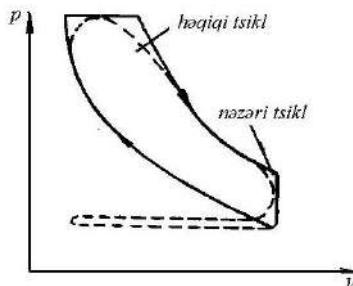
Şək.5.10. Genişlənmə əmsalının termik f.i.ə.-na təsiri

5.4. Daxili yanma mühərriklərində (dym) həqiqi proseslər

Daxili yanma mühərriklərində istilik energisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsi həqiqi proseslərlə olur və bu proseslər də ideal proseslərdən fərqlənir.

Yuxarıda göstərdiyimiz kimi, həqiqi tsikllərdə sorulma prosesi, sürtünmə itkisi sayəsində atmosfer təzyiqindən aşağıda, xarijetmə prosesi isə atmosfer təzyiqindən yuxarıda gedəjəkdir. Burada işçi jism $V=$ jonst və ya $p=$ jonst prosesi ilə xarijdən istilik alan ideal qaz deyil, yanajağın yanmasından alınan yanma məhsuludur. Çıxarış prosesi porşen ölü nöqtəsinə çatmadan başlayır. Yanma prosesi nətijəsində yüksək temperatur əldə edildiyi üçün silindrin divarları xarijdən su və ya hava ilə soyudulur ki, bu da qaz ilə xariji mühit arasındakı istilik mübadiləsinə səbəb olur. Deməli, burada nəzəri adiabatik sıxılma və genişlənmə prosesi gedir. Ən nəhayət şüalanma, sürtünmə, zərbə və istilik ötürmə itkiləri nətijəsində həqiqi tsikllər və həqiqi mühərriklər ideallardan fərqlənir.

Daxili yanma mühərrikdərində həqiqi indikator diaqramlarının ideal diaqramlardan fərqlənməsi şəkil 5.11-də verilmişdir. Həmin şəkildə diaqramın sahəsi silindr yanajağın gördüyü işi göstərir.



Şək. 5.11. Daxili yanma mühərrikdərində həqiqi indikator diaqramlarının ideal diaqramlardan fərqlənməsi

Həqiqi tsikllərdə faydasız iş bu iki sahənin fərqindən ibarətdir. Nəzəri tsiklin faydalı işi təyin edən sahəsini F_1 , həqiqi tsiklin faydalı işi təyin edən sahəsini isə F_2 ilə işaret etsək, bunların nisbəti aşağıdakı kimi olar

$$\delta = \frac{F_2}{F_1}.$$

Bu da, nəzəri tsikllərin həqiqi tsikllərdən fərqlənməsini göstərəjəkdir. Təjrübədən təyin olunmuşdur ki, bu fərqlənmə əmsalı $0,92 \dots 0,97$ intervalında dəyişir.

Yoxlama sualları

1. İstilik mühərrikləri nəyə deyilir? 2. Buxar maşınları hansılardır? 3. Daxili yanma mühərrikləri hansılardır? 4. Qaz turbinləri nəyə deyilir? 5. Daxili yanma mühərrikləri yanajağın verilməsindən, yəni yanma prosesindən asılı olaraq hansı qrupa bölünür? 6. İndikator diaqramı nəyə deyilir? 7. İdeal mühərriklər nəyə deyilir? 8. Sabit həjmde yanma tsikli üçün pV sistemində ideal mühərrikin indikator diaqramı nejə qurulur? 9. İdeal mühərriklərin iş prinsipi nejədir? 10. İkitaktlı sabit həjmli yanma prosesli tsiklin indikator diaqramı nejədir? 11. İdeal mühərriklərin indikator diaqramı nejədir? 12. Tsiklin sıxılma dərəcəsi nəyə deyilir? 13. Genişlənmə əmsalı nejə təyin olunur? 14. Mühərriklərin termik f.i.ə. nejə təyin olunur? 15. Sıxılma dərəcəsinin artması mühərriklərin termik f.i.ə.-na nejə təsir göstərir? 16. Daxili yanma mühərriklərində həqiqi proseslər nejədir? 17. Daxili yanma mühərrik-

lørində həqiqi indikator diaqramları ideal diaqramlardan nejə fərqlənir?

VI FƏSİL

YANAJAQLARIN XASSƏLƏRİ VƏ YANMA NƏZƏRİYYƏSİNİN ƏSASLARI

6.1.Yanajaq və onun əsas xassələri

Yanajaq – energetika, sənaye və qızdırıcı qurğularda istilik əldə etmək məqsədi ilə istifadə edilən maddədir. Yanajağa olan əsas tələbatlar aşağıdakılardır: təbiətdə çox miqdarda olmalı, çox miqdarda istilik verməli, uzun müddət saxlandıqda öz xüsusiyyətlərini saxlamalı və nəqlemdirilməyə yararlı olmalıdır. Biz yalnız üzvü yaranajağı öyrənəjəyik.

Yanajaq müxtəlif xüsusiyyətlərinə görə siniflərə ayrıla bilər. Alınma üsuluna görə: təbii (odun, torf, daş kömür, neft) və süni (oks, benzin, generator qazı) olur. Aqreqat halına görə isə yanajaq bərk, maye və qazşəkilli olur.

Hər bir yanajağın komponentləri yanmış elementlərdən və yanmayan qarışıqlardan və ya ballastdan ibarətdir. Yanajağın yanmış elementlərinə: karbon, hidrogen H , yanmış kükürd S , daxili ballastla (oksigen O və azot N) birgə mürəkkəb kimyəvi birləşmələr təşkil edir. Xarici ballast kül A və nəmlikdən W ibarətdir. Qazşəkilli yanajaq yanmış qazların (JO , H_2 , metan JH_4 və başqa karbohidratlar J_mH_n), yanmayan qazların (JO_2 , O_2 , N_2) və hava buxarının H_2O mexaniki qarışığından ibarətdir.

Karbon J – yanajağın əsas yanmış elementidir, JN tipli üzvü birləşmələr şəklində olur. 1 kq karbon yandıqda 33,9 MJoul istilik ayrılır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, yanma prosesi düzgün təşkil olunmayanda (adətən hava çatışmamazlığında) çox zəhərli olan karbon oksidi JO əmələ gəlir və yanlız 9,2 MJoul istilik ayrılır. Karbon yanajaqda 40-95% miqdarında (saman və antrasit) olur. Yanajağın geoloci yaşı artdıqja onun tərkibində karbonun miqdarı artır.

Hidrogen yandıqda karbondan dörd dəfə çox istilik ayrılır. O adətən karbon birləşmələri şəklində J_mH_n yanajağın daxili nəmliyində olur. Maye yanajaqlarda hidrogen 10-12% (mazut), kömürlərdə çox az- 1,5-2% olur.

Kükürd S – üzvü birləşmələrin tərkibində S_{ii} , kolçedan bir-

ləşmələrində S_k və duzlarda - sulfatlarda ($JaSO_4$) olur. Bu kü-kürd S_d - yana bilmir ballast şəklində olur. Yandıqda zərərli qaz SO və başqa kükürd qazları əmələ gəlir. J , H , S_{iz} və S_k - yanajağın yanana elementləridir.

Oksigen O – yanana elementlərlə kimyəvi birləşmələrdə olur. Karbonun bir hissəsini bağlayaraq yanajağı qiymətdən salır. Oksigen yanmada iştirak edir, yanajaqda 1-30% miqdardında olur.

Azot N - təsirsiz qazdır, 1-6% miqdardında olur. Azot zərərli komponentdir, çünki azot tərkibli birləşmələrin yüksək temperaturlu odluqlarda yanması nətijəsində çox toksik oksidlər NO və NO_2 əmələ gəlir.

Kül A – yanmayan qalıq, yanajağın tam yanmasından yaranır. Bu yanajaqda olan müxtəlif mineral maddələrin qarışığıdır: gil, dəmir oksidləri, əhəng və s. Daş kömürdə 4-25% kül, odunda 0,6% kül olur. Qazlar qalıqsız yanır.

Nəmlik W yanajağın zərərli qarışığıdır, 1 kq yanajaqda yanana maddələrin payını azaldır. Yanajağın yanması nətijəsində ayrılan istiliyin bir hissəsi nəmin buxarlanmasına sərf olur. Yanajağın nəmliyi daxili və xariji olur. Xariji nəmlik yanajağın çıxarılma şərtlərindən, nəql etdirilməsindən və saxlanmasından aslıdır. Daxili nəmlik yalnız yanajağın xüsusiyyətlərindən asılıdır. O yanajağın mikroskopik boşluqlarını doldurur və adı qurutma ilə ayrıla bilməz. Yanajağın daxili nəmliyini ayırməq üçün onu $t=103-110^{\circ}J$ kimi qızdırır və dörd saat saxlayırlar. Yanajağın nəmliyi 5-60% təşkil edir.

Yanajağın nəmlik hissəsini uçuju maddələr və koks təşkil edir. Uçuju maddələr – qazşəkilli maddələrdir ki, yanajağın havasız qızdırılması nətijəsində ayrılırlar. Bərk qalıq koks adlanır. Uçuju maddələrin ayrılması yanajağın yanma prosesinə böyük təsir göstərir: çox ayrıldıqda yanajaq asan alovlanır və parlaq alovla yanır. Koks bitişik, ərimiş və tozşəkilli ola bilər.

Yanajaq – istehlakçıya daxil olduğu şəkildə işçi adlanır, onun kütləsi isə – işçi kütlə adlanır. Yanajaq onu təşkil edən elementlərin kütləvi tərkibi ilə xarakterizə olunur.

İşçi kütləyə görə elementar tərkib p hərfi ilə işarələnir:

$$C^p + H^p + S_{iz+k}^p + O^p + N^p + W^p + A^p = 100\% .$$

Əgər yanajaqdan nəmliyi tam çıxarsaq belə kütlə quru kütlə adlanır. Onda tərkib quru kütləyə görə hesablanır.

$$C^c + H^c + S_{iiz+k}^c + O^c + N^c + A^c = 100\% .$$

Təsəvvür edək ki, külü də çıxarmışıq, onda yanın kütləni alırıq:

$$C^y + H^y + S_{iiz+k}^y + O^y + N^y = 100\% .$$

Elementar tərkibin hesabat əmsalları jədvəl 6.1-də verilmişdir.

Jədvəl 6.1

Yanajağın elementar tərkibinin hesabat əmsalları

Axtarılan kütlə Verilən kütlə	Yanan	Quru	İşçi
Yanan	1	$\frac{100 - A^c}{100}$	$\frac{100 - A^p - W^p}{100}$
Quru	$\frac{100}{100 - A^c}$	1	$\frac{100 - W^p}{100}$
İşçi	$\frac{100}{100 - A^p - W^p}$	$\frac{100}{100 - W^p}$	1

Yanajağın əsas xarakteristikası onun yanma istiliyidir. Yanma istiliyi 1 kq bərk və ya maye yanajağın yaxud 1 m³ qazın tam yanması zamanı ayrılan istiliyin miqdardır. Yanajağın kimyəvi tərkibini və hər bir elementin yanması nətijəsində ayrılan istilik miqdarını bilərək yanma istiliyini hesablamaq olar. Yanması istiliyi yüksək və aşağı olur. Q_B^p və Q_H^p , Q_B^p - hidrogenin yanması nətijəsində əmələ gələn nəmliyin buxarlanmasına sərf olunan istilik itkilərini nəzərə almadan hesablanan istilikdir.

Q_H^p - nəmliyin buxarlanmasına sərf olunan istiliyi nəzərə almaqla hesablanan yanma istiliyidir.

Bərk və maye yanajağın yanma istiliyi D.İ.Mendeleyevin tənliyindən təyin edilir:

$$Q_H^p = 338C^p + 1025H^p - 108(O^p + S_{iiz+k}^p) - 25W^p \text{ kJoulkq.}$$

Müxtəlif növ yanajaqları müqayisə etmək üçün şərti yanajaq anlayışından istifadə olunur. Bu elə yanajaqdır ki, yandıqda 7000 kkalkq və ya 29,3 kJoulkq istilik ayrılır. Hər bir yanajağı şərti yanajağa hesablaşdırıldığda Q_H^p $k=17000$ və ya $k=129,3$ əmsalına vurulur.

Bəzi yanajaq qazlarının tərkibi və yanma istiliyi jədvəl 6.2.-də verilir.

Jədvəl 6.2

Yanajaq qazların tərkibi və yanma istiliyi

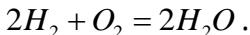
Qazın adı	Qazın quru tərkibi həjmə görə %-lə								Q_H^p MJoulm ³
	JH_4	H_2	JO	J_nH_m	O_2	JO_2	H_2S	N_2	
Təbii qaz	94,9	-	-	3,8	-	0,4	-	0,9	36,7
Kokslu (təmizlənmiş)	22,5	57,5	6,8	1,9	0,8	2,3	0,4	7,8	16,6
Domna qazı	0,3	2,7	28	-	-	10,2	0,3	58,5	4
Sixilmiş qaz (maye qaz)	4	Propan 79, etan 6, H-i izotopun 11							88,5

6.2. Yanma nəzəriyyəsinin elementləri

Oksidin yanajağın yanmış elementləri ilə kimyəvi birləşmə reaksiyası yanma adlanır. Bunun nəticəsində intensiv-istilik ayrılması və temperaturun nisbətən artması müşahidə olunur. Fasiləsiz yanma üçün yanma zonasına yanajağın fasiləsiz verilməsi, onların intensiv qarışması və yanmış məhsulların çıxarılması lazım gəlir. Qomogen və qeterogen yanma növləri var. Qomogen yanmada oksid və yanajaq qazşəkilli vəziyyətdə verilir. Qeterogen yanmada reaksiya müxtəlif aqreqat halında olan maddələr arasında baş verir.

Yanma reaksiyaların əsas xüsusiyyətləri akademik N.N.Semyonov tərəfindən zənjirvari reaksiyalar nəzəriyyəsi ilə ifadə olunur. Bu nəzəriyyəyə əsasən yanma reaksiyaları fasiləsiz bərpa olunan aktivləşmiş mərkəzlər zənjirinin yaranması ilə baş verir. Zənjirvari reaksiyasını yaradan aktiv atomlar və sərbəst valentli hissəjiklərdir (radikallar). Onlar başqa atomlarla asan birləşərək aralıq komponentləri əmələ gətirir. Bu komponentlərin başqa atomlarla əsks təsiri

reaksiyanın son məhsulunun yaranmasına və yeni radikalların ayrılmamasına səbəb olur. Hidrogenin bir radikalı oksigen molekulu ilə toqquşduqda iki aralıq dəyişməsi nətijəsində iki radikal verir, sonra bu ədəd dörd olur və s. Yəni reaksiya heç də aşağıdakı kimi getmir



Zənjirvari reaksiyalar çox yüksək sürətlə baş verir.

Kimyəvi reaksiyanın sürəti reaksiyada olan maddələrin konsentrasiyasından, temperaturundan və reagentlərin təzyiqindən asılıdır:

$$W_x = k C_A^a C_B^b,$$

burada J_A və J_{B^-} konsentrasiya;

k - reaksiyanın sürət konstantası;

a və b - təjrübi konstantalardır.

Temperatur artdıqja reaksiyanın sürət konstantası Arrenius qanunu ilə artır:

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}},$$

burada E - aktivləşmiş energisi (qaz qarışqları üçün 85-170 kJoulkq).

Qarışığın zənjirvari reaksiyanın budaqlanaraq getməsi temperaturu – qarışığın alovlanma temperaturu adlanır. Qazlar üçün bu 500-750°J (jədvəl 6.3).

Yanajağın yanma vaxtı

$$\tau = \tau_{fiz} + \tau_{kim}.$$

τ_{fiz} müddətdə yanajağın oksidlə kontaktı baş verir, τ_{kim} - kimyəvi reaksiyanın bilavasitə getmə müddətidir. Əgər $\tau_{fiz} << \tau_{kim}$, onda yanma kinetik adlanır. Kinetik yanma qaz qarışqları üçün xarakterikdir, bir anda yanma üçün oksigen nəzəri jəhətdən lazım olan miqdardan artıqdır. Əgər $\tau_{fiz} >> \tau_{kim}$, onda yanma diffuziyalı adlanır. Belə yanmada yanajaq və oksidləşdiriji ayrı-ayrı verilir, onların qarışması isə diffuziya hesabına baş verir.

Bilavasitə yanma baş verən zona alov adlanır. Əgər qaz qarışıığı yaxşı qarışdırılırsa alov nazik 0,003-0,6 mm olar

(yanma frontu). Yanma frontu 6-30 ms süretlə hərəkət edir. təzyiq artdıqda yanma frontunun sürəti kəskin artır – praktiki olaraq partlayışlı yanma baş verir, alovun sürəti saniyədə bir neçə kilometrə bərabər olur.

Alovun sürəti qarışığın tərkibində yanmış qazın faizindən asılıdır. Temperatur artdıqda alovun sürəti artır. Ballastın N_2 və JO_2 olması alovun sürətini azaldır.

Yanma laminar (sakit, axımlı) və turbulent olur. Turboldent yanmaya daha çox rast gəlinir. Əgər qarışığın sürəti W_q alovun sürətindən W_a böyükdürsə, onda alov odluqdan ayrıla bilər, $W_q < W_a$ olduqda alov odluğun içərisinə keçə bilər. Hər iki hal təhlükəlidir.

Qeterogen yanmanın bir sıra xüsusiyyəti var.

Jədvəl 6.3

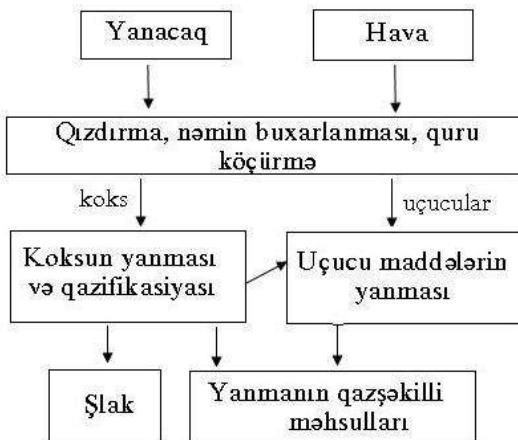
Qaz hava qarışıqlarının konsentrasiyaları və alovlanma temperaturları ($t=20^\circ\text{C}$, $p=0,1 \text{ MPa}$)

Qaz	Kimyəvi düsturu	Konsentrasiya sərhədləri		Alovlanma temperaturu
		aşağı %	yuxarı %	
Hidrogen	H_2	4,0-9,5	65-75	580-590
Karbon oksidi	JO	12-15,6	71-75	644-658
Metan	JH_4	4,9-6,3	12-15,4	650-750
Etan	J_2H_5	3,1	12,5	-
Propan	J_3H_6	2,4	0,5	-
Butan	J_4H_{10}	1,9	8,4	-
Etilen	J_2H_4	3,0	28,6	542-547
Asetilen	J_2H_2	2,5	80,0	406-440
Təbii qaz	-	5,1-5,8	12,1-13,9	-

Maye yanajağın yanma prosesi onun forsunka vasitəsilə püskürdüləməsindən, buxarlanmasından və yanajağın termiki parçalanmasından, alınan qazşəkilli məhsulların hava ilə qarışmasından, alovlanmadan və yanmadan ibarətdir. Püskürdüləmə nəticəsində mayenin qazla təmas etmə səthini minlərlə dəfə artırır. Yanmadan əmələ gələn məşəl üç fazadan ibarətdir: maye, bərk (dispers, karbon, kül) və qazşəkilli (parçalanma məhsulları). Yanma sürəti yandırma şəraitindən asılıdır: qarışq əmələ gəlməsindən, aerasiya dərəjəsindən, məsələn turbulizasiya dərəjəsindən, yanma kamerasının

temperaturundan. Məşəl bərk qızdırılmış dispers karbonun hesabına işıqlanır.

Bərk yanajağın da yanma xüsusiyyətləri var. Adətən yanma lay altında aparılır. Yanma prosesinin əsas mərhələləri şəkil 6.1-də göstərilmişdir.

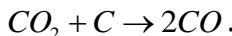


Şək.6.1. Bərk yanajağın yanma mərhələləri

Qeterogen reaksiyanın sürəti temperaturdan, təzyiqdən və reaksiyadada olan maddələrin konsentrasiyasından asılıdır. Sərhəd laminar layda oksidləyişi yanan elementlərə diffuziya yolu ilə ötürülür. Sərhəd layın qalınlığı δ axının sürətindən asılıdır və sürət artıqja azalır.

Texniki yanajağın yanması ślakin çıxarılması üsulundan asılıdır, çünki karbon yandıqja yanajağın hissəjiklərinin üzərində kül qalığı əmələ gəlir, bu da oksidləyişinin keçməsini çətinləşdirir. Yüksək temperatur təsirindən kül yumşala, hətta əriyə bilər. Yanajaq elə bil ki, bişir (ślaklanır). Ślaklaşma oksidləyişinin hətta ayrılan, yanan uçuju maddələrə də keçməsini çətinləşdirir.

Yanajağın ojaq qəfəsində yanması zamanı iki zona nəzərə çarpır: oksidləşmə zonası və bərpa zonası- burada havanın oksigeni yüksək temperatur təsirindən JO_2 -dən JO -ya kimi bərpa olunur:



Digər qazlaşma reaksiyaları da belə gedir, nətijədə yanajaq layının üzərində yaranan qazlar qarışıqlı olacaq. Onlara yanma imkanını vermək üçün odlağa əlavə hava vermək lazımdır. Bunu nazik lay və kəskin üfləmə vasitəsilə və ya qalın layda odluğa ikinji üfləmə təşkil etməklə əldə edirlər.

Əgər hissəjiklərin ölçülərini kiçiltsək, havanın sürətini isə artırısaq, aerodinamiki təzyiq hissəjiklərin çəkisindən artıq olar və yanajağın layı ya "qaynayan" və ya havada asılı vəziyyətdə olar (qeterogen məşəl). Məşəlin üzərində əsasən oksidləşmə prosesləri keçir. Məşəlin nüvəsində yüksək temperatur yaranır ($1700^{\circ}J$ kimi) buna görə qazifikasiya prosesləri daha da böyük rol oynayır

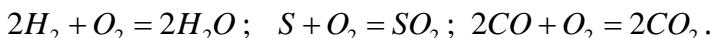


Beləliklə bərk yanajaq yandıqda kinetik yanma, həm də diffuzion yanma baş verir.

İstilik maşınları, istilik generatorları və yanajağın çıxarılması, nəqletdirilməsi və emalı hazırda ətraf mühitin çirkənməsinə səbəb olur.

6.3. Yanmanın texniki hesabatı

Yanmanın texniki hesabatlarının əsaslarını material balansları təşkil edir. Yanajağın tərkibi nə qədər mürəkkəb olsa nətijədə karbon JO_2 -yə kimi, hidrogen H_2O -ya və küükürd SO_2 -yə kimi yanır. Oksidləyişi vəzifəsində adətən hava olur.



Birinci reaksiya üçün material balansı



Atmosfer havasında 23% oksigen olmasını nəzərə alsaq 1 kq yanajağın yanması üçün lazım olan havanın miqdarnı hesablaya bilərik.

$$L_0 = 0,115(C^p + 0,375S_{uz+k}^p) + 0,342H^p - 0,0431O^p.$$

Əgər bu ifadəni havanın sıxlığına bölsək (normal şəraitdə

$p=1,293 \text{ kqm}^3$), onda lazım olan havanın həjmi miqdarını alarıq:

$$V_0 = 0,0899(C^p + 0,375S_{iz+k}^p) + 0,265H^p - 0,0333O^p, \frac{\text{Nm}^3}{kq_{yanacaq}}.$$

Bu düsturlar bərk və maye yanajaq üçündür. Qazşəkilli yanajaq üçün lazım olan havanın həjmi 1 Nm^3 qaza müvafiq edir.

Yanma üçün verilən həqiqi hava həjminin V_d nəzəri həjminə V_o nisbəti izafî hava əmsalı α adlanır:

$$\alpha = \frac{V_d}{V_o}.$$

Yanma prosesi düzgün təşkil olduğunda $\alpha > 1$ $\Delta V = (\alpha - 1)V_0$. Ən yaxşı odluqlarda $\alpha = 1,05-1,1$; pislərdə $\alpha = 1,3-1,5$ olur. Qazifikasiyada $\alpha < 0$, yanajağın quru köçürülməsində $\alpha = 0$. α -nin artması yanma temperaturunun azalmasına, itkilerin artmasına və istilik qurğularının f.i.ə. azalmasına səbəb olur.

Qazşəkilli yanajaqlarda yanma prosesinin təşkilində yanajağın tam yanmasını təmin etməyə çalışırlar, yəni karbonu JO_2 -yə, hidrogeni H_2O -ya kimi oksidləşdirirlər. Yanma məhsullarının həjmi ($\text{Nm}^3 kq_{yanacaq}$) iki hissəyə bölünür: quru qazlar və su buxarları

$$V_{ps} = V_{sq} + V_{H_2O},$$

$$\text{burada } V_{sp} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2} + V_{O_2}.$$

Faizlə

$$CO_2 + SO_2 + N_2 + O_2 = 100\%.$$

Quru qazların həjmi

$$V_{sq} = V_{Osq} + (\alpha - 1)V_o,$$

$\alpha > 1$ olduqda qazın həjmi

$$V_{sq} = 0,0186(C^p + 0,375S_{iz+k}^p) + 0,79\alpha V_0 + 0,21(\alpha - 1)V_o, \frac{\text{Nm}^3}{kq_{yanacaq}},$$

burada $0,21(\alpha - 1)V_o$ - havanın izafî oksigenidir;

$0,79\alpha V_o$ - havanın azotudur.

Əgər düsturda $\alpha=1$ götürsək onda 1 kq yanajağın yanması nətijəsində alınan qur qazların nəzəri həjmini alırıq:

$$V_{O_{sq}} = 0,0186(C^p + 0,375S_{uz+k}^p) + 0,79V_0.$$

Yanajağın nəmliyini nəzərə almaqla hava buxarlarının həjni aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$V_{H_2O} = 0,112H^p + 0,0124W^p, \text{ Nm}^3\text{kq}.$$

Yanan məhsulların analizi xüsusi jihazlarda qazoanalizatorlarda aparılır. Adətən qaz analizi zamanı su buxarı kondensasiya edir, sonra SO_2 , JO_2 , O_2 ardıcılıqla udulur. Analizin nətijələrin-dən α təyin edilir

$$\alpha = \frac{21}{21 - 79 \frac{O_2}{100 - (SO_2 + CO_2 + O_2)}},$$

burada O_2 , SO_2 və s.- bu qazların yanma məhsullarında faiz miqdardır.

Yanma məhsullarının entalpiyasını bir kq bərk və maye yanajaq üçün və ya 1 Nm^3 qaz üçün hesablayırlar:

$$H_p = H_{oq} + (\alpha - 1)H_{OB}, \text{ kJoulkq} \text{ və ya } \text{kJoulNm}^3,$$

burada H_{oq} - yanma məhsullarının həjminin entalpiyasıdır.

$$H_{oq} = \sum_1^n c_i t_i m_i,$$

H_{OB} - nəzəri lazımlı olan hava həjminin entalpiyası

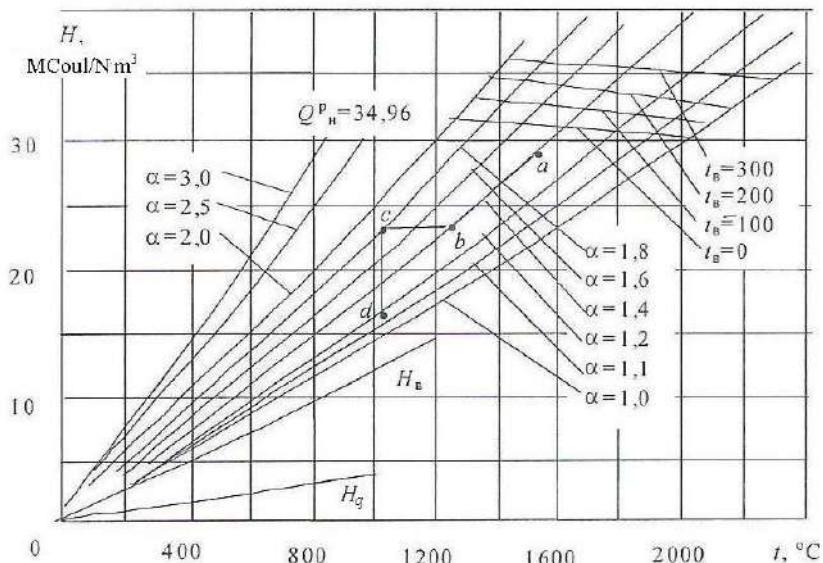
$$H_{oq} = c_B t_B m_B.$$

Şəkil 6.2 - də təbii qazın yanma məhsullarının $H-t$ diaqramı verilir. Qazın yanma istiliyi $Q_H^p = 34,96 \frac{\text{MCoul}}{\text{Nm}^3}$, diaqramdan görünür ki, $\alpha=2$ olduqda $t_{max,n}=1260^\circ\text{J}$, $\alpha=1,2$ -də $t_{max,n}=1900^\circ\text{J}$ olur.

Yanma nətijəsində istilik qızdırılan səthin şüalanması və konveksiya ilə ötürülür. Nətijədə qazlar soyudulur, onların entalpiyası azalır. Bu proses şəkil 6.2 - də a-b xətti ilə verilir, $\alpha=const$, maksimal yanma temperaturu azalır.

Cox vaxt yanma məhsulları sorma ilə çıxarılır. Bu zaman

təzyiq düşür. Onda başlıqlardan oraya atması havası sovrulur, bu zaman izafî hava əmsali artır. Belə olduqda qazların entalpiyası praktiki olaraq dəyişmir, çünki sovrulan soyuq havanın temperaturu sıfıra yaxındır. Demək soyuq havanın yanma məhsullarına qarışması H - t diaqramında b - j xətti ilə verilir. İzotermik proses burada j - d xətti ilə göstərilir.



Şək.6.2. Təbii qazın yanma məhsullarının H - t diaqramı

Əgər tüstü qazları qızdırılmış hava ilə qarışsa qarışığın entalpiyası aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$H_n = Q_H^p + Q_B + Q_{tf},$$

burada Q_B - havanın istiliyi;

Q_{tf} - yanajağın fiziki istiliyidir.

6.4. Qazanxana avadanlıqları

Müasir qazanxana avadanlıqları yüksək texnologiyalı avtomatik qurğulardır. Az enerji sərf etməklə binaları keyfiyyətli qızdırır və isti su ilə təmin edir. Yaşayış məntəqələrinin,

anbarların, sənaye müəssisələrinin, ijtimali yerlərin qızdırılması və isti su ilə təmin edilməsi üçün nəzərdə tutulur.

6.4.1. Quruluşu və təyinatı. Qazanxananın əsas avadanlığı qazandır. Qazan - istilik dəyişdiriji olub yanajağın yanması nəticəsində alınan energini istilik daşıyıjiya - suya və ya elektrolitə verir. Şərti olaraq qazanlar elektrik, qaz, bərk və sənaye yanajaqla işləyən qaznlara bölünürərlər.

6.4.2. Elektrik qazanlar. Bu qazanlar praktiki olaraq hər növ tikililər, yəni yaşayış binaları, anbarlar, tijarət və texniki binalar üçün yararlıdır. Burada enerçi kimi elektrik energisindən istifadə olunur.

Avadanlığın əsas üstünlükleri aşağıdakılardır:

- xüsusi olaraq qazanxana üçün yer və tüstü borusu lazım gəlir. Bu qazanların quraşdırılmasında sərmayə qoyuluşunu azaltmağa imkan verir;
- istənilən yerdə quraşdırılma imkanının olması. Bu divarda öz növbəsində sahəyə qənaət etməyə imkan yaradır;
- qazanın işinin avtomatlaşdırılması. Bu da binada lazımı temperaturu saxlamağa imkan verir;
- səssiz işləmə;
- nisbətən aşağı qiymət;
- açıq alovun olmamasına görə təhlükəsizlik;
- asan istismarı;
- təmizlənmə və xidmətin lazım gəlməməsi;
- ekoloci təmizlik.

Əsas çatışmayan jəhət isə elektrik energisinin yüksək qiymətidir.

6.4.3. Qaz qazanları. Etibarlı və sərfəli qaz qazanları böyük və kiçik sahəli binaları qızdırmaq üçün istifadə olunur. Bizim ölkədə binaları qızdırmaq üçün geniş yayılanı qazanxana avadanlığıdır. Elektrik qazanlarla müqayisədə qazın qiyməti aşağı olduğundan bu qazanların istismar xərjlərinin az olmasına.

Əsas üstünlükleri aşağıdakılardır: yanajağın qiymətinin aşağı olması, asan quraşdırılması, kompaktlığı, istismarının və

texniki xidmətin asan olması, səssiz işləməsi. Qaz qazanları divar və döşəməüstü olur.

Divar qazanlarının əsas üstünlükleri – qiymətinin aşağı olması, böyük olmayan ölçüləri olması və asan quraşdırılmasıdır. 300 m^2 sahəsi olan binaların qızdırılması üçün nəzərdə tutulur. Çatışmamazlıqları isə uzun müddətli işləyə bilməməsi, hansı ki, bu da suyun keyfiyyətinin aşağı olmasına gətirib bixarır.

Alışma növünə görə qaz qazanları elektrik və pyezoalışqanlı olurlar. Yanajaq məhsullarının çıxarılmasına görə isə –tüstü borusu vasitəsilə təbii havaçəkən və xüsusi ventilyator vasitəsilə məjburı havaçəkən olurlar.

Döşəməüstü qazanların istilikdəyişdirijisi polad və ya çuqundan hazırlanır. Çuqun qazanın əsas üstünlükleri divarlarının qalın olması və korroziyaya az məruz qalmasıdır, çatışmamazlığı isə materialın kövrək olmasıdır. Polad istilikdəyişdirijiyə malik qazan daha möhkəmdir, yalnız korroziyaya məruz qalma dərəjəsi yüksəkdir.

Döşəməüstü qaz qazanları atmosfer və ventilyatorlu olurlar. Atmosfer olduqda qazanlarda qaz-haa qarışığının yanması və işlənmiş qazların tullanması təbii üsulla tüstü borusundan çıxarılır, bu da qurğunun səssiz işləməsini təmin edir. Bu avadanlığın güjü $10-100 \text{ kVt}$ -dir.

Ventilyatorlu odluqlu qazanlar həm qazla, həm də maye yanajaqla işləyə bilər. Bəzi hallarda qazanın güjü bir neçə min kVt-a çatır, bunun hesabına böyük binaları qızdırmaq mümkün olur.

6.4.4. Bərk yanajaqlı qazanlar. Bu qazanlar ənənəvi qazanzana avadanlıqlarındanandır. Əsas üstünlüyü yanajağın ujuzlugudur. Burada odundan, kömürdən, koksdan istifadə olunur. Çatışmamazlığı – avtonom işləyə bilməməsi, çünkü müntəzəm olaraq qazana yanajaq doldurulmalıdır.

Bərk yanajaq qazanları:

- klassik - yalnız bərk yanajaqla işləyən;
- universal - üç və daha çox yanajaqla işləyən;
- bərk yanajaqlı – odunun piroliz yandırılması ilə işləyən (belə qazanlarda həm odun, həm də yanma zamanı əmələ gələn

qaz yandırılır, bu da f.i.ə.-nın artmasına imkan yaratır).

Çatışmayan jəhəti – qiymətinin və elektrik enerjisinin yüksək olmasıdır.

6.4.5. Maye yanajaqlı qazanlar. Bu tip qazanlarda istifadə olunan odluqlar ventilyatorlu olur, bu da yanajağın təzyiqlə verilməsini təmin edir. Buna görə də lazımlı gəldikdə az müddət ərzində bir növ yanajaqdan digərinə odluğu dəyişməklə keçmək olar. Qazanların istismar müddətini artırmaq üçün müntəzəm olaraq tüstü borusunu (dəm bajasını) təmizləmək və filtrləri dəyişmək lazımdır.

Yoxlama sualları

1. Hansı növ yanajaqları vardır? 2. Yanajağın əsas elementi nədir? 3. Yanajağın yanmış elementləri hansılardır? 4. Ballast nəyə deyilir? 5. Küükürd nəyin tərkibində olur? 6. Yanajağın uçuju hissəsini nə təşkil edir? 7. Yanajağın əsas xarakteristikası nədir? 8. Yanma istiliyi nəyə deyilir? 9. Şərti yanajaq nəyə deyilir? 10. Yanma hansı recimlərdə olur? 11. Yanma məhsullarının entalpiyası nejə hesavlanır? 12. Təbii qazın yanma məhsulları hansı diaqramda verilir? 13. Məşəl hansı üç fazadan ibarətdir? 14. Məşəl nəyin hesabına işıqlanır? 15. Qazanxananın əsas avadanlığı nədir? 16. Qazanxana avadanlıqlarının əsas üstünlükləri hansılardır? 17. Hansı qazanlar var?

VII FƏSİL BUXARLAR

7.1. Buxarlar haqqında ümumi məlumatlar

Sabit təzyiqdə temperaturu 0°J olan 1 kq mayedən, xarijdən verilən istilik nətijəsində çox qızmış buxar alınması üç mərhələyə bölünür:

1-jı mərhələdə maye 0°J -dən t_s - qaynama temperaturunadək qızdırılır. Bu mərhələnin sonunda maye qaynama temperaturunda olur, belə mayeyə doymuş maye deyilir.

2-jı mərhələdə doymuş maye qaynama temperaturunda buxara çevrilir. Bu halda mayenin temperaturu, onun axırınçı daması buxara dönənədək sabit qalır. Buxarlanmanın sonunda yəni maye tamamilə buxara çevrildikdə quru doymuş buxar alırıq. Deməli, quru doymuş buxar, qaynama temperaturunda olan, maye damjalarından azad olmuş buxardır.

İkinji mərhələdə, yəni doymuş maye ilə quru doymuş buxar arasında alınan buxarlara nəm buxar deyilir.

Deməli, doymuş maye, nəm buxar və quru doymuş buxar, yəni maddənin hər üç hali, müəyyən təzyiqə uyğun, eyni t_s - qaynama temperaturunda olur.

Eyni temperaturda olan iki nəm buxarı bir-birindən ayırmak üçün, adətən, quruluq dərəjəsindən istifadə edirlər.

Nəm buxar daxilində olan X – quru doymuş buxarın kütləsinin G – nəm buxarın kütləsinə nisbətinə x – quruluq dərəjəsi deyilir, yəni

$$x = \frac{X}{G}. \quad (7.1)$$

Nəm buxarın daxilində olan $(G-X)$ mayenin kütləsinin, G – nəm buxarın kütləsinə nisbətinə y – nəmlik dərəjəsi deyilir, yəni:

$$y = \frac{G-X}{G} = 1-x. \quad (7.2)$$

(7.1) və (7.2) ifadələrində $X=0$ olarsa, $x=0$ və $y=1$ alınar.

Deməli, maddə doymuş maye halında olduqda, onun quruluq dərəjəsi sıfır, nəmlik dərəjəsi isə vahidə bərabər olmalıdır.

Həmin (7.1) və (7.2) ifadələrində $X=G$ olarsa, $x=1$ və $y=0$ alınar. Deməli, maddə quru doymuş buxar halında olduqda, onun quruluq dərəjəsi vahidə, nəmlik dərəjəsi isə sıfıra bərabər olmalıdır.

(7.1) ifadəsində $G=1$ kq olduqda, $x=X$ alınır. Buna görə də quruluq dərəjəsinə bəzən buxar tutumu da deyirlər.

Quruluq dərəjəsi 0 ilə 1 arasında dəyişir.

3-jü mərhələdə, təzyiq sabit qalmaq şərti ilə xarijdən verilən istilik nətijəsində quru doymuş buxarın temperaturu qaynama temperaturundan yuxarı qalxdığından, qızmış buxara çevrilir. Deməli, temperaturu verilmiş təzyiqə uyğun qaynama temperaturundan böyük olan buxara qızmış buxar deyilir.

7.2. Van-der-Vaals tənliyinin buxarlara tətbiqi

Van-der-Vaals tənliyi real qazlardan ötrü təklif olunmuş hal tənliyidir

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT. \quad (7.3)$$

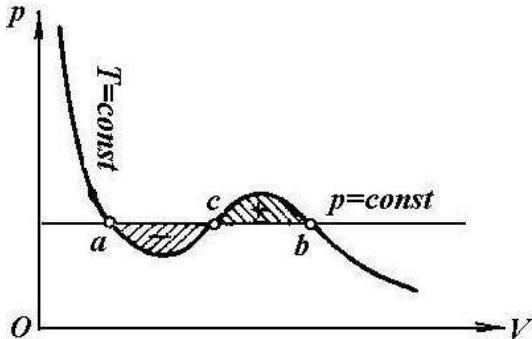
Aydındır ki, bu tənlik Klayperon-Mendeleyev tənliyinə iki düzeliş əlavə etməklə alınmışdır. Bunlardan biri $\frac{a}{V^2}$ - molekullar arasındaki ılışmə qüvvəsini, digəri b isə molekulların həjmlərini nəzərə alır. Həmin tənlikdəki ($V-b$) sərbəst həjmi, yəni sıxılmada və genişlənmədə iştirak edən həjmi göstərir. Maddənin xüsusiyyətdən asılı olan a və b kəmiyyətləri Van-der-Vaals əmsalları adlanır.

Van-der-Vaals tənliyi, maddənin yuxarıda qeyd etdiyimiz maye, buxar və qaz hallarını ardıl olaraq əks etdirə bilir. Bunu göstərmək çətin deyildir.

Bundan ötrü həmin tənliyi pV koordinat sistemində qrafiki təsvir etmək lazımdır. (7.3) tənliyində $T=\text{jonst}$ hesab edərək, $V = f(p)$ asılılığını, yəni izoterm tənliyini alarıq. Bu Van-der-Vaals izotermi şəkil 7.1 - də göstərilmişdir. Şəkildə izotermin

izobar ilə üç nöqtədə, yəni a , b və j nöqtələrində kəsişməsi göstərilmişdir.

Buxarlar haqqında ümumi məlumat verdikdə, doymuş maye, nəm buxar və quru doymuş buxarin, müəyyən təzyiqə uyğun olan eyni T_s - qaynama temperaturunda olduğunu qeyd etmişdik. Buna görə də, şəkildə göstərilən T izotermi p təzyiqinə uyğun olan qaynama temperaturu olarsa, a nöqtəsi doymuş mayenin, b nöqtəsi quru doymuş buxarin, j nöqtəsi isə nəm buxarin bir halını göstərir.



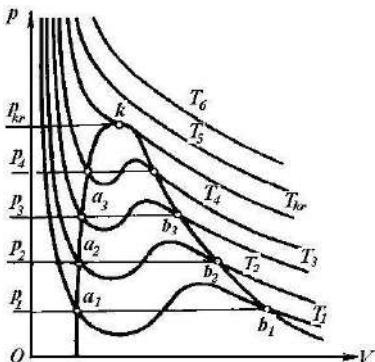
Şək.7.1. Van-der-Vaals izotermi

Qeyd etmək lazımdır ki, T izoterminin p təzyiqinə uyğun olan qaynama temperaturu olması üçün şəkildə ştrixlənmiş sahələr bir-birinə bərabər olmalıdır. Bunu isbat etmək üçün Van-der-Vaals izotermi abj ilə praktiki izoterm ab -dən əmələ gələn tsiklə Klauzius integrallını tətbiq etmək lazımdır.

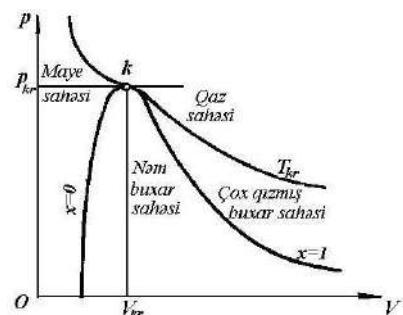
Şəkil 7.1 - də bir təzyiqdən ötrü a və b nöqtələrinin qurulma üsulu göstərilmişdir. Şəkil 7.2 - də isə həjmin a və b nöqtələri müxtəlif təzyiqlərdən ötrü qurulmuşdur. Burada a_1 , a_2 , a_3 , ... və b_1 , b_2 , b_3 , ... nöqtələri müxtəlif təzyiqlərdə olan doymuş mayenin və quru doymuş buxarin hallarını göstərir. a_1 , a_2 , a_3 , ... nöqtələrini birləşdirən əyriyə aşağı sərhəd əyrisi, b_1 , b_2 , b_3 , ... nöqtələrini birləşdirən əyriyə isə yuxarı sərhəd əyrisi deyilir.

Şəkil 7.2-dən görünür ki, T_{kr} ilə işarə olunan kritik izoterm göstərilən bütün izotermləri iki qrupa ayırır. T_{kr} -dən aşağıdakı

izoterm'lər izobarlarla üç nöqtədə, T_{kr} -dən yuxarıdakı izoterm'lər isə izobarlarla yalnız bir nöqtədə kəsişir. İzobar ilə izoterm'lərin bir nöqtədə kəsişməsi maddənin Van-der-Vaals tənliyinə yox, Klayperon-Mendeleyev tənliyinə tabe olmasını, yəni qaz halında olmasını göstərir. Buna görə də T_{kr} -dən yuxarı sahə, şəkil 7.3 - də göstərildiyi kimi, qaz sahəsini təsvir edir. Həmin şəkilde, eyni zamanda maddənin müxtəlif halları, yəni T_{kr} izotermi ilə $x=1$ yuxarı sərhəd əyrisi arasındakı sahənin çox qızmış buxar əyrisi olması, $x=0$ aşağı sərhəd əyrisi ilə $x=1$ yuxarı sərhəd əyrisi arasındakı sahənin nəm buxar sahəsi olması, $x=0$ aşağı sərhəd əyrisi və kritik izotermi ilə p oxu arasındakı sahəninmeye sahəsi olması göstərilmişdir.



Şək.7.2. T_{kr} ilə işaretə olunan kritik izoterm'lər



Şək.7.3. T_{kr} -dən yuxarıdakı izoterm'lər

Sərhəd əyrilərinin kəsişmə nöqtəsi k -kritik nöqtə adlanır. Bu nöqtənin parametrləri: p_{kr} - kritik təzyiq, V_{kr} - kritik həjm və T_{kr} - kritik temperaturdur. Hər maddənin özünəməxsus xüsusi kritik parametrləri vardır. Məsələn, su üçün:

$$p_{kr}=225,65 \text{ ata}, V_{kr}=0,00326 \text{ m}^3\text{kq}, T_{kr}=374,15^\circ\text{J}.$$

p_{kr} - kritik təzyiq elə təzyiqdir ki, bu təzyiqdən aşağı təzyiqdə olan mayelər qaz halına buxarlanaraq, bu təzyiqdən yuxarı təzyiqlərdə olan mayelər isə qaz halına buxarlanmayaraq keçir.

V_{kr} - kritik həjm mayenin maksimum həjmidir, yəni maddə-

nin xüsusi həjmi V_{kr} -dən böyük ola bilməz. T_{kr} - elə temperaturdur ki, maddə bu temperaturdan yuxarı temperaturda həmişə qaz halında olur.

Yoxlama sualları

1. Quruluq dərəjəsi nəyə deyili? 2. Nəmlik dərəjəsi nəyə deyilir? 3. Buxar alınmasının periodları nejədir? 4. Doymuş mayenin göstərijiləri hansılardır? 5. Quru doymuş buxarın göstərijiləri hansılardır? 6. Buxar tutumu nəyə deyilir? 7. Qızmış buxar nəyə deyilir? 8. Van-der-Vaals tənliyinin real qazlardan ötrü təklif olunmuş hal tənliyi nejədir? 9. Doymuş maye nəyə deyilir? 10. Quru doymuş buxar nəyə deyilir? 11. Nəm buxar nəyə deyilir? 12. Van-der-Vaals izotermii nejədir? 13. Kritik təzyiq nədir? 14. Kritik həjm nədir? 15. Kritik tempetatur nədir?

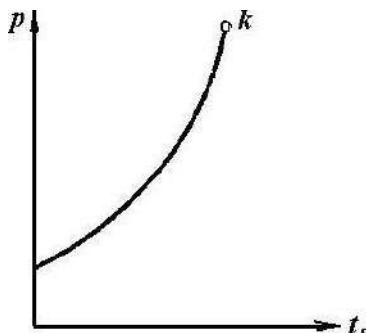
VIII FƏSİL
**DOYMUŞ MAYENİN, QURU DOYMUŞ BUXARIN,
 NƏM BUXARIN VƏ ÇOX QIZMIŞ BUXARIN
 HALLARINI TƏYİN EDƏN ƏSAS PARAMETRLƏR**

8.1. Doymuş mayenin halını təyin edən əsas parametrlər

8.1.1. Qaynama temperaturu ilə təzyiq arasındaki asılılıq. Qaynama temperaturu şəkil 8.1-də göstərilən kimi, təzyiqdən asılı olaraq dəyişir. Su üçün həmin əyrinin bir hissəsi, yəni 0,9-dan 40 *ata* kimi, riyazi olaraq aşağıdakı empirik düsturla ifadə edilir:

$$t_3 = 100^4 \sqrt{p}, \quad (8.1)$$

burada p -nin qiyməti kQsm^2 ilə verilməlidir.



Şək.8.1. Qaynama temperaturunun təzyiqdən asılı olaraq dəyişməsi

Qeyd etmək lazımdır ki, bütün maddələri əhatə edə bilən $t_s = f(p)$ asılılığı hələ aşkar şəkildə nəzəri olaraq tapılmamışdır. Buna görə də həmin asılılıq müxtəlif maddələr üçün müxtəlif empirik ifadələr şəklində verilir.

Ən çox yayılmış loqarifmik yarımempirik ifadə Klayperon-Klauzius tənliyindən çıxarılır. Klayperon-Klauzius tənliyi buxarlar üçün belə yazılır:

$$V'' - V' = \frac{i'' - i'}{T_s} \cdot \frac{dT_s}{dp},$$

buradan V' , i' və V'' , i'' -doymuş maye ilə quru doymuş buxarın xüsusi həjmini və entalpiyasını göstərir.

Yazdığınız tənlikdə V'' -ə nisbətən kiçik olan V' -i təxminini olaraq Klayperon-Mendeleyev tənliyinə əsasən RT_s p ilə əvəz etdikdə və dəyişən gizli buxarlanma istiliyi $i'' - i' = r$ -i sabit götürdükdə alarıq ki,

$$\frac{dp}{p} = \frac{r}{R} \frac{dT_s}{T_s^2}.$$

Alınan ifadəni integralladıqda, p ilə T_s arasındaki asılılıq belə olur:

$$\lg p = a - \frac{b}{T_s}. \quad (8.2)$$

Alınan (8.2) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazaraq,

$$\lg p = a - \frac{b}{c + t_s},$$

(8.3)

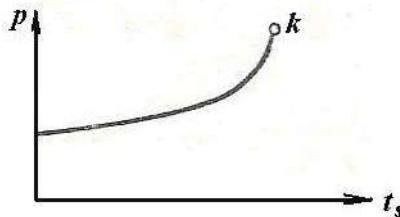
a , b və j - kəmiyyətlərinə sabit əmsallar kimi baxılır.

(8.2) və (8.3) tənliklərinə daxil olan a , b və j əmsalları, hər maddə üçün t_s -in p -dən asılı olaraq alınmış empirik qiymətlərinə əsasən tapılır.

Bütün mayelərdən ən yaxşı öyrəniləni sudur. Buna görə də, su üçün t_s ilə p arasındaki asılılıq, M.P.Vukaloviç tərəfindən tərtib edilmiş, quru doymuş su buxarı jədvəlinde verilir. Həmin jədvəl iki variantda tərtib olunur. Birinci variantda tərtib olunmuş jədvəl temperaturla ikinçi variantda tərtib olunmuş jədvəl isə təzyiqlə başlayır. Bu jədvəllər temperatura uyğun olan təzyiqi və ya təzyiqə uyğun olan temperaturu asanlıqla tapmağa imkan verir (əlavə 1 və 2).

8.1.2. Doymuş mayenin həjmi. Doymuş mayenin xüsusi həjminin temperaturdan asılılığı şəkil 8.2 - də göstərilmişdir.

$V' = f(T_s)$ və ya $V' = \varphi(p)$ asılılıqları sudan ötrü, həmçinin qeyd edilən, quru doymuş su buخارı jədvəllərində verilmişdir.



Şək.8.2. Doymuş mayenin xüsusi həjminin temperaturdan asılılığı

$V_0 = 0,001 \text{ m}^3\text{kq}$ və $V_{kr} = 0,00326 \text{ m}^3\text{kq}$ olduğundan, suyun temperaturu 0°J -dən t_{kr} -dək dəyişdikdə, onun xüsusi həjmi təxminən 3 dəfə böyüyəcəkdir.

8.1.3. Doymuş mayenin istiliyi. 1 kq mayenin, təzyiqi sabit qalmaq şərti ilə, 0°J -dən qaynama temperaturuna dək qızdırmaq üçün tələb olunan istiliyə doymuş maye istiliyi deyilir. Maye istiliyini q ilə işarə etsək:

$$q = \int_0^{t_s} c_p dt = \int_{273}^{t_s} c_p dT, \quad (8.4)$$

burada $c_p = f(t)$ - mayenin sabit təzyiqdəki istilik tutumudur.

Su üçün $j_p \approx 1 \frac{\text{kkal}}{\text{kqK}}$ qəbul etsək, (8.4) ifadəsinə əsasən, maye istiliyindən ötrü aşağıdakı yazılan sadə və təxminini ifadəni alarıq:

$$q \approx t_s. \quad (8.5)$$

Bu ifadədən görünür ki, suyun qaynama temperaturu 70°J olarsa, onun qaynamasına təxminən 70 kkal istilik sərf olunmalıdır.

8.1.4. Doymuş mayenin entalpiyası. Temperaturu 0°J olan

maye üçün yazılın $i_0 = U_0 + pV_0$ entalpiya ifadəsində daxili enerçini, şərti olaraq, sıfır bərabər qəbul edirik. Bu halda $i_0 = pV_0$ olajaqdır.

Qaynama temperaturunda olan mayenin entalpiyası, 0°J-də olan mayenin entalpiyası ilə maye istiliyinin jəminə bərabər olmalıdır, yəni

$$i' = i_0 + q$$

və ya

$$i' = q + pV_0. \quad (8.6)$$

Aşağı təzyiqlərdə olan doymuş mayenin entalpiyası ədədi qiymətjə maye istiliyinə və ya qaynama temperaturuna bərabər olmalıdır, yəni

$$i' \approx q \approx t_s. \quad (8.7)$$

Quru doymuş su buxarı jədvəlindən görünür ki, 10 ata-dək (8.7) ifadəsinə əsasən, ədədi qiymətjə $i' \approx t_s$ qəbul etmək olar, çünki $p=10\text{ ata}$ olduqda, $t_s=179,04^\circ\text{J}$ və $i'=181,3$ kkalkq olur.

8.1.5. Doymuş mayenin entropiyası. Mayeni, təzyiqi sabit saxlamaq şərti ilə 0°J-dən qaynama temperaturunadək qızdırıldıqda, onun entropiya dəyişməsi belə ifadə olunmalıdır:

$$s' - s_0 = \int_{273}^{T_s} \frac{c_p dT}{T}. \quad (8.8)$$

Bu ifadədə mayenin istilik tutumunu sabit və 0°J-də entropiyasını sıfır bərabər qəbul etsək, doymuş mayenin entropiyası belə olar:

$$s' = c_{pm} \ln \frac{T_s}{273}. \quad (8.9)$$

Su üçün s' -in qiyməti, temperatur və ya təzyiq vasitəsi ilə quru doymuş su buxarı jədvəllərindən tapılır.

8.2. Quru doymuş buxarın halını təyin edən əsas parametrlər

Quru doymuş buxar qaynama temperaturunda olduğundan,

döymüş maye üçün verdiyimiz (8.1), (8.2) və (8.3) ifadələri quru döymüş buxara da aid olajaqdır.

8.2.1. Buxarlanma istiliyi. 1 kq döymüş mayeni, verilmiş təzyiqdə quru döymüş buxara çevirmək üçün tələb olunan istiliyə gizli buxarlanma istiliyi deyilir.

Buxarlanma istiliyi, şəkil 8.3 - də göstərildiyi kimi, temperaturdan asılı olaraq dəyişir və temperaturun artması ilə kiçilərək kritik temperaturda sıfıra bərabər olur.

Buxarlanma istiliyi iki istilikdən ibarətdir:

$$r = \rho + \psi, \quad (8.10)$$

burada $\rho = U'' - U'$ - daxili buxarlanma istiliyi, yəni daxili potensial enerjisinin dəyişməsinə sərf olunan istilik;

$\psi = p(V'' - V')$ - xarici buxarlanma istiliyi, yəni buxarlanmada görülən işə sərf olunan istilikdir.

Su üçün r -in qiyməti temperatur və ya təzyiq vasitəsi ilə quru döymüş su buxarı jədvəllərdən tapılır.

8.2.2. Quru döymüş buxarın entalpiyası. Quru döymüş buxarın entalpiyası, döymüş maye ilə buxarlanma istiliyinin jəminə bərabər olmalıdır.

$$i'' = i' + r. \quad (8.11)$$

Quru döymüş su buxarı jədvəlinən götürülmüş qiymətlərdən

$$p=25 \text{ ata } t_s=222,90^\circ\text{J} \quad i''=669,3 \text{ kkalkq};$$

$$p=30 \text{ ata } t_s=232,76^\circ\text{J} \quad i''=669,6 \text{ kkalkq};$$

$$p=35 \text{ ata } t_s=241,42^\circ\text{J} \quad i''=669,5 \text{ kkalkq};$$

$$p=40 \text{ ata } t_s=249,18^\circ\text{J} \quad i''=669,0 \text{ kkalkq}$$

və şəkil 8.4 - dən görünür ki, təzyiqin artması ilə i'' əvvəljə artır, sonra isə azalaraq, p_{kr} -də minimum qiymət alır. Deyilənlərdən görünür ki, təzyiq, təxminən 30 ata olduqda, i'' maksimum qiymət alır.

(8.6) ifadəsini nəzərə aldıqda, (8.11) ifadəsini belə də yazmaq olar:

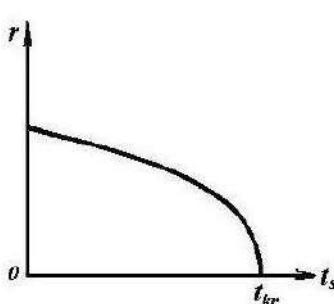
$$i'' = q + r + pV_0 \quad (8.12)$$

və ya

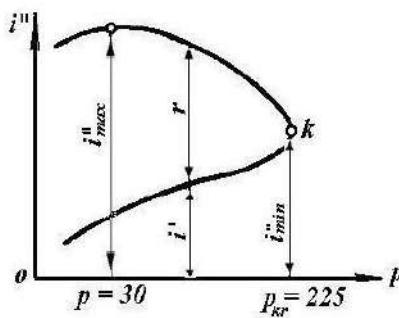
$$i'' = \lambda_s + pV_0,$$

(8.13)

burada $\lambda = q + r$ quru doymuş buxar istiliyi adlanır, yəni temperaturu 0°J olan 1 kq mayeni, təzyiq sabit qalmaq şərti ilə quru doymuş buxara çevirmək üçün sərf olunan istilikdir.



Şək.8.3. Gizli buxarlanması istiliyinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi



Şək.8.4. Quru doymuş buxarıın entalpiyası

Aşağı təzyiqlərdə qəbul etmək olar ki,

$$i'' \approx \lambda_s.$$

8.2.3. Quru doymuş buxarıın entropiyası. Quru doymuş buxarıın entropiyası s' - doymuş maye ilə $(s'' - s')$ - buxarlanması entropiyasının jəmininə bərabərdir, yəni

$$s'' = s' + (s'' - s'),$$

burada

$$s'' = s' = \int_0^r \frac{\Delta Q}{T_s} = \frac{r}{T_s}$$

olduğundan,

$$s'' = s' + \frac{r}{T_s}$$

və ya

$$s'' = c_{pm} \ln \frac{T_s}{273} + \frac{r}{T_s}. \quad (8.14)$$

$s'' = f(T_s) = \phi(p)$ olduğundan, su buخارı üçün onun qiyməti, adətən, temperatur və təzyiq vasitəsi ilə quru doymuş su buخارı jədvəlindən tapılır.

8.2.4. Quru doymuş buxarın xüsusi həjmi. Quru doymuş su buxarının həjmi, temperatur və ya təzyiq məlum olduqda, Klapéron-Klauzius tənliyi vasitəsi ilə tapılı bilər.

Doymuş mayeni öyrəndikdə Klapéron-Klauzius tənliyinin buxarlar üçün aşağıdakı şəkildə yazıldığını qeyd etmişdik:

$$V'' - V' = \frac{r}{T_s} \frac{dT_s}{dp}.$$

Təzyiq və ya temperatur məlum olduqda, V'' -in qiyməti həmin tənliklə hesablanı bilər. Bundan ötrü, V' ilə r -in qiymətləri su buخارı jədvəllərindən, $\frac{dT_s}{dp}$ -nin qiyməti isə şəkil

8.1 vasitəsi ilə qrafiki surətdə, yəni $p = f(T_s)$ əyrisinə çəkilən toxunanın tangens bujağı kimi hesablanı bilər.

Su buخارı üçün V'' -in qiyməti, 20 ata-dək aşağıdakı empirik tənlikdən də tapılı bilər

$$V'' \cdot p^{\frac{15}{16}} = 1,7235,$$

burada p -nin qiyməti *ata* ilə ifadə olunmalıdır.

Sonunju ifadəni belə də yazmaq olar:

$$\gamma'' = \frac{1}{V''} = \frac{p^{\frac{15}{16}}}{1,7235} = 0,58 \cdot p^{\frac{15}{16}}$$

və ya

$$\gamma'' \approx 0,5p.$$

Bu düstura əsasən qeyd edirik ki, quru doymuş su buxarının xüsusi çəkisi, 20 ata-dək ədədi qiymətjə təzyiqin yarısına bərabərdir.

Ümumiyyətlə qeyd etmək lazımdır ki, su buخارı üçün V'' -in

qiyməti ya temperatur, ya da təzyiq vasitəsi ilə adətən, quru doymuş su buxarı jədvəllərindən tapılır.

8.3. Nəm buxarın halını təyin edən əsas parametrlər

Nəm buxar qaynama temperaturunda olduğundan, doymuş maye üçün verdiyimiz (8.1), (8.2) və (8.3) ifadələri nəm buxara da aid olmalıdır.

Nəm buxar maye ilə quru doymuş buxarın qarışığından ibarət olduğundan, onun həjmi qarışığın həjmi kimi tapılır. 1 kq doymuş mayenin x kq-ı buxarlanarsa əmələ gələn nəm buxarın həjmi $(1-x)$ kq doymuş mayenin və x kq quru doymuş buxarın həjmindən ibarət olacaqdır:

$$V'' = (1-x)V' + xV''$$

və ya

$$V'' = V' + (V'' - V')x. \quad (8.15)$$

Həjmin tapılması üçün apardığımız mülahizəni entalpiyanın və ya entropiyanın tapılması üçün də tətbiq etsək alarıq ki:

$$i = i' + (i'' - i')x; \quad (8.16)$$

$$s = s' + (s'' - s')x \quad (8.17)$$

və ya

$$i = i' + rx; \quad (8.16')$$

$$s = s' + \frac{r}{T_s} x. \quad (8.17')$$

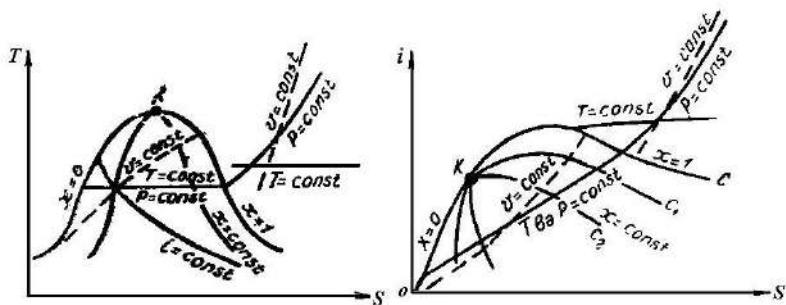
(8.15), (8.16) və (8.17) düsturlarına doymuş maye ilə quru doymuş buxarın parametrlərindən başqa, quruluq dərəjəsi daxil olduğundan, nəm buxarın parametrlərini bilavasitə quru doymuş buxar jədvəllərindən tapmaq mümkün deyil.

Deməli, nəm buxarın parametrləri yazdığınız düsturlarla hesablanmalıdır və bunun üçün p ilə x və ya da t_s ilə x məlum olmalıdır.

8.4. Buxarla gedən proseslər

8.4.1. İzotermik proses. Nəm buxar sahəsində izotermik

proses izobar prosesinə uyğun olur. Deməli, burada izotermik prosesi izobar prosesi kimi qiymətləndirmək olar (Şək.8.5).



Şək. 92. Nəm buxar sahəsində izotermik prosesin izobar prosesi kimi qiymətləndirilməsi

Izotermik prosesdə işi təyin etmək üçün termodinamikanın birinci qanununu yazırıq:

$$q = u_2 - u_1 + A\ell,$$

buradan

$$A\ell = q - (u_2 - u_1). \quad (8.18)$$

Entalpiya və daxili enerci bir-birləri ilə aşağıdakı asılılıqla əlaqələnir:

$$i = u + pV,$$

buradan iki müxtəlif hal üçün

$$i_1 = u_1 + p_1 V_1;$$

$$i_2 = u_2 + p_2 V_2$$

və yaxud daxili energinin dəyişməsi

$$u_2 - u_1 = (i_2 - i_1) - A(p_2 V_2 - p_1 V_1). \quad (8.19)$$

(8.18) və (8.19) tənliklərindən buxarın izotermik prosesdə işini təyin edirik.

8.4.2 İzoxor prosesi. Bu proses nəm və qızmış buxar sahəsində maili xətlə göstərilir. Məlum olduğuna görə izoxor prosesdə V sabit olduğundan $l=0$ olur; onda termodinamikanın birinci qanununa görə

$$q = u_2 - u_1$$

və yaxud

$$q = (i_2 - i_1) - V(p_2 - p_1)$$

olar.

8.4.3. Adiabatik proses. Adiabatik prosesdə $dq=0$ olduğundan termodynamikanın birinci qanununa görə:

$$u_2 - u_1 + \ell = 0 .$$

Buradan

$$\ell = u_1 - u_2 ,$$

yəni adiabatik prosesdə iş daxili enerjinin dəyişməsi hesabına görülür. (8.18) tənliyini nəzərə alsaq, yaza bilərik:

$$\ell = (i_1 - i_2) - (p_1 V_1 - p_2 V_2) .$$

Diagramda bu prosesi təsvir edən əyri absis oxuna perpendikulyar olur.

8.4.4. Izobar prosesi. TS və iS diaqramlarında izobar prosesi şəkil 8.5 - də verilmişdir.

Nəm və qızmış buxar üçün istilik və iş aşağıdakı tənlikdən tapılır:

$$q = i_2 - i_1 ;$$

$$l = p(V_2 - V_1) .$$

TS diaqramında izobar prosesinin altındakı sahə ədədi qiymətjə istilik miqdarını ifadə edir.

Belə ki, qaynama nöqtəsinə kimi mayenin istiliyi (q_0) olur. Qaynama prosesindən quru doymuş buxar nöqtəsinə kimi buxarlanma istiliyi r ilə və qızmış buxar nöqtəsinə kimi isə qızma istiliyi ΔQ ilə işarə olunur.

Yoxlama sualları

1. Qaynama temperaturu ilə təzyiq arasındaki asılılıq qrafiki olaraq nejə olur?
2. Klayperon-Klauzius tənliyi buxarlar üçün nejə yazılır?
3. Doymuş mayenin xüsusi həjminin temperaturdan asılılığı nejə qurulur?
4. Doymuş maye istiliyi nəyə deyilir?
5. Doymuş maye istiliyi nejə ifadə olunur?
6. Qaynama temperaturunda olan mayenin entalpiyası nəyə bərabərdir?
7. Doymuş mayenin entalpiyası nəyə bərabərdir?
8. Gizli

buxarlanma istiliyi nədir? 9. Gizli buxarlanma istiliyi nejə ifadə olunur? 10. Gizli buxarlanma istiliyi nə zaman sıfıra bərabər olur? 11. Quru doymuş buxarın entalpiyası nəyə bərabərdir? 12. Quru doymuş buxarın entalpiyası nejə ifadə olunur? 13. Quru doymuş buxarın entropiyası nəyə bərabərdir? 14. Quru doymuş su buxarının həjmi nejə tapılır? 15. Nəm buxarın həjmi nejə tapılır? 16. Buxarla gedən proseslər nejə ifadə olunur?

IX FƏSİL REAL QAZLAR

9.1. Termodinamik diferensial tənliklər haqqında

Məlumdur ki, termik parametrlər adlanan p , V , T kəmiyyətləri arasındaki asılılıq $F(p,V,T)=0$ hal tənliyi ilə müəyyən edilir. Jismin termodinamik xassələrini tam aydınlaşdırmaq üçün onun fiziki halını müəyyən edən p , V , T – termiki parametrlərdən əlavə, kalorik adlanan j_v , j_p - istilik tutumlarını, U - daxili energiyini, i - entalpiyini və S - entropiyini da bilmək lazımdır.

Termodinamikanın birinci və ikinci qanunları göstərir ki, $F(p,V,T)=0$ hal tənliyi məlum olduqda, yuxarıda qeyd etdiyimiz kalorik kəmiyyətlər, aşağıda göstərilən 11 diferensial tənlikdən tapıla bilər:

1. $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v = c_v$ 1-ci diferensial tənlik, sabit həjmdə, daxili enerji ilə istilik tutumu arasındakı əlaqəni ifadə edir.

2. $\left(\frac{\partial i}{\partial T}\right)_p = c_p$ 2-ci diferensial tənlik, sabit təzyiqdə, entalpiya ilə istilik tutumu arasındakı əlaqəni ifadə edir.

3. $\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_v = \frac{c_v}{T}$ 3-jü diferensial tənlik, sabit həjmdə, entropiya ilə istilik tutumu arasındakı əlaqəni ifadə edir.

4. $\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_p = \frac{c_p}{T}$ 4-jü diferensial tənlik, sabit təzyiqdə, entropiya ilə istilik tutumu arasındakı əlaqəni ifadə edir.

$$5. \left(\frac{\partial s}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v .$$

$$6. \left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad 5-ci \quad və \quad 6-ci \quad differensial \quad tənliklər$$

entropiya ilə hal parametrləri arasındaki əlaqəni ifadə edir.

$$7. \quad c_p - c_v = T \left(\frac{\partial T}{\partial T} \right)_p \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v \quad 7\text{-ji diferensial tənlik istilik}$$

tutumları fərqi ilə hal parametrləri arasındaki əlaqəni verir.

$$8. \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v - p \quad 8\text{-ji diferensial tənlik daxili enerci}$$

ilə hal parametrləri arasındaki əlaqəni verir.

$$9. \left(\frac{\partial i}{\partial p} \right)_T = -T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p + V \quad 9\text{-ju diferensial tənlik entalpiya}$$

ilə hal parametrləri arasındaki əlaqəni verir.

$$10. \left(\frac{\partial c_v}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2} \right)_v \quad 10\text{-ju diferensial tənlik sabit həjmlə}$$

istilik tutumu ilə hal parametrləri arasındaki əlaqəni verir. Bu tənlik 3-jü və 5-jı tənliklərin kombinasiyasından alınır.

$$11. \left(\frac{\partial c_p}{\partial p} \right)_T = -T \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_p \quad 11\text{-ji diferensial tənlik sabit}$$

təzyiqli istilik tutumu ilə hal parametrləri arasındaki əlaqəni verir. Bu tənlik 4-jü və 6-jı tənliklərin kombinasiyasından alınır.

9.1.1.Termik əmsallar. İzotermik sıxılma, bütün jismlər üçün müsbət kəmiyyət olub, belə ifadə edilir:

$$\beta_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T .$$

Adiabatik sıxılma, izotermik sıxılmaya oxşayır və belə ifadə olunur:

$$\beta_s = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_s .$$

Jismin termik genişlənmə əmsali α ilə işarə edilir:

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p .$$

Təzyiqin termik əmsali γ ilə işarə olunur:

$$\gamma = \frac{1}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V .$$

9.2. Real qazların hal tənlikləri

Real qazlarda molekullar arası məsafə nisbətən az olduğundan burada molekulların təsir qüvvələri gözə çarpajaq dərəjədə özünü göstərir, molekulların həjmləri qazın tutduğu həjmlə müqayisə edilə bilər.

Real qazların Boyle-Mariott (1662) qanununa tabe olmaması və bunun səbəbləri böyük rus alimi Lomonosov tərəfindən (1748) qeyd olunmuş və onun verdiyi ideyalar, təxminən 100 il keçdikdən sonra, real qazlar üçün verilən hal tənliklərinin çıxarılışında istifadə olunmuşdur.

Düpəre, molekulların tutduğu həjmi nəzərə alaraq, Klapēyron tənliyini 1864-jü ildə aşağıdakı şəkildə yazmağı təklif etmişdir:

$$p(V - b) = RT . \quad (9.1)$$

Qrin, molekullar arasındaki ilişmə qüvvəsini nəzərə alaraq, Klapēyron tənliyində ikinji əlavəyə ehtiyaj olduğunu 1965-jı ildə qeyd etmişdir, yəni

$$(p + \pi)(V - b) = RT . \quad (9.2)$$

Van-der-Vaals, molekullar arasındaki ilişmə qüvvəsinin həjm kvadratı ilə tərs mütənasib olmasını isbat edərək, hal tənliyinin real qazlardan ötrü, aşağıdakı şəkildə yazılımasını 1873-jü ildə təklif etmişdir:

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right)(V - b) = RT .$$

Müəyyən edilmişdir ki, Van-der-Vaals tənliyi özünü kəmiyyətjə yox, yalnız keyfiyyətjə doğruldur.

Qeyd etmək lazımdır ki, real qazlardan ötrü kəmiyyətjə dəqiq nətijələr verə bilən universal tənlik hələ də təklif edilməmişdir. Buna səbəb, molekullar arasındaki qarşılıqlı təsirin çox mürəkkəb olmasıdır. Ona görə də bir çox alımlər, kəmiyyətjə

yaxşı nətijələr verən Van-der-Vaals tənliyini kəmiyyətjə doğrultmaq məqsədi ilə həmin tənliyə düzəlişlər verərək, yarımempristik tənliklər almışlar.

Hazırda real qazlar üçün 150-dən artıq tənlik vardır. Bundan bəzilərini göstərək:

Klauzius tənliyi. Klauzius, molekullar arasındaki ilişmə qüvvəsini bir mütləq temperaturla tərs mütənasib hesab edərək, Van-der-Vaals tənliyini belə ifadə etmişdir:

$$\left[p + \frac{a}{T(V+c)^2} \right] (V-b) = RT, \quad (9.3)$$

burada j yeni sabit əmsaldır.

Bertlo tənliyi. Bertlo Klauzius tənliyindəki j sabitini nəzərə almir və öz tənliyini belə ifadə edir:

$$\left[p + \frac{a'}{TV^2} \right] (V-b) = RT. \quad (9.4)$$

Bu tənliyi Van-der-Vaals tənliyi ilə müqayisə etdikdə, $\frac{a'}{T} = a$ olduğunu görürük.

Keçmiş sovet alimi N.N.Boqolyubovun amerika alimi D.Mayyerdən asılı olmayaraq, statistik fizika metodları ilə aldığı tənlik belə ifadə olunur:

$$pV = RT \left[1 - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k}{k+1} \frac{\beta_k}{V^k} \right], \quad (9.5)$$

burada β_k - temperaturdan asılı olaraq, virial əmsalları göstərir.

Real qazların hal tənliyi çox vaxt aşağıdakı virial formada da yazılır:

$$\frac{pV}{RT} = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C^+}{V^2} + \frac{D}{V^3} + \dots, \quad (9.6)$$

burada B, C, D, \dots temperaturdan asılı olaraq ikinji, üçüncü, dördüncü və s. virial əmsalları adlanır.

Həmin tənlik, təjrübədən alınan $z = \frac{pV}{RT}$ - sığılma əmsalını

ifadə etmək məqsədi ilə, birinci olaraq, 1901-ci ildə Kamerlinq Onnes tərəfindən istifadə edilmişdir.

Hal tənliyi virial formada bəzən belə də yazılır:

$$pV = A + Bp + Cp^2 + \dots, \quad (9.7)$$

burada $A=RT$.

Çox vaxt hal tənliyi aşağıdakı sıxılma əmsalı ilə də ifadə olunur:

$$pV = zRT. \quad (9.8)$$

Bu tənlikdə, sıxılma əmsalı adlanan z həm təzyiq, həm də temperaturdan asılı olaraq dəyişir, yəni $z = f(pT)$.

Van-der-Vaals tənliyi. Qazların kinetik nəzəriyyəsinin əsas tənliyi olan

$$pV = \frac{2}{3}E \quad (9.9)$$

düsturu ideal qazlar üçündür. Yəni, bu tənlik, molekulları arasında ilişmə qüvvəsi olmayan, molekulların öz həjmə isə qazın tutduğu həjmə görə nəzərə alınmayajaq dərəjədə kiçik olan qazlar üçündür. Təbiətdə belə qazlar yoxdur. Ona görə də bütün real qazlar az və ya çox dərəjədə (9.9) tənliyindən və ya ondan çıxan nəticələrdən meyl edir. Bütün real qazlar böhran temperaturundan aşağı temperaturlarda mayeləşə bildiyindən onlara müəyyən mayeləri ifrat qızmış buxarları kimi baxmaq olar. Qaz maye halına yaxın olduqja, onun ideal qaz qanunlarından olan meyli də bir o qədər çox olur.

Lakin, Boyl-Mariott və Gey-Lüssak qanunlarının təjrübədən təyin edilməsi faktı göstərir ki, çox hallarda real qazlar ideal qaz halına yaxın olur. Məsələn, hidrogen, azot oksigen, hava, karbon qazı və s. istilik texnikasında işlədildikləri şəraitdə maye fazadan çox uzaq olduqlarından xassəjə ideal qaz qanunlarına yaxın olur.

Real qazların molekulları arasında ilişmə qüvvəsinin mövjud olması daxili təzyiqin yaranmasına səbəb olur. Bu təzyiqi p_1 ilə işaret etsək

$$p_1 = \frac{a}{V^2}.$$

Çünki molekullar arasındaki qarşılıqlı təsir qüvvəsi məsafə-

sinin 6...7 - ji dərəjəsi ilə mütənasibdir (və ya həjmin 2-jı dərəjəsi ilə). Bundan başqa, real qaz molekullarının özlərinin də xüsusi həjmi olduğundan (*b*) onların sərbəst həjmi $V-b$ olar və bir qrammol ideal qaz üçün

$$pV = RT$$

şəklində yazılın tənlik bir qrammol real qaz üçün

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT .$$

(9.10)

Həmin düsturdakı a və b sabitlərinə Van-der-Vaals sabitləri deyilir. Bunlar müəyyən qaz üçün sabit olub, müxtəlif qazlar üçün müxtəlifdir.

(9.10) düsturu real qazlar üçün hal tənliyi və ya Van-der-Vaals tənliyidir. Düsturdan göründüyü kimi, a sabitinin ölçüsü $\frac{l^2 \text{ atm}}{\text{mol}^2}$, b sabitinin ölçüsü isə $\frac{l}{\text{mol}}$ -dur.

Real qazların 1939-ju ildə professor M.P.Vukaloviç və İ.I.Novikov tərəfindən verilmiş hal tənliyi Van-der-Vaals tənliyinə nəzərən daha dəqiqdir. Bu tənlik nəinki molekulların həjmi olmasını və onlar arasında ilişmə qüvvəsini, hətta molekulların assosiasiyasını, yəni qaz qarışıqlarında molekulların birləşərək iki və üçqat molekullar əmələ gətirdiyini nəzərə alır.

9.3. Real qazlar üçün professor M.P.Vukaloviçin hal tənliyi

Tədqiqat göstərmüşdür ki, qazlar həmişə Van-der-Vaals tənliyinə uyğun gəlmir. Həqiqi qazların Van-der-Vaals tənliyindən fərqlənməsinin səbəbi odur ki, temperaturun azalması ilə təzyiq artır ki, bu zaman qazlarda assosiasiya hadisəsi əmələ gelir (tək molekulların ikiləşmə, üçləşmə və başqa mürəkkəb hallara keçməsi). Assosiasiya hadisəsini nəzərə alsaq, onda qazları birsətəmli qazlar kimi deyil, tək, ikiləşmiş, üçləşmiş və s. molekulları olan qazların qarışığı kimi qiymətləndirmək lazımdır. Real qazlarda geniş intervalda temperatur ilə təzyiq

dəyişdikdə təjrübədən alınan ədədlərə uyğun olan hal tənliyi 1937-ci ildə ilk dəfə prof. M.P.Vukaloviç tərəfindən kəşf edilmişdir. Onun hal tənliyi qazlarda olan assosiasiya hadisəsini nəzərə alır. Real qazlarda assosiasiya hadisəsində anjaq ikiləşmiş molekulları olan hal üçün Vukaloviçin tənliyi aşağıdakı şəkildədir.

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT \left(1 - \frac{\frac{C}{3+2m}}{T^{\frac{2}{2}}} \right),$$

burada J - sabiti ikiləşmiş molekulların xüsusiyyətini ifadə edən kəmiyyətdir.

9.4. Van-der-Vaals tənliyindəki sabit kəmiyyətlərin təyini

Kritik nöqtədə izotermanın əyilməsi şərtini əsas tutaraq diferensial həndəsə qaydalarına görə Van-der-Vaals tənliyindəki sabit kəmiyyətlər təyin olunur. Diferensial həndəsədən məlumdur ki, əyrinin kəsilmə nöqtəsində onun tənliyinin ikinji törəməsi sıfıra bərabər olmalıdır. Digər tərəfdən bu nöqtəyə çəkilən toxunan xətt absis oxuna paralel olduğu üçün, birinji diferensial da sıfır olmalıdır. Van-der-Vaals tənliyini yazaq:

$$p = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}. \quad (9.11)$$

Kritik halda izotermik proses üçün

$$p = \frac{RT_{kr}}{V_k - b} - \frac{a}{V_k^2}. \quad (9.11')$$

(9.11) tənliyini həjmə görə diferensiallaşsaq:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_T = -\frac{RT_{kr}}{(V - b)^2} + \frac{2a}{V^3} = 0;$$

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2} \right)_T = \frac{2RT_{kr}}{(V - b)^3} - \frac{6a}{V^4} = 0.$$

Birinji tənlikdən:

$$\frac{RT_{kr}}{(V-b)^2} = \frac{2a}{V^2}; \quad (9.11'')$$

ikinji tənlikdən isə alarıq

$$\frac{2RT_{kr}}{(V-b)^2} = \frac{6a}{V^4}$$

Bunları bir-birinə bölsək:

$$\frac{V-b}{2} = \frac{V}{3}.$$

Buradan $V = 3b$, yaxud kritik nöqtədə $V_{kr} = 3b$ və yaxud

$$b = \frac{V_{kr}}{3}.$$

Alınan qiyməti (9.11'') tənliyində əvəz etsək:

$$\frac{RT_{kr}}{4b^2} = \frac{2a}{27b^3}.$$

Buradan:

$$T_{kr} = \frac{8a}{27bR}.$$

Əsas (9.11') tənliyində T_{kr} və V_{kr} qiymətlərini əvəz etsək alarıq

$$p = \frac{RT_{kr}}{V-b} - \frac{a}{V^2};$$

$$p_{kr} = \frac{4a}{27b^2} - \frac{a}{9b^2} = \frac{a}{27b^2}$$

Beləliklə, kritik nöqtə üçün alarıq:

$$V_{kr} = 3b;$$

$$T_{kr} = \frac{8a}{27bR};$$

$$p_{kr} = \frac{a}{27b^2}.$$

Bəzi jismlər üçün kritik parametrlər və Van-der-Vaals sabitləri jədvəl 9.1- də verilmişdir.

Van-der-Vaals tənliyinin sabitlərini (a və b -ni) qazın kritik parametrləri ilə təyin etmək üçün, kritik təzyiq və temperatur

tənliklərini bir-birinə bölürük:

$$\frac{p_{kr}}{T_{kr}} = \frac{R}{8b}.$$

Buradan:

$$b = \frac{RT_{kr}}{8p_{kr}}.$$

Jədvəl 9.1

Jismələr	p_{kr}	t_{kr}	b	$a \cdot 10^4$
Azot	33,50	-147,13	38,6	1,347
Hidrogen	12,80	-239,9	26,6	0,245
Karbon qazı	75,00	31,0	39,4	1,46
Su	217,50	374,00	30,52	5,47
Oksigen	49,70	-118,8	31,87	1,360

a sabiti aşağıdakı tənlikdən tapılır:

$$T_{kr} = \frac{8}{27} \frac{a}{bR}.$$

Buradan:

$$a = \frac{27}{8} bRT_{kr}.$$

Həmin tənlikdə b -nin qiymətini əvəz etsək aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$a = \frac{27}{64} \frac{R^2 T_{kr}^2}{p_{kr}}.$$

Yoxlama sualları

- Termik parametrlər adlanan p , V , T kəmiyyətləri arasındaki asılılıq nejə müəyyən edilir?
- Kalorik kəmiyyətlər, hansı tənlikdən tapıla bilər?
- Termik əmsallar nejə ifadə olunur?
- Düpre, Klapeyron tənliyini neçənji ildə və nejə yazmağı təklif etmişdir?
- Qrin, Klapeyron neçənji ildə və nejə yazmağı təklif etmişdir?
- Van-der-Vaals, hal tənliyinin real qazlardan ötrü, aşağıdakı şəkildə yazılışını neçənji ildə və nejə yazmağı təklif etmişdir?
- Van-der-Vaals tənliyi özünü nejə doğruldur?
- Hazırda real qazlar üçün nə qədər tənlik vardır?
- Klauzius tənliyi nejə ifadə olunur?
- Bertlo tənliyi nejə ifadə olunur?
- N.N.Boqolyubovun aldığı tənlik nejə ifadə olunur?
- Real qazlar üçün hal tənliyi və ya Van-der-Vaals tənliyi nejə ifadə olunur?
- Real qazlar üçün professor M.P.Vukaloviçin hal tənliyi nejə

ifadə olunur? 14. Van-der-Vaals tənliyindəki sabit kəmiyyətlər nejə təyin olunur?

X FƏSİL NƏM HAVA

10.1. Əsas məlumat

Quru hava ilə su buxarının qarışığına nəm hava deyilir. Nəm havadan sənayenin bir çox sahələrində, xüsusən qurutma prosesində istifadə edilir.

Nəm havada su damcı və xırda buz kristalları şəklində ola bilər. Belə havanın fiziki halının öyrənilməsi ilə meteorologiya elmi məşğul olur.

Biz burada nəm havada su buxarının üç fazada, yəni çox qızmış, quru doymuş və bəzən nəm buxar hallarında olmasını öyrənməklə məşğul olajağıq.

Nəm havadan, təjribədə atmosfer təzyiqində və ya buna yaxın təzyiqlərdə istifadə olunur. Məhz buna görə də belə nəm havaya ideal qazlar kimi baxıla bilər. Bu da nəm havanın termodinamik xassələrini öyrəndikdə, dəqiqliyi texniki hesablamalardan ötrü kifayət edən, ideal qaz qarışıqları üçün aldığımız bəzi ifadələrdən istifadə etməyə imkan yaratmış olur.

Dalton qanununa əsasən, qaz qarışığının, yəni nəm havanın təzyiqi, qarışığının təşkil edən komponentlərin, yəni quru hava ilə buxarın parsial təzyiqlərinin jəminə bərabərdir.

$$P_{nh} = P_{rh} + P_b. \quad (10.1)$$

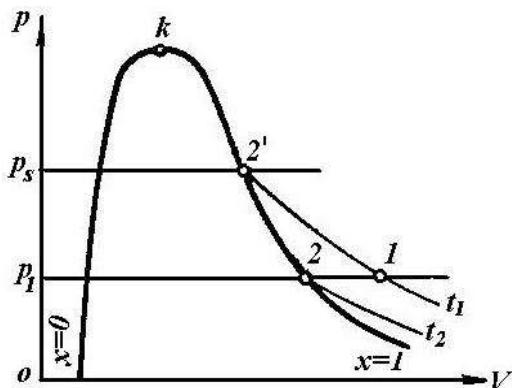
Tutaq ki, pV diaqramında (şək.10.1) nəm havanın temperaturu t_1 -dir. Bu temperatura uyğun olan su buxarının maksimal parsial təzyiqi p_s -ə, yəni doyma təzyiqinə bərabər olmalıdır. Ona görə də nəm havada olan su buxarının parsial təzyiqi, nəm havanın temperaturuna uyğun olan p_s doyma təzyiqindən yüksək ola bilməz, yəni

$$P_b \leq p_s. \quad (10.2)$$

$P_b \leq p_s$ olarsa, nəm havadakı su buxarı çox qızmış buxar halında olajaqdır (şək.10.1-də 1 nöqtəsi). Belə nəm havaya doymamış nəm hava deyilir.

$P_b = p_s$ olduqda, nəm havadakı su buxarı quru doymuş buxar halında olajaqdır (şək.10.1-də 2' nöqtəsi). Belə nəm havaya

döymüş nəm hava deyilir.



Şək.10.1 Nəm hava pV diaqramında

Tutaq ki, temperaturu t_1 olan doymamış nəm havanı təzyiqi sabit qalmaq şərti ilə soyudurulur. Bu halda nəm havada olan çox qızmış su buxarı da parsial təzyiqi $p_i = p_b$ sabit qalmaq şərti ilə soyumalıdır. Su buxarının temperaturu şəkil 10.1-də göstərilən $t_2 = t_s$ temperaturuna bərabər olduqda, yəni çox qızmış buxarda $I=2$ prosesi əmələ gəldikdə, çox qızmış buxar quru döymüş buxara və beləliklə, doymamış nəm hava döymüş nəm havaya çevrilir. Buradan belə çıxır ki, döymüş nəm hava, su buxarının parsial təzyiqinə uyğun olan doyma temperaturunda olmalıdır. Həmin temperatur, şəh nöqtəsi temperaturu adlanır. Doyma xəttində suyun və buxarın parametrləri jədvəl 10.1-də verilmişdir.

Jədvəl 10.1

Doyma xəttində suyun və buxarın parametrləri

P _h , MPa	t _s °J	v'·10 ³ , m ³ kg	v'', m ³ kg	i', kJoulkq	r, kJoulkq	i'', kJoulkq	S', kJoulkqK	S', kJoulkqK
0,10	99,6	104	1,696	417,5	2674	2257	1,3026	7,3579
0,12	105	104	1,430	439,3	2683	2243	1,3610	7,3972
0,16	113	105	1,092	475,4	2696	2220	1,4550	7,2017

Deməli, nəm havanın temperaturu, tərkibindəki buxarının parsial təzyiqinə uyğun olan doyma temperaturuna bərabər olarsa, buna şəh nöqtəsi temperaturu deyilir. Şəh nöqtəsi temperaturunda olan nəm havanı bir qədər soyutsaq, proses

nəm buxar sahəsində baş verdiyindən, buxarın parsial təzyiqi azalar və buxar kondensasiya etməyə başlayar. Şəh nöqtəsi temperaturu hiqrometr adlanan jihazla müəyyən edilir.

10.2. Nəm tutumu

Nəm havadakı buxarın kütləsinin quru havanın kütləsinə nisbətinə çəki nəm tutumu deyilir,

$$d = \frac{G_b}{G_{q.h.}}. \quad (10.3)$$

Quru havanın kütləsi, adətən, 1 kq götürüldüyündən, kütlə nəm tutumu d , 1 kq quru havaya düşən nəmliyin (kiloqram və ya qram ilə) kütləsini göstərir.

Bəzən mol nəm tutumundan da istifadə edilir.

Nəm havada olan buxarın mol sayının quru havanın mol sayına nisbətinə mol nəm tutumu deyilir:

$$x = \frac{M_b}{M_{q.h.}} = \frac{(G/\mu)_b}{(G/\mu)_{q.h.}} = \frac{\mu_{q.h.} G_b}{\mu_b G_{q.h.}}. \quad (10.4)$$

$\mu_{q.h.}=28,96$ və $\mu_b=18,016$ olduğundan,

$$x = 1,61d \quad (10.5)$$

və ya

$$d = 0,622x. \quad (10.6)$$

Nəm hava daxilində olan buxar və quru hava üçün Klayperon-Mendeleyev tənliyini parsial təzyiqlər vasitəsi ilə yazsaq

$$p_b \cdot V = M_b \cdot 848T;$$

$$p_{q.h.} \cdot V = M_{q.h.} \cdot 848T.$$

Bu ifadələri tərəf-tərəfə böldükdə alırıq ki,

$$\frac{p_b}{p_{q.h.}} = \frac{M_b}{M_{q.h.}}.$$

(10.4) ifadəsini nəzərə alsaq, mol nəm tutumu aşağıdakı kimi olajaq:

$$x = \frac{p_b}{p_{q.h.}}. \quad (10.4')$$

(10.1) ifadəsini nəzərə aldıqda isə

$$x = \frac{p_b}{p_{n.h.} - p_b}, \quad (10.7)$$

burada $p_{n.h.}$ - nəm havanın, yəni qaz qarışığının təzyiqini göstərir.

(10.6) düsturunda x -in qiymətini (10.7) ifadəsi ilə əvəz etsək, çəki nəm tutumu üçün alarıq:

$$d = 0,622 \frac{p_b}{p_{n.h.} - p_b}. \quad (10.8)$$

Su buxarının maksimum parsial təzyiqi (10.2) ifadəsinə əsasən nəm havanın temperaturuna uyğun quru doymuş buxarın p_s təzyiqinə bərabər olduğundan, bu təzyiq üçün çəki nəm tutumunun maksimum qiyməti belə ifadə edilir:

$$d_s = 0,622 \frac{p_s}{p_{n.h.} - p_s}. \quad (10.9)$$

Nəm havanın, yəni qaz qarışığının təzyiqi $p_{n.h.}$ və çəki nəm tutumu d məlum olduqda, buxarın parsial təzyiqi p_b (10.8) düsturuna əsasən aşağıda göstərilən düsturdan tapılır:

$$d_s = \frac{p_{n.h.} \cdot d}{0,622 + d}. \quad (10.10)$$

Bu ifadəni nəzərə alıqda, Dalton qanununa görə yazılın (10.1) düsturundan, havanın parsial təzyiqi $p_{q.h.}$ üçün aşağıdakı düsturu alarıq:

$$p_{q.h.} = \frac{0,622 p_{n.h.}}{0,622 + d}. \quad (10.11)$$

10.3. Mütləq nəmlilik, nisbi nəmlilik və doyma dərəjəsi

1 m^3 havada olan su buxarının çəkisinə mütləq nəmlilik deyilir. Nəm havadakı su buxarının parsial təzyiqi $p_b = \frac{G_b}{V} R_b T = \gamma_b R_b T$ olduğundan, mütləq nəmlilik, ədədi qiymətjə, belə buxarın $\gamma_b = G_b / V$ xüsusi çəkisinə bərabər olmalıdır. Verilən təzyiq və temperaturda nəm havadakı su buxarı quru doymuş buxar halına gətirilərsə, $p_s > p_b$ olduğundan

$\gamma_s = G_s/V$ maksimum mütləq nəmliyi və ya maksimum xüsusi çökisi ifadə etmiş olar.

Mütləq nəmliyin, maksimum mütləq nəmliyə nisbətinə nisbi nəmlik deyilir və φ ilə işarə edilir:

$$\varphi = \frac{\gamma_b}{\gamma_s}. \quad (10.12)$$

Klapeyron-Mendeleyev tənliyini nəzərə aldıqda, (10.12) ifadəsini

$$\varphi = \frac{P_b}{P_s} \quad (10.13)$$

kimi yaza bilərik. Bu düstura əsasən, nisbi nəmliyə nəm havada olan su buxarının parsial təzyiqinin, eyni temperaturdakı quru doymuş su buxarının təzyiqinə (yəni su buxarının maksimum parsial təzyiqinə) nisbəti kimi də baxmaq olar.

Nəm havadakı su buxarının parsial təzyiqi P_b sıfır ilə P_s arasında dəyişdiyindən, nisbi nəmlik (10.13) ifadəsinə əsasən, 0 ilə 1 arasında dəyişməlidir.

Adətən, φ faizlə ifadə olunur.

(10.13) ifadəsinə görə $P_b = \varphi P_s$ olduğundan, (10.8) düsturunu, yəni çəki nəm tutumunu aşağıdakı kimi də ifadə etmək olar:

$$d = 0,622 \frac{\varphi P_s}{P_{n.h.} - \varphi P_s} \quad (10.14)$$

və ya

$$\varphi = \frac{d}{0,622 + d} \cdot \frac{P_{n.h.}}{P_s}. \quad (10.14')$$

φ , P_s və γ_s məlum olduqda, nəm havadakı su buxarının xüsusi çökisi və parsial təzyiqi, (10.12) və (10.13) ifadələrinə əsasən, aşağıdakı düsturlardan tapılı bilər

$$\gamma_b = \varphi \gamma_s; \quad (10.12')$$

$$P_b = \varphi \cdot P_s. \quad (10.13')$$

Yazdığımız düsturlara daxil olan P_s və γ_s -in qiymətləri nəm havanın temperaturu vasitəsi ilə quru doymuş su buxarı

jədvəlindən tapılır.

Doymamış nəm havanın çəki nəm tutumunun doymuş havanın çəki nəm tutumuna nisbətinə doyma dərəjəsi deyilir və ψ ilə işarə edilir:

$$\psi = \frac{d_b}{d_s}.$$

(10.15)

(10.8) və (10.9) düsturlarını nəzərə alıqda, (10.15) ifadəsi bir qədər dəyişir:

$$\psi = \frac{P_b}{P_s} \cdot \frac{P_{n.h.} - P_s}{P_{n.h.} - P_b}. \quad (10.16)$$

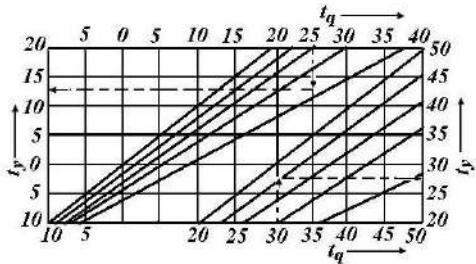
(10.13) düsturunu nəzərə alıqda isə həmin düstura nisbi nəmlilik də daxil olur:

$$\psi = \varphi \frac{p - P_s}{p - P_b}. \quad (10.17)$$

Nisbi nəmlilik psixrometr adlanan jihazla müəyyən edilir. Psixrometr iki termometrdən ibarətdir. Bunlardan biri yaş, digəri isə quru termometr adlanır. Yaş termometrin jivə kürəjiyi su ilə isladılmış parçaya bükülmüşdür. Termometrlərin kürəjiklərinə nəm hava üfürüldükdə, quru termometr t_q ilə işarə olunan nəm havanın temperaturunu, yaş termometr isə t_y ilə işarə olunan isladılmış parçadakı suyun temperaturunu göstərir. Qeyd etmək lazımdır ki, yaş termometrin həqiqi temperaturu termometrin jivə sütununa şüalanma və istilikkeçirmə ilə verilən istiliklə əlaqədardır. Həmin istiliklərin təsirini azaltmaq üçün üfləyiji havanın sürətini artırmaq lazım gəlir.

Üfürülən havanın istiliyi tamamilə isladılmış parçadakı suyun buxarlanmasına sərf edilərsə, belə prosesə uyğun olan temperatura t_y yaş termometrin temperaturu deyilir.

Quru termometrlə yaş termometrin temperaturlar fərqi ($t_q - t_y$) nəm havanın nəmliyindən asılı olaraq dəyişir. Təjrübədən müəyyən edilmiş həmin asılılıq şəkil 10.2-də qrafiki təsvir olunmuşdur. Psixrometrin göstərdiyi t_q və t_y temperaturlarını bildikdə, həmin diaqram φ -nin tapılmasına imkan verir.



Şek.10.2. Quru termometrlə yaşı termometrin temperaturular fərqiinin $(t_q - t_y)$ nəm havanın nəmliyindən asılı olaraq dəyişməsi

10.4. Nəm havanın qaz sabiti və xüsusi çökisi

İdeal qazlar bəhsindən məlumdur ki, qaz karışığının qaz sabiti belə ifadə olunur:

$$R = \frac{8314}{\mu} = \frac{8314}{(r\mu)_{q.h.} + (r\mu)_b}.$$

Digər tərəfdən, parsial təzyiqin həjm hissəsi ilə qaz karışığı təzyiqinin hasilinə bərabərliyi məlum olduğundan, yaza bilərik ki,

$$P_{q.h.} = r_{q.h.} \cdot P_{n.h.}; \quad P_b = r_b \cdot P_{n.h.}.$$

$P_{n.h.} = P_{q.h.} + P_b$ olduğundan, həjm hissələri başqa jür də ifadə oluna bilər:

$$r_{q.h.} = \frac{P_{n.h.} - P_b}{P_{n.h.}}; \quad r_b = \frac{P_b}{P_{n.h.}}.$$

Həjm hissələrinin bu ifadələrini nəzərə alıqda, nəm havanın qaz sabitini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$R = \frac{8314}{\mu_{q.h.} - (\mu_b - \mu_{q.h.})p_b / p_{n.h.}}.$$

Quru hava ilə su buxarının molekul çəkilərinin qiymətlərini yerinə yazsaq, nəm havanın qaz sabiti üçün belə bir düstur alarıq:

$$R = \frac{8314}{28,96 - 10,94 \frac{p_b}{p_{n.h.}}} . \quad (10.18)$$

Nəm havanın qaz sabitini bildikdən sonra, onun xüsusi çəkisi Klapeyron-Mendeleyev tənliyinə görə belə ifadə olunar:

$$\gamma = \frac{28,96 p_{n.h.} - 10,94 p_b}{848T} . \quad (10.19)$$

Bu ifadəyə əsasən demək olar ki, nəm havadakı su buxarının parsial təzyiqi p_b və nəm tutumu artdıqja, nəm havanın xüsusi çəkisi azalmalıdır. Deməli, eyni temperatur və təzyiqdə olan nəm hava quru havadan yüngül olmalıdır. (I.15) ifadəsinə görə $p_b = \varphi p_s$ olduğundan, (10.18), (10.19) düsturlarını bir qədər dəyişdirə bilərik:

$$R = \frac{29,27}{1 - 0,377\varphi \frac{p_s}{p_{n.h.}}} . \quad (10.18')$$

$$\gamma = \frac{p_{n.h.} - 0,377\varphi p_s}{29,27T} . \quad (10.19')$$

10.5. Nəm havanın istilik tutumu və entalpiyası

Nəm hava daxilində olan quru havaya və su buxarına ideal qazlar kimi baxıldıqından, onların istilik tutumları üçün aşağıdakı qiymətləri yaza bilərik:

$$c_{rq.h} = 0,24 \frac{\text{kkal}}{\text{kq} \cdot \text{dər}} ; \quad c_{rb} = 0,47 \frac{\text{kkal}}{\text{kq} \cdot \text{dər}} .$$

Ideal qazın entalpiyası sabit təzyiqli istilik tutumu ilə temperaturun hasilinə bərabər olduğundan, 1 kq quru havanın entalpiyası aşağıdakı qiyməti alajaq:

$$i_{q.h} = c_{rq.h} \cdot t = 0,24t . \quad (10.20)$$

Nəm hava daxilindəki su buxarı çox qızmış halda olarsa, çox qızmış su buxarının entalpiyası belə yazılımalıdır:

$$i = q + r + (i - i'')$$

və ya

$$i_{q.b} = c_{rsu} \cdot t_s + r + c_{rq.b.} (t - t_s),$$

burada j_{rsu} -suyun istilik tutumu;

r - gizli buxarlanma istiliyi;

t - nəm havanın temperaturudur.

0 ilə 100°J arasında gizli buxarlanma istiliyinin temperaturdan, təxminini olaraq düz xətt, yəni

$$r = 595 - 0,55t_s$$

üzrə asılı olduğunu və $j_{rsu}=1$; $j_{rq.b.}=0,47$ qəbul etdikdə, çox qızmış su buxarının entalpiyası üçün yazdığımız ifadə belə şəkil alar:

$$i_{q.b.} = 595 + 0,47t. \quad (10.21)$$

$(1+d)$ kq nəm havanın entalpiyası I , tərkibindəki 1 kq quru havanın entalpiyası ($i_{q.h.}$) ilə d kq su buxarının ($d \cdot i_{q.b.}$) entalpiyasının jəminə bərabərdir, yəni

$$I = i_{q.h.} + d \cdot i_{q.b.} \quad (10.22)$$

(10.20) və (10.21)-jü ifadələri nəzərə aldıqda, (10.22) düsturu, yəni $(1+d)$ kq nəm havanın entalpiyası belə ifadə olunar.

$$I = 0,24t + d(595 + 0,47t). \quad (10.23)$$

Bu ifadədən görünür ki, nəm havaya ideal qaz kimi baxdıqda, onun entalpiyası havanın temperaturu ilə çəki nəm tutumundan asılı olaraq dəyişməlidir. (10.14) düsturundan istifadə etsək, (10.23) ifadəsi aşağıdakı kimi də yazılı bilər:

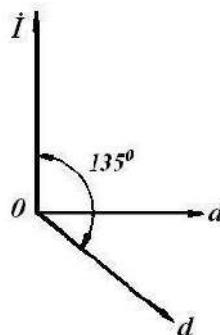
$$I = 0,24t + 0,622 \frac{\varphi p_s}{p_{n.h.} - \varphi p_s} (595 + 0,47t). \quad (10.24)$$

10.6. Nəm hava üçün $I-d$ diaqramı

Nəm hava ilə əlaqədar olan bir çox məsələlərin həllini sa-dələşdirmək məqsədi ilə professor L.K.Ramzin 1918-jı ildə nəm hava üçün $I-d$ diaqramının qurulmasını təklif etmişdir. Bu diaqramı qurmaqdən ötrü (10.23) ifadəsindən istifadə olunur. Müəyyən edilmişdir ki, $I-d$ diaqramını düzbujaqlı koordinat sistemi kimi qurduqda, ondan istifadə etmək əlverişsizdir. Çünkü, belə diaqramda 100°J-yə uyğun izotermələ $\varphi=1$ doyma əyrisi

arasındaki sahə çox kiçik alındır. Buna görə də həmin diaqramı I və d oxları arasında 135° olan, korbujaqlı koordinat sistemində təsvir etmək lazımdır (şək.10.3).

Belə diaqramların həqiqi absis oxu d , düzbujaqlı koordinat sisteminin absis oxu ilə 45° -bujaq təşkil edir. Buna baxmayaraq, absis oxu şərti olaraq düzbujaqlı koordinat sisteminin oxu qəbul edilir və həqiqi absis oxu üzərində ölçülən d -lərin, yəni çəki nəm tutumunun qiymətləri şərti absis oxu üzərinə keçirilir. Deməli, belə diaqramda $d=const$ xətləri, yəni sabit nəm tutumu xətləri I oxuna paralel, $I=const$ xətləri ilə 135° bujaq əmələ gətirir.



Şək.10.3. Nəm hava üçün I - d diaqramı

Korbujaqlı koordinat sisteminin absis oxundan istifadə edilmədiyindən, adətən I - d diaqramı şəkil 10.3-dəki kimi təsvir olunur.

Bu diaqramda izotermləri qurmaq üçün (10.23) ifadəsindən istifadə edirik. Bu ifadədə $t=const$ olduqda, $I=f(d)$ asılılığını alarıq. Deməli, izotermlər həmin asılılığa uyğun olan $I=const$ xətləri ilə $d=const$ xətlərinin kəsişmə nöqtələrindən keçən düz xətlərdən ibarət olajaqdır.

$\varphi=const$ xətlərini, yəni sabit nisbi nəmlik xətlərini qurmaq üçün (10.24) ifadəsindən istifadə etmək lazımdır. Həmin ifadədə $\varphi=const$ olduqda, $I=f(t)$ asılılığını alarıq. Deməli, sabit nisbi nəmlik xətti $I=f(t)$ asılılığına uyğun olan izotermlərlə

izodinamaların kəsişmə nöqtələrindən keçməlidir. Həmin ifadəyə daxil olan $p_{n.h.}=745$ mm j.süt. p_s isə t -yə uyğun olan su buxarının doyma təzyiqidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, 745 mm j. süt.-na, uyğun olan $99,4^\circ\text{J}$ doyma temperaturunda $p_{n.h.}=p_s$ olduğundan (10.9) və (10.14') düsturlarına əsasən həm d_s -in, həm də φ -nin sonsuz olmasına səbəb olur. Buna görə də həmin temperaturda $\varphi=const$ əyriləri qırılır, $99,4^\circ\text{J}$ -dən yüksək temperaturlarda isə $d=const$ xətti üzərinə düşərək \dot{I} oxuna paralel gedir.

Yaş termometrin temperaturuna uyğun olan $t_y=const$ izotermləri isə bu diaqramda qırıq düz xətlərlə təsvir olunmuşdur.

Diaqramdakı $p=f(d)$ asılılığı, yəni su buxarının parsial təzyiqin çəki-nəm tutumundan asılılığı (10.10) ifadəsinə əsasən qurulmuşdur. Bu asılılıq düz xətdən az fərqlənən əyri şəklində alınır.

Qeyd etmək lazımdır ki, nəm hava üçün qurulan $\dot{I}=d$ diaqramı bir çox məsələlərin həllini sadələşdirir, yəni analitik həlli qrafik üsulla əvəz etməyə imkan yaratır.

Beləliklə, $\dot{I}-d$ diaqramının ordinat oxu üzərində quru buxarın hali ($\varphi=0$), doyma əyrisi ($\varphi=100\%$) üzərində doymuş havanın hali, ordinat oxu ilə doyma əyrisi arasındakı sahədə müxtəlif nisbi nəmliyə malik olan doymamış nəm havanın halları təsvir olunur. Həmin diaqramda nəm havanın hali iki parametrlə, quru doymuş havanın hali isə bir parametrlə müəyyən edilir.

$\dot{I}-d$ diaqramı vasitəsi ilə şəh nöqtəsinin temperaturunu da müəyyən etmək mümkündür. Bundan ötrü nəm havanın halını xarakterizə edən nöqtədən keçən $d=const$ xətti ilə $\varphi=100\%$ əyrisinin kəsişmə nöqtəsini tapmaq kifayətdir. Həmin nöqtədən keçən izoterm tələb olunan şəh nöqtəsinin temperaturunu göstərir.

$\dot{I}-d$ diaqramında yerləşən uyğun $t=t_i=const$ və $t_y=t_y=const$ izotermləri $\varphi=100\%$ əyrisi üzərində bir nöqtədə görüşməlidir.

Nəm havada gedən qızma və buxarlanma prosesləri həmin diaqramda bir nöqtədən keçən, bir-biri ilə 135° bujaq təşkil

edən iki oxla göstərilmişdir. Bu oxların biri $d=const$, digəri isə $\dot{I}=const$ ilə işarə olunmuşdur. Buradan belə çıxır ki, proses $d=const$ üzrə getdikdə, entalpiya artdıqda, bu nəm havanın qızmasını, entalpiya azaldıqda isə soyumasını göstərir.

Soyuma prosesi $d=const$ xətti ilə $\varphi=100\%$ əyrisinin kəsişmə nöqtəsində sona çatmalıdır. Həmin nöqtədən sonra davam edən soyuma prosesində buxarın kondensasiyası baş verdiyindən, nəm havanın nəm tutumu kiçilir.

Nəm havadakı suyun (entalpiyası sıfır olmaq şərti ilə) buxarlanması $\dot{I}=const$ prosesi üzrə əmələ gəlməlidir.

Çünki, burada suyun buxarlanmasına sərf olunan istilik yenidən buxarla nəm havaya qaytarılır.

Kondensasiya prosesinin şərti olaraq $\varphi=100\%$ əyrisi üzərində əmələ gəlməsi qəbul olunur. Deməli, 1 kq quru havaya düşən kondensatın (suyun) miqdarı, $\varphi=100\%$ əyrisi üzərində götürülen nöqtələrin nəm tutumlarının fərqiñə, yəni (d_1-d_2) -yə bərabər olmalıdır.

Yoxlama sualları

1. Nəm hava nəyə deyilir? 2. Nəm havanın təzyiqi nəyə bərabərdir? 3. Doymamış nəm hava nəyə deyilir? 4. Doymuş nəm hava nəyə deyilir? 5. Şəh nöqtəsi temperaturu nəyə deyilir? 6. Şəh nöqtəsi temperaturu hiqrometr hansı jihazla müəyyən edilir? 7. Çəki nəm tutumu nəyə deyilir və nejə ifadə olunur? 8. Mol nəm tutumu nəyə deyilir və nejə ifadə olunur? 9. Mütləq nəmlilik nədir? 10. Nəm havadakı su buxarının parsial təzyiqi nejədir? 11. Nisbi nəmlilik nəyə deyilir? 12. Doyma dərəjəsi nəyə deyilir? 13. Nisbi nəmlilik hansı jihazla ölçülür? 14. Nəm havanın istilik tutumu nejə təyin olunur? 15. Nəm havanın entalpiyası nejə təyin olunur? 16. Nəm hava ilə əlaqədar olan bir çox məsələlərin həllini sadələşdirmək məqsədi $\dot{I}-d$ diaqramının qurulması kim tərəfindən və neçənji ildə təklif edilmişdir? 17. Nəm havada gedən qızma və buxarlanma prosesləri diaqramda nejə göstərilmişdir?

İSTİLİKÖTÜRMƏ

XI FƏSİL İSTİLİKKEÇİRMƏ

11.1. Ümumi anlayışlar və əsas qanun

İstilikkeçirmə anlayışı jisimləri təşkil edən atom, molekul və sərbəst elektronların hərəkəti ilə izah olunur.

Bərk-dielektrik jisimlərdə və nazik təbəqəli hərəkətsiz mayelərdə istilikkeçirmə atom və molekulların bilavasitə bir-birinə dəyməsi (toxunması), metallarda əsasən sərbəst elektronların, nazik təbəqəli hərəkətsiz qazlarda isə atom və molekulların diffuziyası nətijəsində əmələ gəlir.

Jisimləri təşkil edən hissəjiklərin hərəkət energisi temperaturla xarakterizə olunduğundan baxılan jismin daxilində istiliyin istilikkeçirmə prosesi ilə yayılması, həmin jismin daxilində temperaturun paylanmasından asılıdır.

11.1.1. Temperatur sahəsi. Hər hansı mühitin bütün nöqtələrindəki temperaturun istənilən andakı qiymətlərinin yığıımına temperatur sahəsi deyilir.

Deməli, ümumi halda nəzərdən keçirilən mühitin müxtəlif nöqtələrində, müxtəlif zamanlarda temperatur müxtəlif ola bilər. Buna əsasən temperatur sahəsinin qeyri-müəyyən şəkildəki tənliyi aşağıdakı kimi yazılımalıdır:

$$t = f(x, y, z, \tau), \quad (11.1)$$

burada t -ixtiyari nöqtənin temperaturu;

x, y, z - nöqtənin koordinatları;

τ - zamandır.

Nəzərdən keçirilən mühitin nöqtələrinin temperaturu zamandan asılı olaraq dəyişərsə, belə temperatur sahəsinə qərarlaşmamış sahə, dəyişməzsə qərarlaşmış temperatur sahəsi deyilir.

Beləliklə, $t = f(x, y, z, \tau)$ və $\frac{\partial t}{\partial \tau} \neq 0$ qərarlaşmamış temperatur sahəsinin, $t = f_1(x, y, z)$ və $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$ qərarlaşmış temperatur sahəsinin qeyri-müəyyən şəkildə ifadəsidir.

Baxılan mühitdə temperaturun dəyişmə istiqamətindən asılı olaraq üç temperatur sahəsi olur:

- bir istiqamətdə dəyişən birölçülü temperatur sahəsi;
- iki istiqamətdə dəyişən ikiölçülü temperatur sahəsi;
- üç istiqamətdə dəyişən üçölçülü temperatur sahəsi.

Beləliklə,

$$t = F(x, y, \tau) \quad (11.2)$$

ikiölçülü qərarlaşmamış temperatur sahəsinin və

$$t = F_1(x) \quad (11.3)$$

birölçülü qərarlaşmış temperatur sahəsinin tənliyidir.

Təjrübədə, əsasən birölçülü qərarlaşmış temperatur sahəsinə rast gəlirik.

11.1.2. Izotermik səth. Mühitin eyni temperaturlu nöqtələrinin həndəsi yerinə izotermik səth deyilir.

Bir nöqtədə eyni zamanda iki müxtəlif temperatur ola bilmədiyindən, müxtəlif izotermik səthlər haqqında aşağıdakıları demək olar:

- izotermik səthlər bir-biri ilə kəsişə bilməz;
- izotermik səthlər ya öz-özünə qapanır, ya da mühitin sərhədlərində qırılır.

Araşdırılan mühitin izotermik səthlərinə perpendikulyar istiqamətdə kəssək, izotermləri alarıq.

Şəkil 11.1-də izotermləri göstərilən temperatur sahəsi verilmişdir.

11.1.3. Temperatur qradiyenti. Temperatur sahəsində, temperaturun anjaq izotermik səthləri kəsmə istiqamətində dəyişməsi şəkil 11.1-dən aydın görünür. Izotermlər arasında temperaturun artma sürəti, yəni verilmiş istiqamətdə izotermlərin temperatur fərqinin bu izotermlər arasındaki

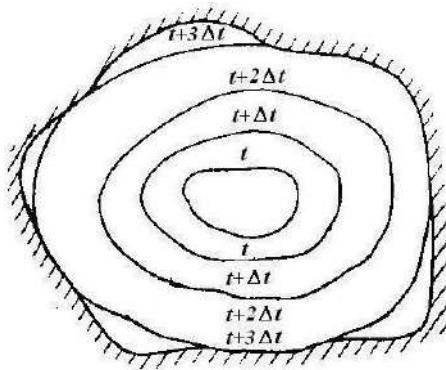
məsafəyə nisbəti, istiqamətdən asılı olub, izotermik səthlərə normal istiqamətində bu nisbət ən böyük qiymət alır.

İzotermik səthlər arasındaki temperaturun dəyişməsinin həmin səthlər arasında normal istiqamətdəki məsafəyə nisbətinin limitinə temperatur qradiyenti deyilir və aşağıdakı kimi işarə olunur:

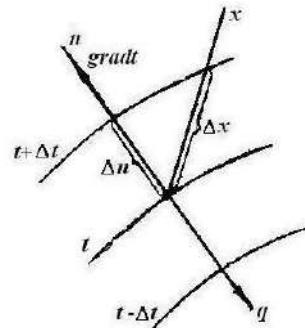
$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta n}, \quad \frac{\partial t}{\partial n} \text{ və ya } grad t.$$

Temperatur qradiyenti vektorial kəmiyyətdir. Bu vektor verilmiş nöqtədə izotermik səthin normali üzərinə düşür və temperaturun artması istiqamətdə yönəlir (şəkil 11.2).

Temperatur qradiyenti ${}^{\circ}Jm$ ilə ölçülür.



**Şəkil 11.1. Izotermi
qradiyenti
temperatur sahəsi**



**Şəkil 11.2. Temperatur
qradiyenti**

11.1.4. İstilik seli. Hər hansı səthdən bir saatda keçən istilik miqdarına istilik seli deyilir və Q ilə işarə olunur.

Vahid səthdən vahid zamanda keçən istiliyin miqdarına xüsusi istilik seli deyilir və q ilə işarə edilir.

Texniki vahidlər sistemində istilik seli (Q) kkalsaat ilə ölçüldüyündən, xüsusi istilik seli belə ifadə olunur:

$$q = \frac{Q}{F}, \quad \frac{kCoul}{m^2 san} \quad (11.4)$$

İstilik seli temperaturun azaldığı tərəfə axlığından xüsusi istilik seli də temperatur azalan tərəfə yönəlir. İstilik seli vektorial kəmiyyətdir.

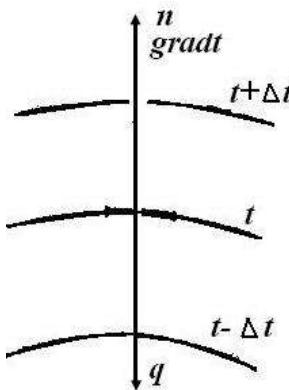
11.1.5. İstilikkeçirmənin əsas qanunu-Fürye qanunu.

Fürye bərk jisimlərin istilikkeçirməsini öyrənmək məqsədi ilə apardığı bir çox təjrübələr nətiyəsində belə qərara gəlmışdır ki, bərk jismin daxilində yayılan xüsusi istilik selinin miqdarı temperatur qradienti ilə düz mütənasibdir. Bu qanunun ümumi şəkildə belə yazılır:

$$q = -\lambda gradt, \quad (11.5)$$

burada \leftrightarrow mənfi işarəsi xüsusi istilik seli vektoru ilə temperatur qradienti vektorunun istiqamətjə əks olmasını göstərir (şək.11.3);

λ - mütənasiblik əmsalıdır.



Şək.11.3. Xüsusi istilik seli vektoru ilə temperatur qradienti vektorunun istiqamətjə əks olması

11.1.6. İstilikkeçirmə əmsali. Fürye qanununun riyazi ifadəsindəki (11.5) mütənasiblik əmsalı λ müxtəlif jisimlər üçün müxtəlif olur və jismin istilikkeçirmə əmsalı adlanır.

Jismin fiziki parametri olan istilikkeçirmə əmsalının fiziki mənasını aydınlaşdırmaq məqsədi ilə Fürye qanununu birölkülü qərarlaşmış temperatur sahəsi olan yastı divar üçün yazaq:

$$Q = \lambda \frac{\Delta t}{l} \cdot F \cdot \tau , \quad (11.6)$$

burada Q - divarın daxilində yayılan istilik miqdarı, kkal;

Δt - divarın yan səthlərinin temperatur fərqi, $^{\circ}\text{J}$;

τ - zaman, saat;

λ - divarın maddəsinin istilikkeçirmə əmsalıdır.

(11.6) ifadəsindən yaza bilərik ki,

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{F \cdot \tau \cdot \Delta t}, \quad \frac{k\text{Coul} \cdot m}{m^2 \cdot \text{san} \cdot \text{dər}}$$

$l=1$ m, $F=1$ m^2 , $\tau=1$ saat və $\Delta t=1^{\circ}\text{J}$ qəbul etsək, onda

$$\lambda = Q$$

Deməli, istilikkeçirmə əmsali λ qəbul etdiyimiz şəraitdə, yəni qalınlığı 1 m, sahəsi 1 m^2 və kənar səthlərinin temperatur fərqi 1°J olan yastı divardan bir saatda keçən istiliyin miqdarını göstərir.

Istilikkeçirmə əmsalının ölçü vahidi, adətən $\frac{k\text{Coul}}{m \cdot \text{san} \cdot \text{dər}}$ götürülür.

Təjribə göstərir ki, jisimlərin istilikkeçirmə əmsali çox mürəkkəb funksiyadır. O, jismin quruluşundan, temperaturundan, sıxlığından, təzyiqindən və nəmliyindən asılı olduğundan, çox zaman onu nəzəri hesablamaq mümkün deyil. Buna görə jisimlərin istilikkeçirmə əmsalı təjribədən tapılır və jədvəllərdə verilir.

Istilikkeçirmə əmsalının jədvəl qiymətlərindən istifadə etdikdə çox ehtiyatlı olmaq lazımdır, çünkü λ -nın jədvəldəki qiyməti müəyyən şəraitə uyğundur. Əgər baxılan şərait jədvəl şəraitindən fərqlənərsə, jədvəldəki qiyməti təqribi hesablamalarda götürmək olar. Çox dəqiq hesablamalar tələb olunan hallarda isə λ laboratoriya şəraitində təjribə yolu ilə tapılmalıdır.

Müəyyən şəraitdə götürülmüş materialın istilikkeçirmə əmsalının temperaturdan asılılıq qanununu bilmək böyük əhəmiyyətlidir.

yətə malikdir, çünki daxilində konduksiya vasitəsi ilə istilik yayılan jismin müxtəlif nöqtələrində temperatur müxtəlif olur.

Təjrübə göstərir ki, bir çox jisimlər üçün λ temperaturdan xətti asılıdır, yəni

$$\lambda = \lambda_0 \pm bt, \quad (11.7)$$

burada λ -həqiqi istilikkeçirmə əmsali;

λ_0 -istilikkeçirmə əmsalının $^{\circ}\text{J}$ -dəki qiyməti;

b -temperatur əmsali;

t -temperaturlurdur.

λ_0 və b təjrübədən tapılır.

Hesablamarda çox vaxt istilikkeçirmə əmsalının orta qiymətindən istifadə edilir. Bu halda qərarlaşmış temperatur sahəsində istilikkeçirmə əmsalının verilmiş t_1 və t_2 temperaturları arasındaki orta qiyməti, (11.7) ifadəsinə əsasən belə hesablanmalıdır:

$$\lambda_m = \lambda_0 \pm b \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right). \quad (11.8)$$

Müxtəlif maddələrin-qazların, mayelərin, tikinti və istilik izoləsində işlənən dielektrik materialların və metalların istilikkeçirmə əmsallarının temperaturdan asılılıq qanunu şəkillərdə göstərilmişdir (şək.11.4...11.7).

Şəkillərdən görünür ki, temperatur artlığında qazların tikinti və istilik izolə dielektrik materiallarının istilikkeçirmə əmsali artır, mayelərin və eksər hallarda metalların istilikkeçirmə əmsali isə azalır (su və qliserindən başqa).

Təjrübə göstərir ki, müxtəlif maddələrin istilikkeçirmə əmsalının mütləq qiyməti onların növündən asılı olaraq aşağıdakı hədlərdə dəyişir (jədvəl 11.1).

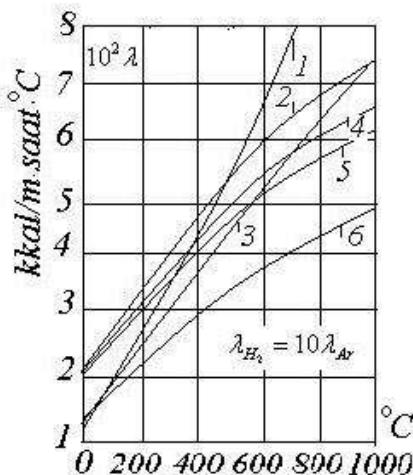
Jədvəl 11.1

Müxtəlif maddələrin istilikkeçirmə əmsalının mütləq qiyməti

Maddələr	$\lambda \frac{\text{kkal}}{\text{m} \cdot \text{saat} \cdot \text{dər}}$
Qazlar	0,005...0,500
Mayelər	0,08...0,60
Tikinti və istilik izolə	0,020...2,500

materialları	
Metallar	2,5...360,0

Sənayenin və xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində işlədilən və böyük əhəmiyyətə malik olan bəzi maddələrin və materialların istilikkeçirmə əmsalının qiymətləri əlavə 3-də jədvəllərdə verilmişdir.



Şək.11.4. Müxtəlif qazlar üçün istilikkeçirmə əmsallarının temperaturdan asılılığı

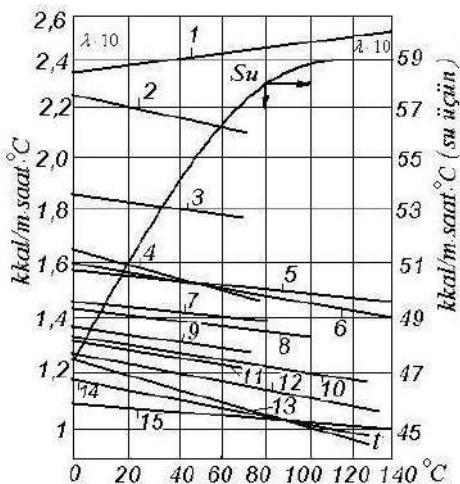
1-su buxarı; 2-oksiyen; 3-karbon qazı; 4-hava; 5-azot; 6-argon

Qazların istilikkeçirmə əmsalını nəzəri hesablamaq mümkün olmadığından, onların istilikkeçirmə əmsali yuxarıda göstərilən jədvəllərdən götürülməlidir. Qaz qarışıığı additivlik qanununa tabe olmadığından onun istilikkeçirmə əmsali anjaq təjrübədən tapılmalıdır.

Assosiasiya etməyən mayelərin (benzol, toluol, ksilol və başqa karbohidratlar) istilikkeçirmə əmsalının qiyməti aşağıdakı düsturlardan tapıla bilər:

a) $t=20^\circ\text{J-də}$

$$\lambda_0 = \frac{1.52 \cdot 10^{-4}}{\frac{1}{\mu^3}} \cdot c_{p0} \cdot \gamma_0^{\frac{4}{3}}, \quad \frac{k\text{Coul}}{m \cdot \text{san} \cdot dər}$$



Şək.11.5. $\lambda = f(t)$ müxtəlif mayelər üçün:

1-susuz qliserin; 2-qarışqa turşusu; 3-metil spirti; 4-etyl spirti; 5-gənəgərçək yağı; 6-anilin; 7-sirkə turşusu; 8-aseton; 9-butil spirti; 10-nitrobenzol; 11-qazopropan spirt; 12-benzol; 13-toluol; 14-ksilol; 15-vazelin yağı

b) istənilən temperaturda

$$\lambda = \lambda_0 \left(\frac{\gamma}{\gamma_0} \right)^{\frac{4}{3}}, \quad \frac{kCoul}{m \cdot san \cdot dər}$$

burada λ_0 -20°C-də istilikkeçirmə əmsalı, ; $\frac{kCoul}{m \cdot san \cdot dər}$

J_{a0} -20°C-də sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu,

$$\frac{kCoul}{kq \cdot dər};$$

γ_0 -20°C-də xüsusi çəki, $\frac{kQ}{m^3}$;

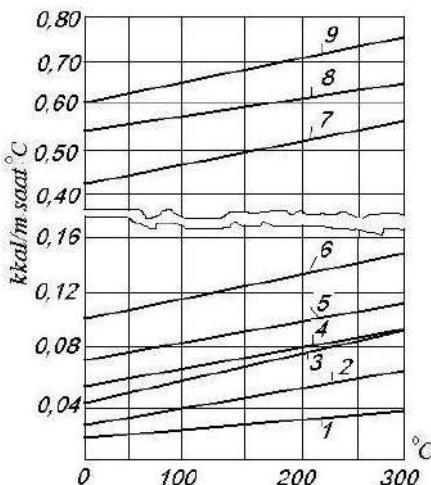
μ -molekul kütləsi;

λ -istənilən temperaturda istilikkeçirmə əmsalı,

$$\frac{kCoul}{m \cdot san \cdot dər};$$

$$\gamma\text{-istənilən temperaturda xüsusi çəkidir, } \frac{kQ}{m^3}.$$

Tikinti və itstilik izolə materiallarının istilikkeçirmə əmsalı temperaturdan başqa, materialın həjmi çəkisindən (sıxlığından) və nəmliyindən də asılıdır. Materialın xüsusi çəkisi artıqja onun istilikkeçirmə əmsali artır. Bunun səbəbi materialın daxilindəki məsamələrdə olan havanın miqdarının, yaxud hava məsamələrinin ölçüsünün kiçilməsi ilə izah edilməlidir.



Şək.11.6. $\lambda = f(t)$ müxtəlif izolyasiya və odadavamlı materiallar üçün:

1-hava, $\gamma=1,293 \text{ kqN}\cdot\text{m}^3$; 2-mineral yun, $\gamma=160 \text{ kqsm}^3$; 3-posa pambığı $\gamma=200 \text{ kqm}^3$; 4-nyuvel, $\gamma=340 \text{ kqm}^3$; 5-sovelit, $\gamma=440 \text{ kqsm}^3$; 6-diidotom kərpiji, $\gamma=55 \text{ kqm}^3$; 7-qırmızı kərpij, $\gamma=1672 \text{ kqm}^3$; 8-posa beton kərpij, $\gamma=1373 \text{ kqm}^3$; 9-şamot kərpij, $\gamma=18,0 \text{ kqm}^3$

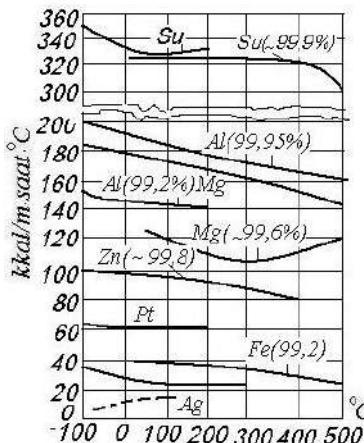
Materialların nəmliyi artıqja onların istilikkeçirmə əmsalı artır. Nəmlik materialın istilikkeçirmə əmsalına çox təsir göstərir, belə ki, nəm materialın istilikkeçirmə əmsali suyun və quru materialın istilikkeçirmə əmsalından böyük olur. Məsələn,

quru kərpijin istilikkeçirmə əmsalı $0,3 \frac{\text{kkal}}{\text{m} \cdot \text{saat} \cdot \text{dər}}$, suyunku isə $0,5 \frac{\text{kkal}}{\text{m} \cdot \text{saat} \cdot \text{dər}}$ olduğu halda nəm kərpijin istilikkeçirmə əmsalı $0,9 \frac{\text{kkal}}{\text{m} \cdot \text{saat} \cdot \text{dər}}$ olur.

Bu, quru material nəmləşdikdə onun mikroskopik havaməsamələrinə su dolması ilə izah olunur.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, temperatur artdıqja bir çox materialların istilikkeçirmə əmsalı azalır. Metalın tərkibində müxtəlif qarışıqların olması, onun istilikkeçirmə əmsalının daha çox azalmasına səbəb olur. Məsələn, tərkibində 0,1% karbon olan dəmir üçün $\lambda = 50 \frac{\text{kkal}}{\text{m} \cdot \text{saat} \cdot \text{dər}}$, 1,0% karbon olan üçün

$\lambda = 40 \frac{\text{kkal}}{\text{m} \cdot \text{saat} \cdot \text{dər}}$, 1,5% karbon olan üçün isə $\lambda = 36 \frac{\text{kkal}}{\text{m} \cdot \text{saat} \cdot \text{dər}}$.



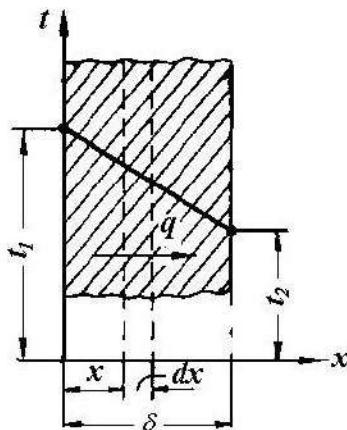
Şək.11.7. Metalların istilikkeçirmə əmsallarının temperaturdan asılılığı

Metalin tərkibindəki qarışığın onun istilikkeçirmə əmsalına təsiri müəyyən qanuna tabe olmadıqından, metalin və metal qarışıqlarının istilikkeçirmə əmsalinin təjribi tapılması yeganə üsuldur.

11.2. Yasti divarın istilikkeçirməsi

Divarın ölçüləri və kənar səthlərinin temperaturu məlum olduqda, bu divardan istənilən müddət ərzində keçən istiliyin miqdarını və aralıq səthlərin temperaturunu Fürye qanununa əsaslanaraq tapmaq mümkündür.

11.2.1. Birtəbəqəli yasti divar. Qalınlığı δ m, istilikkeçirmə əmsali $\lambda = \frac{kCoul}{m \cdot san \cdot dər}$ və kənar səthlərinin temperaturu t_1 və t_2 olan eynijsli yasti divar verilmişdir (şək.11.8).



Şək.11.8. Eynijsli yasti divar

Bu divarın λ əmsalinin və kənar səthlərinin t_1 və t_2 temperaturunun sabit olduğunu, temperaturun anjaq divarın səthinə perpendikulyar istiqamətdə (x oxu üzrə) dəyişdiyini

qəbul etsək, deyə bilərik ki, temperatur sahəsi birölçülü qərarlaşmış və izotermik səthlərin x oxuna perpendikulyar yastı səthlərindən ibarətdir. Aydındır ki, belə mühitdə xüsusi istilik səli (q) sabitdir.

Bu divarın daxilində iki izotermik səthdə məhdudlaşmış, qalınlığı dx olan sonsuz kiçik təbəqə üçün Fürye qanununa əsasən yaza bilərik ki,

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx}, \quad (11.9)$$

buradan

$$dt = -\frac{q}{\lambda} dx. \quad (11.10)$$

Aldığımız ifadəni integrallasaq:

$$t = -\frac{q}{\lambda} x + C. \quad (11.11)$$

Bu ifadədəki integral sabitini (J) tapmaq üçün, verilmiş şərtdən istifadə edirik, yəni $x=0$ olduqda $t=t_1$ olduğundan (11.11) tənliyi aşağıdakı kimi olur:

$$C = t_1.$$

Digər tərəfdən $x=\delta$ olduqda, $t=t_2$ olduğundan (11.11) ifadəsindən alırıq ki,

$$t_2 = -\frac{q}{\lambda} \delta + t_1.$$

Buradan xüsusi istilik səli üçün aşağıdakı ifadəni yazırıq:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2), \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot san}, \quad (11.12)$$

və ya

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta}{\lambda}}, \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot san}, \quad (11.13)$$

burada $\frac{\delta}{\lambda}$ - təbəqənin termik müqaviməti adlanır.

Deməli, baxılan divarın 1 m^2 səthindən 1 saatda keçən istiliyin miqdarı, divarın kənar səthlərinin temperatur fərqi ilə

düz, termik müqaviməti ilə tərs mütənasibdir.

Sahəsi $F \text{ m}^2$ olan divardan, τ saatda keçən istiliyin miqdarı (Q kkal) aşağıdakı ifadədən tapılı bilər:

$$q = q \cdot F \cdot \tau = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) F \tau, \quad \text{kCoul.} \quad (11.14)$$

11.2.2. Yastı divarda temperaturun dəyişmə qanunu.

Yastı divarın daxilində temperaturun dəyişmə qanunu divarın λ əmsalının sabit, yaxud dəyişən olmasından asılıdır. Bu hallara ayrılıqla baxaq.

a) Temperatur sahəsini qərarlaşmış və divarın materialının istilikkeçirmə əmsalını sabit qəbul edərək, (11.10) ifadəsini t_1 -dən t_x -ə və 0-dan x -ə qədər integrallasaq, alarıq

$$t_x - t_1 = -\frac{q}{\lambda} x,$$

buradan

$$t_x = t_1 - \frac{q}{\lambda} x, \quad (11.15)$$

yəni baxılan halda yastı divarda temperatur xətti dəyişir.

b) Temperatur sahəsinin qərarlaşmış və divarın materialının istilikkeçirmə əmsalının temperaturdan $\lambda = \lambda_0 + bt$ düz xətt üzrə asılı olduğunu qəbul etsək, Fürye qanunu belə yazılımalıdır:

$$q = -(\lambda_0 + bt) \frac{dt}{dx}, \quad (11.16)$$

və ya

$$q dx = -(\lambda_0 + bt) dt. \quad (11.16')$$

q -nu, λ_0 -ı və b -ni sabit qəbul edərək, bu ifadəni 0-dan x -ə qədər t_1 -dən t_x -ə qədər integrallayaraq, alınan kvadrat tənliyi t_x -ə görə həll etsək, alarıq

$$t_x = -\frac{1}{b} + \sqrt{\left(\frac{1}{b} + t_1\right)^2 - \frac{2qx}{b\lambda_0}}. \quad (11.17)$$

Deməli, həqiqətdə yastı divarda temperaturun dəyişməsi əyri xətt üzrə olur və əyri xəttin qabarığı b əmsalının işarəsindən asılıdır. Belə ki, b müsbət olduqda əyrinin qabarığı

yuxarı, mənfi olduqda isə aşağı olur (şək.11.9).

Böyük dəqiqlik tələb edən hesablamalarda λ istilikkeçirmə əmsali dəyişən qəbul edilməlidir. Bu hal üçün tələb olunan hesablama düsturu aşağıdakı şəkli alır:

$$q = \frac{\lambda_0 + \frac{b}{2}(t_1 + t_2)}{\delta}(t_1 - t_2), \quad (11.18)$$

burada $\lambda_0 + \frac{b}{2}(t_1 + t_2)$ ifadəsi divarın materialının verilmiş temperaturlar arasındaki orta istilikkeçirmə əmsali adlanır.

11.2.3. Çoxtəbəqəli yastı divar. Materialları müxtəlif olan bir neçə təbəqədən ibarət divar çoxtəbəqəli divar adlanır.

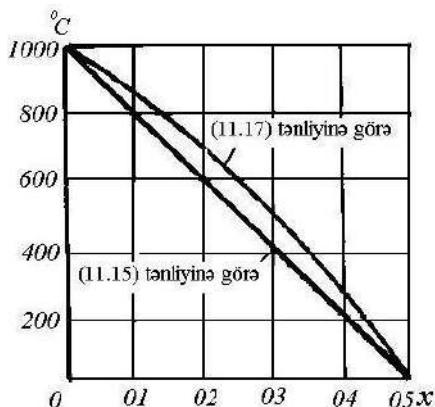
Təjrübədə əsasən çoxtəbəqəli divarlara rast gəlirik. Məssələn, bütün istilik qurğularının-sobaların, buxar qazanlarının kərpij hörgüsü, adətən, üç təbəqədən ibarət olur: birinci, odadavamlı kərpij təbəqəsi, ikinçi, adı kərpij təbəqəsi; üçüncü isə istilik izolə təbəqəsidir.

Bir tərəfdən su, digər tərəfdən isə yanma məhsulu axan divarlar su tərəfdən ərp, qazlar tərəfdən isə his və kül təbəqəsi ilə örtüldüyündən, belə divarlar da üçtəbəqəli hesab edilməlidir.

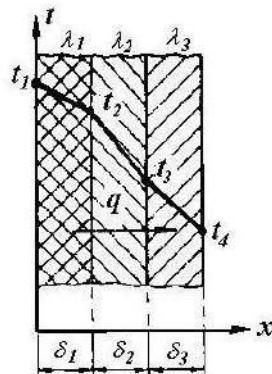
Təjrübədə üçtəbəqəli yastı divara çox rast gəlirik. Buna görə üçtəbəqəli yastı divarın istilikkeçirməsini hesablamamaq üçün lazımlı olan düsturların çıxarılışına baxaq.

Verilmiş üçtəbəqəli yastı divarın (şək.11.10), təbəqələrinin qalınlığı δ_1 , δ_2 və δ_3 , təbəqələrin materialının istilikkeçirmə əmsali λ_1 , λ_2 və λ_3 , xariji səthlərinin temperaturu t_1 və t_4 məlum olduqda divarın xüsusi istilik selini q və aralıq səthlərinin temperaturunu t_2 və t_3 tapmaq lazımlı gəlir.

Təbəqələrin bir-birinə sıx, yəni aralıq səthlərin bütün nöqtələrində temperaturun eyni və temperatur sahəsinin qərarlaşmış olmasını qəbul etsək, hər təbəqə üçün (11.13) düsturuna əsasən yaza bilərik:



**Şək.11.9. Yastı divarda
yastı di-
temperaturun dəyişməsi
və
temperaturu-**



**Şək.11.10. Üçtəbəqəli
varın xüsusi istilik selinin q
aralıq səthlərinin
nun tapılması**

$$\left. \begin{aligned} \text{Birinci təbəqə üçün} \quad q &= \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_1 - t_2) \\ \text{İkinci təbəqə üçün} \quad q &= \frac{\lambda_2}{\delta_2} (t_2 - t_3) \\ \text{Üçüncü təbəqə üçün} \quad q &= \frac{\lambda_3}{\delta_3} (t_3 - t_4) \end{aligned} \right\} \quad (11.19)$$

Bu üç tənliyi birlikdə həll edərək, axtardığımız q , t_2 və t_3 məjhullarını tapırıq.

Hər təbəqə üçün temperatur fərqini (11.19) ifadələrindən tapırlar:

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_2 &= q \frac{\delta_1}{\lambda_1} \\ t_2 - t_3 &= q \frac{\delta_2}{\lambda_2} \\ t_3 - t_4 &= q \frac{\delta_3}{\lambda_3} \end{aligned} \right\}. \quad (11.20)$$

Üçtəbəqəli divarın tam temperatur fərqi isə (11.20) ifadələrinə əsasən belə tapılır:

$$t_1 - t_4 = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right). \quad (11.21)$$

Buradan baxılan divarın xüsusi istilik seli üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}}. \quad (11.22)$$

Xüsusi istilik selini q müəyyən etdikdən sonra, aralıq səthlərin temperaturu (11.20) tənliklərindən tapılmalıdır:

$$\left. \begin{aligned} t_2 &= t_1 - q \frac{\delta_1}{\lambda_1} \\ t_3 &= t_4 + q \frac{\delta_3}{\lambda_3} \\ t_3 &= t_2 - q \frac{\delta_2}{\lambda_2} = t_1 - q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \end{aligned} \right\}. \quad (11.23)$$

Baxılan üçtəbəqəli divarda temperatur xəttini müəyyən etmək üçün (11.15) tənliyinə baxmaq lazımdır. Bu tənliyə əsasən hər təbəqədə temperatur düz xətt üzrə dəyişəjək, bütün divarda isə müxtəlif təbəqələrin istilikkeçirmə əmsali müxtəlif olduğundan, temperaturun dəyişməsi sıniq xətt üzrə olmalıdır (şək.11.10).

Divar n təbəqədən ibarət olarsa, onun hesablanması düsturları aşağıdakı şəkli alır:

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (11.24)$$

və

$$\left. \begin{aligned} t_2 &= t_1 - q \frac{\delta_1}{\lambda_1} \\ t_3 &= t_1 - q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \\ t_4 &= t_1 - q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \\ &\dots \\ &\dots \\ t_n &= t_1 - q \sum_{i=1}^{i=n-1} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \\ t_n &= t_{n+1} + q \frac{\delta_n}{\lambda_n} \end{aligned} \right\}. \quad (11.25)$$

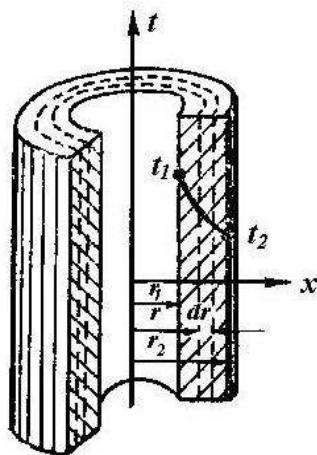
və

Qeyd etmək lazımdır ki, çoxtəbəqəli divarın səthlərinin temperaturunu bilmək təjribədə çox böyük əhəmiyyətə malikdir, çünki aralıq təbəqələrin materialı məhz bu temperatura əsasən seçilir.

11.3. Silindrik divarın istilikkeçirməsi

Temperatur sahəsi qərarlaşmış olan silindrik divarda (boruda), xüsusi istilik seli qiymətjə dəyişən kəmiyyət olduğundan (sahə radius istiqamətdə dəyişdiyindən), yastı divar üçün aldığımız ifadələri silindrik divara tətbiq etmək olmaz. Buna görə, silindrik divara ayrıja baxmaq lazımdır.

11.3.1. Birtəbəqəli silindrik divar. Uzunluğu l , daxili diametri d_1 , xariji diametri d_2 , daxili səthinin temperaturu t_1 və xariji səthinin temperaturu t_2 olan silindrik divarda (boruda) temperatur sahəsinin qərarlaşmış olduğunu və temperaturun anjaq radius istiqamətində dəyişdiyini qəbul etsək görərik ki, izometrik səthlər silindrik səthlərdən ibarətdir (şək.11.11).



Şək. 11.11. Birtəbəqəli silindrik divar

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, radius istiqamətdə xüsusi istilik seli qiymətjə dəyişdiyindən, mərkəzi oxdan r məsafəsində qalınlığı ar olan, həlqəvi sonsuz kiçik silindrik təbəqə üçün Furge qanunu aşağıdakı şəkildə yazılmalıdır:

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr} \tau = -\lambda 2\pi r \ell \frac{dt}{dr} \tau, \quad (11.26)$$

buradan

$$dt = -\frac{Q}{2\pi\lambda\ell\tau} \cdot \frac{dr}{r}. \quad (11.27)$$

Bu ifadəni t_1 -dən t_2 -yə qədər və r_1 -dən r_2 -yə qədər integrallasaq alarıq ki,

$$t_2 - t_1 = -\frac{Q}{2\pi\lambda\ell\tau} \ln \frac{r_2}{r_1}. \quad (11.28)$$

və ya

$$t_1 - t_2 = \frac{Q}{2\pi\lambda\ell\tau} \ln \frac{r_2}{r_1}. \quad (11.28')$$

Buradan

$$Q = \frac{2\pi\lambda\ell\tau}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (t_1 - t_2) = \frac{2\pi\lambda\ell\tau}{\ln \frac{d_2}{d_1}} (t_1 - t_2), \text{ kJoul.} \quad (11.29)$$

Silindrik divardan bir saatda keçən istiliyin miqdarı silindrin (borunun) bir metr uzunluğuna və ya onun daxili, yaxud xarici səthinin vahid sahəsinə nisbətən götürülə bilər. Bu hallara uyğun hesablama düsturları aşağıdakı kimi olur:

$$\frac{Q}{\ell\tau} = q_1 = \frac{2\pi\lambda}{\ln \frac{d_2}{d_1}} (t_1 - t_2) = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}, \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot \text{san}}; \quad (11.30)$$

$$\frac{Q}{\pi d_1 \ell \tau} = q_1 = \frac{2\lambda(t_1 - t_2)}{d_1 \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{(t_1 - t_2)}{\frac{d_1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}, \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot \text{san}}; \quad (11.31)$$

$$\frac{Q}{\pi d_2 \ell \tau} = q_2 = \frac{2\lambda(t_1 - t_2)}{d_2 \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{(t_1 - t_2)}{\frac{d_2}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}, \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot \text{san}}.$$

(11.32)

Bu ifadələrdən alırıq ki,

$$q_1 = \pi d_1 q_1 = \pi d_2 q_2, \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot \text{san}}. \quad (11.33)$$

Silindrik divarda temperaturun hansı qanunla dəyişdiyini bilmək üçün (11.27) ifadəsini $t=t_1$ -dən $t=t_x$ -ə və $r=r_1$ -dən $r=r_x$ -ə qədər integrallayaraq alırıq:

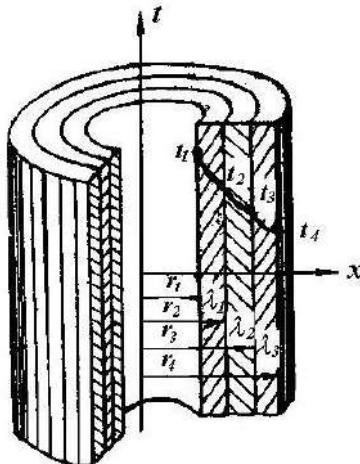
$$t_x - t_1 = -\frac{Q}{2\pi\lambda\ell\tau} \ln \frac{r_x}{r_1}$$

və ya

$$t_x = t_1 - \frac{Q}{2\pi\lambda\ell\tau} \ln \frac{r_x}{r_1} = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \ln \frac{d_x}{d_1}. \quad (11.34)$$

Bu ifadədən, silindrik divarda (λ =sabit olduqda) temperaturun loqarifmik qanunla dəyişdiyini görürük (şək. 11.11).

11.3.2. Çoxtəbəqəli silindrik divar. Təbəqələrinin diametrləri (d_1, d_2, d_3, d_4) materiallarının istilikkeçirmə əmsalı ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) və kənar səthlərinin temperaturu (t_1, t_4) məlum olan üçtəbəqəli silindrik divar verilmişdir (şək.11.12).



Şək.11.12. Üçtəbəqəli silindrik divar

Bu divarın xüsusi istilik selini və aralıq səthlərinin temperaturunu tapmaq tələb olunur.

Temperatur sahəsi qərarlaşmış olduqda hər təbəqədən keçən xətti xüsusi istilik seli miqdarda bərabər və sabit olduğundan, (11.30) düsturuna əsasən yaza bilərik:

$$\left. \begin{array}{l} \text{I təbəqə üçün } q_t = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}} \\ \text{II təbəqə üçün } q_t = \frac{\pi(t_2 - t_3)}{\frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} \\ \text{III təbəqə üçün } q_t = \frac{\pi(t_3 - t_4)}{\frac{1}{2\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}} \end{array} \right\} \quad (11.35)$$

buradan

$$\left. \begin{array}{l} t_1 - t_2 = \frac{q_t}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} \\ t_2 - t_3 = \frac{q_t}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} \\ t_3 - t_4 = \frac{q_t}{2\pi\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} \end{array} \right\} \quad (11.36)$$

Həmin ifadəni topladıqda alırıq

$$t_1 - t_4 = \frac{q_t}{\pi} \left(\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} \right); \quad (11.37)$$

buradan da

$$q_t = \frac{\pi(t_1 - t_4)}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}}, \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot san}. \quad (11.38)$$

Xüsusi istilik seli müəyyən edildikdən sonra, aralıq səthlərin temperaturu tapılmalıdır:

$$\left. \begin{aligned} t_2 &= t_1 - \frac{q_t}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} \\ t_3 &= t_2 - \frac{q_t}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} = t_1 - \frac{q_t}{2\pi} \left(\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} \right) \\ t_3 &= t_4 + \frac{q_t}{2\pi\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} \end{aligned} \right\}. \quad (11.39)$$

Çoxtəbəqəli silindriks divarda temperatur əyrisi sıniq əyri xətti olur.

Silindriks divar n təbəqədən ibarət olduqda, onun xətti xüsusi istilik selinin ifadəsi aşağıdakı kimi olur

$$q_t = \frac{\pi(t_1 - t_{n+1})}{\sum_{i=1}^{I=n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}, \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot san}. \quad (11.40)$$

Yoxlama sualları

1. İstilikkeçirmə anlayışı nə ilə izah olunur? 2. Temperatur sahəsi nədir? 3. Temperatur sahəsinin qeyri-müəyyən şəkildəki tənliyi nejə yazılır? 4. Qərarlaşmış temperatur sahəsi nəyə deyilir və nejə ifadə olunur? 5. Qərarlaşmamış temperatur sahəsi nədir və nejə ifadə olunur? 6. Hansı temperatur sahələri var? 7. İzotermik səth nəyə deyilir? 8. İzotermələr nejə alınır? 9. Temperatur qradienti nəyə deyilir və nejə ifadə olunur? 10. Temperatur qradientinin ölçü vahidi nejədir? 11. İstilik səli nədir? 12. Xüsusi istilik səli nəyə deyilir və nejə təyin olunur? 13. Fürye qanunu nejədir? 14. İstilikkeçirmə əmsali nədir və nəyi göstərir? 15. Jisimlərin istilikkeçirmə əmsali nejə funksiyadır, nədən asılı deyil və nejə tapılır? 16. Bir çox jisimlər üçün istilikkeçirmə əmsali λ temperaturdan nejə asılıdır? 17. Temperatur artlığı bir çox materialların istilikkeçirmə əmsali nejə dəyişir? 18. Birtəbəqəli yastı divardan keçən istiliyin miqdarı nejə təyin olunur? 19. Yastı divarın daxilində temperaturun dəyişmə qanunu nədən asılıdır? 20. Çoxtəbəqəli divar nejə adlanır? 21. Silindriks divardan bir saatda keçən istiliyin miqdarnı nejə götürmək olar?

XII FƏSİL

KONVEKTİV İSTİLİK MÜBADİLƏSİ

Mayenin və ya qazın bərk jismin səthinə toxunması nətijəsində baş verən istilik mübadiləsi prosesinə konvektiv istilikvermə prosesi deyilir. Konvektiv istilikvermə prosesi həm istilikkeçirmə, həm də mayenin (qazın) hərəkəti nətijəsində əmələ gəlir. Mayenin (qazın) mol hissələrinin hərəkəti bir çox amillərdən, məsələn, hərəkətin növündən və recimindən, mayenin (qazın) temperaturundan və fiziki xassələrindən, bərk jismin temperaturundan, formasından, xarici səthinin ölçülərindən və s. asılı olduğundan, konvektiv istilikvermə prosesi çox mürəkkəb proseslər sırasına daxildir.

12.1. İstilikvermənin əsas tənliyi - Nyuton qanunu

Konvektiv istilikvermə prosesində iştirak edən istiliyin miqdarı Nyuton qanunu ilə təyin edilir.

Nyuton qanununa görə, mayedən bərk jismin səthinə və ya əksinə verilən istiliyin miqdarı maye ilə bərk jismin toxunma səthinin sahəsi, onların temperatur fərqi və zamanla düz mütənasibdir, yəni

$$Q = \alpha F(t_m - t_c)\tau, \quad (12.1)$$

burada Q -istilikvermədə iştirak edən istiliyin miqdarı, kkal;

t_m -mayenin temperaturu, °J;

t_c -bərk jismin səthinin temperaturu, °J;

F -maye ilə bərk jismin toxunma səthinin sahəsi, m^2 ;

τ -zaman, saat;

α -konvektiv istilikvermə əmsalıdır.

12.1.1. İstilikvermə əmsalı. Nyuton qanunundan (12.1) belə qərara gelir ki, maye ilə bərk jismin səthi arasındakı istilikvermə prosesində iştirak edən istiliyin miqdarı, verilmiş başqa şərtlər daxilində, əsasən, istilikvermə (α) əmsalından asılıdır. Bir çox amillərdən asılı olan α əmsalının fiziki mənasını aydınlaşdırmaq üçün Nyuton qanunundan (12.1) istifadə edək. Bu

ifadə də $t_v - t_c = 1^\circ C$; $F=1 \text{ m}^2$ və $\tau=1$ saat qəbul etsək, $Q=\alpha$ olur.

Deməli, istilikvermə əmsalı α müəyyən şəraitdə, yəni maye ilə səthin temperatur fərqi $1^\circ J$ və toxunma sahəsi 1 m^2 olduqda, 1 saatda mayedən səthə və ya əksinə ($t_j > t_m$ olarsa) keçən istiliyin miqdarını göstərir.

α əmsalının fiziki mənasını, onun ölçü vahidindən də aydın Görürük:

$$\alpha = \frac{Q}{F \cdot \tau \cdot \Delta t}, \frac{kCoul}{m^2 \cdot san \cdot dər}.$$

İstilikvermə əmsalı istilikvermə prosesinə təsir edən bütün amillərdən-bərk jismin səthinin formasından (\mathcal{D}), ölçülərindən (l_1, l_2, l_3) və səthinin temperaturundan (t_m), özlülüyündən (μ), istilikkeçirmə əmsalından (λ), istilik tutumundan (j_p), sıxlığından (ρ) və s. asılıdır, yəni:

$$\alpha = f(\phi, l, l_1, l_2, l_3, t_c, W, t_m, \mu, \lambda, \rho, c_p, \dots). \quad (12.2)$$

İstilikkeçirmə əmsalı çox mürəkkəb funksiya olduğundan, onun istər nəzəri və istərsə də təjrubi tapılması böyük çətinliklərlə əlaqədardır.

12.2. İstilikvermə prosesinə təsir göstərən amillər

İstilik mübadiləsi prosesində istilikvermə prosesi böyük əhəmiyyətə malik olduğundan, ona təsir göstərən əsas amillərlə bir qədər yaxından tanış olaq.

Mayenin hərəkətinin növü. Mayeni hərəkətə gətirən səbəbdən aslı olaraq mayenin hərəkəti iki növ olur: sərbəst və məjburi. Əgər mayenin hərəkəti, onun sıxlığının (deməli, temperaturunun) müxtəlif nöqtələrdə müxtəlif olması nətijəsində baş verirsə, belə hərəkətə sərbəst hərəkət, ya da təbii konveksiya deyilir.

Əgər mayenin hərəkəti xarici qüvvələrin (nasos, ventilyator, kompressor və s.) təsiri nətijəsində baş verirsə, belə hərəkət məjburi hərəkət adlanır. İstər sərbəst, istərsə də məjburi hərəkətdə istilikvermə prosesinə əsasən hərəkətin recimi təsir

göstərir.

Mayenin hərəkət-recimi. Mayenin hərəkət recimi laminar və turbulent olur.

Mayenin hissəjikləri kanalın oxuna paralel hərəkət edirsə, belə hərəkətə laminar recimli, hissəjiklər həm kanalın oxuna paralel, həm də perpendikulyar, yəni qarmaqarışlıq (xaotik) hərəkət edərsə, belə hərəkətə turbulent recimli hərəkət deyilir.

Laminar recimli hərəkətdə hissəjiklər bir-birinə paralel hərəkət etdiyindən, istilikvermə prosesi anjaq mayenin istilikkeçirməsindən əmələ gəlir. Mayelərin istilikkeçirmə əmsali çox kiçik olduğundan, laminar recimli hərəkətdə istilikvermə əmsalı da kiçik olur.

Turbulent recimli hərəkətdə istilikvermə prosesi əsasən maye hissəjiklərinin yerdəyişməsi nətijəsində əmələ gəldiyindən, istilikvermə prosesi intensiv gedir, yəni α əmsalı böyük olur.

Təjrübə göstərir ki, mayenin hərəkət reciminin turbulentlik dərəjəsindən asılı olmayaraq, divarın yaxınlığında olan maye təbəqəsi laminar recimdə hərəkət edir. Bu təbəqəyə sərhəd təbəqəsi deyilir.

Mayenin özlülüyünün nətijəsi olan sərhəd təbəqəsində istilik anjaq istilikkeçirmə ilə yayıldıqından və yuxarıda deyildiyi kimi, mayelərin istilikkeçirmə əmsalı kiçik olduğundan, turbulent recimli hərəkətdə istilikvermə prosesinə əsas təsir göstərən amil sərhəd təbəqəsinin qalınlığıdır.

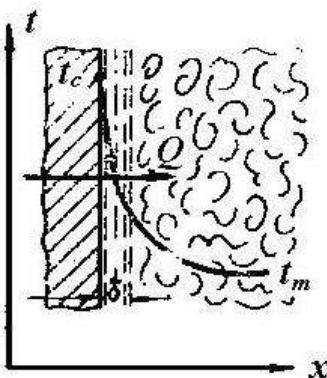
Sərhəd təbəqəsinin istilikvermə prosesinə təsiri şəkil 12.1-dən aydın görünür. Sərhəd təbəqəsinin qalınlığı δ nə qədər kiçik olarsa, istilikvermə əmsalı o qədər böyük olur. Sərhəd təbəqəsinin qalınlığı hərəkətin turbulentlik dərəjəsindən asılıdır reciminin turbulentlik dərəjəsi artıqja, sərhəd təbəqəsinin qalınlığı azalır.

Mayenin hərəkət recimini təyin etmək üçün Reynolds kriterisindən istifadə edilir.

Mayelərin hərəkət recimini öyrənən Reynolds müxtəlif mayelərlə apardığı təjrübələrin nətijəsində belə qərara gəlmışdır ki, mayelərin hərəkət recimi mayenin hərəkət sürətindən, özlülüyündən və maye axan kanalın xarakterik

ölçüsündən əmələ gəlmiş aşağıdakı kompleks kəmiyyətdən asılıdır:

$$Re = \frac{W \cdot d}{V}. \quad (12.3)$$



Şək. 12.1. Sərhəd təbəqəsinin istilikvermə prosesinə təsiri

Bu kompleks kəmiyyət Reynolds ədədi adlanır;
burada W -mayenin sürəti, msn;

d -kanalın xarakterik ölçüsü, m;

V -mayenin kinematik özlülüyüdür, msn.

Silindrik kanallar (borular) üçün (12.3) ifadəsində xarakterik ölçü diametr qəbul olunur. Kanalın en kəsiyi sahəsi ixtiyarı şəkildə olarsa, xarakterik ölçü ekvivalent diametr qəbul olunur.

Ekvivalent diametr elə çəvrənin diametrinə deyilir ki, onun sahəsi və parametri baxılan kanalın en kəsiyinin sahəsinə və perimetrinə bərabər olsun.

$$F = \frac{\pi d_{ekv}^2}{4} = \frac{\pi d_{ekv} \cdot d_{ekv}}{4} = \frac{U d_{ekv}}{4},$$

ya da

$$d_{ekv} = \frac{4F}{U},$$

burada F -kanalın en kəsiyinin sahəsi, m^2 ;

U -kanalın en kəsiyinin perimetridir, m.

Mayenin hərəkət recimini bilmək üçün Reynolds ədədi (Re)

məlum olmalıdır.

(12.3) ifadəsindən tapılmış Reynolds ədədi (Re) 2320-dən böyük olduqda mayenin hərəkəti turbulent recimli, 2320-dən kiçik olduqda laminar recimlidir.

Səthin forması və ölçüləri. İstiliyi alan (yaxud verən) səthin formasının və ölçülərinin istilikvermə prosesinə təsiri çox böyükdür. Məsələn, yastı, yaxud silindrik səthin ölçülərindən və vəziyyətindən (üfiqi, şaquli, maili) istiliyi alan (verən) səthin aşağı və ya yuxarı çevrilməsindən asılı olaraq mayenin hərəkət şəraiti, deməli istilikvermə prosesi müxtəlif olur.

Mayenin özlülüyü. Hərəkət edən mayenin hissəjiklərinin və ya paralel təbəqələrinin sürəti müxtəlif olduğundan, onların arasında hərəkətin əksinə yönəlmış sürtünmə qüvvəsi əmələ gəlir. Bu sürtünmə qüvvəsini xarakterizə edən kəmiyyətə mayenin özlülüyü deyilir.

Müxtəlif sürətlə hərəkət edən maye təbəqələri arasında əmələ gələn sürtünmə qüvvəsi, Nyuton qanununa əsasən, aşağıdakı düsturla tapılır:

$$S = \mu \frac{dW}{dn} F, \quad (12.4)$$

burada F -hərəkətedən təbəqələrin toxunma səthinin sahəsi, m^2 ;

$\frac{dW}{dn}$ -təbəqələr arasında sürət qradienti, $\frac{\text{m/san}}{\text{m}}$;

s -sürtünmə qüvvəsi, kQ ;

μ -daxili sürtünmə əmsali və ya özlük əmsalıdır, $\frac{kQ\text{san}}{\text{m}^2}$.

$$F = 1 \text{ m}^2 \text{ və } \frac{dW}{dn} = 1 \frac{\text{m/san}}{\text{m}}$$

olarsa, (12.4) düsturundan alırıq

$$S = \mu.$$

Deməli, mayenin özlük əmsali toxunma səthinin sahəsi 1 m^2 və aralarındaki sürət qradienti $1 \frac{\text{m/san}}{\text{m}}$ olan iki paralel axan

maye təbəqələri arasında əmələ gələn sürtünmə qüvvəsidir.

Mayelərin özlülüyü temperaturdan asılı olur, təjribədən tapılır və jədvəllərdə verilir.

Şərti olaraq, mayenin özlülük əmsalının (μ) sıxlığa (ρ) nisbətinə kinematik özlülük (v), özlülük əmsali ilə sərbəst düşmə təjilinin (g) hasilinə isə dinamik özlülük (η) deyilir.

Yəni $v = \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{m^2}{san}$ kinematik özlülük, $\eta = \mu \cdot g$, $\frac{kQ}{m \cdot san}$ dinamik özlülükdür.

Temperaturkeçirmə əmsali. İstilikvermə prosesinə, bəzi hallarda mayenin bir sıra parametrlərindən təşkil olunmuş kompleks kəmiyyətlər təsir göstərir. Belə kompleks kəmiyyətlərdən biri də temperaturkeçirmə əmsalıdır.

Temperaturkeçirmə əmsalı qərarlaşmayan temperatur sahəsi olan mühitdə temperaturun yayılma sürətini xarakterizə edir.

Jismin daxilində temperaturun yayılma sürəti həmin jismin istilikkeçirmə əmsalı ilə düz və həjmi istilik tutumu ilə tərs mütənasib olduğundan, yaza bilərik

$$a = \frac{\lambda}{c'_p} = \frac{\lambda}{\gamma c_p}, \frac{m^2}{san},$$

burada λ -jismin istilikkeçirmə əmsalı, $\frac{kCoul}{m \cdot san \cdot dər}$;

γ - xüsusi çökisi, $\frac{kQ}{m^3}$;

j'_p - sabit təzyiqdəki həjmi istilik tutumu, $\frac{kCoul}{m^3 \cdot dər}$;

j_p - sabit təzyiqdəki kütlə istilik tutumu, $\frac{kCoul}{kq \cdot dər}$;

a - temperaturkeçirmə əmsalıdır, $\frac{m^2}{saat}$.

Yoxlama sualları

1. Konvektiv istilikvermə nəyə deyilir? 2. İstilikvermənin Nyuton

qanunu nejə səslənir? 3. İstilikvermə əmsalı nəyə deyilir? 4. Təbii konveksiya nəyə deyilir? 5. Laminar hərəkət recimi nejə gedir? 6. Turbulnet Hərəkət recimi nejə gedir? 7. Sərhəd təbəqəsi nəyə deyilir? 8. Sərhəd təbəqəsinin qalınlığı nədən asılıdır? 9. Ekvivalent diametr nəyə deyilir? 10. Reynolds kriterisinin hansı qiymətində laminar, hansı qiymətində isə turbulent recim müşahidə olunur? 11. Mayenin özlülüyü nəyə deyilir? 12. Kinematik özlülük nədir? 13. Dinamik özlülük nədir? 14. Temperaturkeçirmə əmsalı nədir? 15. Temperaturkeçirmə əmsalı qərarlaşmayan temperatur sahəsi olan mühitdə nəyi xarakterizə edir?

XIII FƏSİL ŞÜALANMA

13.1. Ümumi anlayışlar

Qızdırılmış jismlərin daxili energisinin bir hissəsi şüalanma energisinə çevirilir. Jismin temperaturu yüksək olduqda bu çevrilmə də çox olur. Şüalanma energisi jismdən ətraf mühitə elektromaqnit dalğaları şəklində yayılır. İstilik hadisələrində əsas rol oynayan elektromaqnit dalğaları, adı gözlə görünən işıq şüaları və infraqırmızı şüalara uyğun dalgalardır. Çünkü bu dalğalar jisimlər tərəfindən asanlıqla udulur və onların energisi istilik energisinə çevirilir. Bu dalğaların uzunluğu 0,4-40 mk intervalında dəyişir. Dalğa uzunluğu bu intervalda dəyişən şüalara istilik şüaları deyilir.

Görünən şüalar üçün mövjud olan yayılma, əksolunma və sinma qanunları istilik şüaları üçün də xasdır. Bütün jismlər az və ya çox dərəjədə şüalanma qabiliyyətinə malikdir. Bu şüalar başqa jisimlərin üzərinə düşdükdə onların energisinin bir hissəsi udulur, digər hissəsi əks olunur və bir hissəsi jismin içərisindən keçir. Şüa energisinin jisim tərəfindən udulan hissəsi hesabına onun daxili energisi və deməli, temperaturu artır. Jisimdən qayıdan və onun içərisindən keçib gedən şüa energisi də başqa jisimlərin üzərinə düşür və yuxarıdakı hallar baş verir. Beləliklə, hər bir jisim şüa energisini həm udma və həm də buraxma qabiliyyətinə malikdir. Şüa energisini udduqda onun temperaturu artır, buraxdıqda isə azalır. Jismin aldığı və ya verdiyi istilik energisi onun şüalandığı və udduğu şüa energilərinin fərqinə görə təyin edilir. Bir neçə jisimdən ibarət sistemdə temperatur sabit olarsa, bu sistemdəki hər bir jisimdə baş verən şüalanma və şüaudma energiləri bərabər olur. Bu jür sistemə dinamik istilik tarazlığında olan sistem, bu sistemdəki şüalanmaya isə tarazlıq şüalanması deyilir.

Jismin üzərinə düşən ümumi şüa energisini- Q_o , jismin udduğu şüa energisini- Q_A , qaytardığı şüa energisini- Q_R , öz içərisindən keçirdiyi şüa energisini- Q_D ilə işaret etsək, energinin saxlanması qanununa görə

$$Q_A + Q_R + Q_D = Q_o \quad (13.1)$$

Bu düsturun hər tərəfini Q_o -ya bölsək, onda

$$\frac{Q_A}{Q_o} + \frac{Q_R}{Q_o} + \frac{Q_D}{Q_o} = 1 . \quad (13.2)$$

$A = \frac{Q_A}{Q_o}$ nisbətinə jismin şüaudma qabiliyyəti,

$R = \frac{Q_R}{Q_o}$ nisbətinə şüaqaytarma qabiliyyəti, $D = \frac{Q_D}{Q_o}$ nisbətinə şüaburaxma qabiliyyəti deyilir.

Bunları (13.2) düsturunda nəzərə alaq

$$A + R + D = 1 . \quad (13.3)$$

Yəni, jismin şüaudma, şüaqaytarma və şüaburaxma qabiliyyətlərinin jəmi vahidə bərabərdir. A , R və D kəmiyyətlərinin hər biri 0 ilə 1 arasında dəyişə bilər.

$A=1$, $R=0$ və $D=0$ olarsa, bu o deməkdir ki, jismin üzərinə düşən şüa exercisinin hamısı bu jisim tərəfindən udulur. Belə jisimlərə mütləq qara jisim deyilir. Təbiətdə mütləq qara jisim yoxdur. Lakin daxili səthi hislə örtülmüş iki boş kürədə bir yarıq açılsa, bu yarıqdan daxil olan işiq şüası kürə daxilində bir neçə dəfə əks olunmaqla demək olar ki, tamamilə udulur. Belə bir jisim təxminən mütləq qara jismə misal olar.

$R=1$, $A=0$ və $D=0$ olarsa, jisim üzərinə düşən şüa exercisinin hamısı ondan qayıdır. Belə jisimlərə mütləq güzgü jisimlər deyilir.

$D=1$ və $R=0$ olarsa, jisim üzərinə düşən şüa exercisinin hamısı ondan keçər. Belə jisimlərə mütləq şəffaf jisimlər deyilir. Təbiətdə mütləq şəffaf və mütləq güzgü jisimlər də yoxdur. Lakin bunlara az və ya çox dərəjədə yaxın olan jismlər vardır.

Bərk və maye jisimlər istilik şüaları üçün praktik olaraq şəffaf olmadığından ($D=0$) onlar üçün (13.3) düsturu aşağıdakı şəkildə yazılır

$$A + R = 1 \quad (13.4)$$

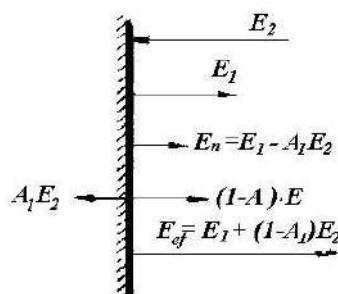
(13.4) düsturundan görünür ki, jisim yaxşı şüaqaytarma qabiliyyətinə malikdirlər, o jisim pis şüaudma qabiliyyətinə

malikdir və əksinə.

İstilik şüalarının udulma və əks olunmasında jismin səthi böyük rol oynayır. Məsələn, kələ-kötür səthin şüaudma qabiliyyəti hamar və jilalanmış sətlərə nəzərən daha çoxdur. Şüaudma qabiliyyətini artırmaq üçün jismin səthini, tərkibində neft hisi olan tünd kələ-kötür rəngilə örtürlər. Bu halda şüaudma qabiliyyəti $A=0,96$ olur. Jismin vahid səthindən vahid zamanda şüalanan energiyə şüa dəstəsinin səthi sıxlığı deyilir və $\frac{kCoul}{m^2 \cdot san}$ ilə ölçülür.

Şüalanma nətijəsində alınan istilik miqdarnı təyin edək. Bunun üçün fərz edək ki, E_1 jismin buraxdığı şüa dəstəsinin səthi sıxlığıdır (şək.13.1), E_2 isə jismin udduğu şüa dəstəsinin səthi sıxlığıdır. Onda $A_1 \cdot E_1$ hissəsi jismin tərəfindən udulur və $(1-A_1) \cdot E_2$ hissəsi isə əks olunur. Jismin özünün şüalanması ilə əks olunan şüalanmanın energisinin jəminə effektiv şüalanma energisi deyilir

$$E_{ef} = E_1 + (1-A_1)E_2 . \quad (13.5)$$



Şək. 13.1. Şüalanma nətijəsində alınan istilik miqdarnı təyini

Şüalanma nətijəsi isə effektiv şüalanma energisi ilə xarijdən jismə verilən şüalanma energisi fərqiñə bərabər olajaqdır:

$$E_n = E_{ef} - E_2 = E_1 - A_1 E_2 . \quad (13.6)$$

(13.5) düsturu ilə ifadə olunan şüa energisi bizim müşahidə etdiyimiz və ya ölçü jihazlarının göstərdiyi faktik şüalanma

enercisinin, (13.6) düsturu isə jismin özünün şüalandırdığı energi ilə ətraf mühitin şüalandırdığı energinin bu jisim tərəfindən udulan hissəsinin fərqini ifadə edir (şək.13.1).

13.2. Kirxhof qanunu

Kirxhof apardığı təjrübələrə və termodinamik mülahizələrə əsaslanaraq müəyyən etmişdir ki, bütün jisimlər üçün müəyyən temperaturda onların tebiətdən asılı olmayaraq, spektral şüaburaxma qabiliyyətinin spektral şüaudma qabiliyyətinə olan nisbəti sabit olub, mütləq qara jismin spektral şüaudma qabiliyyətinə bərabərdir:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_3}{A_3} = \dots = \frac{E_0}{A_0} = E_0 = f(T). \quad (13.7)$$

Stefan-Bolsman qanunundan məlumdur ki, $E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4$.

Bunu tənlikdə əvəz etsək, aşağıdakını alarıq:

$$\frac{C_1}{A_1} = \frac{C_2}{A_2} = \frac{C_3}{A_3} = \dots = \frac{C_0}{A_0} = C_0. \quad (13.8)$$

Buradan yaza bilərik:

$$C_1 = A_1 C_0; \quad C_2 = A_2 C_0; \quad C_3 = A_3 C_0.$$

Yəni, jismin qaralıq dərəjəsi, onun şüaudma qabiliyyətinin mütləq qara jismin şüaudma qabiliyyəti hasilinə bərabərdir.

Jismin vahid səthindən, vahid zamanda şüalanan energini dE ilə işarə etsək:

$$dE = E_{\lambda T} \cdot d\lambda.$$

Burada

$$E_{\lambda T} = \frac{dE}{d\lambda} \quad (13.9)$$

jismin spektral şüaburaxma tezliyi və ya energinin spektrə görə paylanma funksiyası adlanır.

Kirxhof qanununu riyazi şəkildə yazaq:

$$\frac{E_{\lambda T}}{A_{\lambda T}} = f(\lambda, T). \quad (13.10)$$

(13.10) düsturunu mütləq qara jism üçün yazsaq, $A_{\lambda T}=1$ olar və mütləq qara jismin şüaburaxma qabiliyyətini $E_{\lambda T}$ ilə işaretə etsək,

$$E_{\lambda T} = f(\lambda, T) . \quad (13.11)$$

Yəni, hər hansı jismin müəyyən λ və T üçün spektral şüaburaxma qabiliyyətinin spektral şüaudma qabiliyyətinə olan nisbəti sabit olub (həmin λ ilə T üçün) mütləq qara jismin şüaburaxma qabiliyyətinə bərabərdir.

13.3. Stefan-Bolsman qanunu

Bu qanun 1879-1881-jı illərdə təjrubi yolla çex alimi Stefan tərəfindən kəşf olunub və Avstriya alimi Bolsman tərəfindən nəzəri olaraq əsaslandırılmışdır.

Mütləq qara jismin şüalandırıldığı energi onun mütləq temperaturunun dördüncü dərəjəsi ilə düz mütənasibdir, yəni:

$$E = \sigma T^4, \quad (13.12)$$

burada σ - mütənasiblik əmsalı olub, qiymətjə

$$4,9 \cdot 10^{-8} \frac{kCoul}{m^2 \cdot san \cdot dər^4}$$

(13.12) düsturu çox vaxt aşağıdakı şəkildə də yazılır

$$E = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad \frac{kCoul}{m^2 \cdot san} \quad (13.13)$$

J_0 şüaburaxma əmsalı adlanır və

$$C_0 = \sigma \cdot 10^8 = 4,9 \frac{kCoul}{m^2 \cdot san \cdot dər^4} .$$

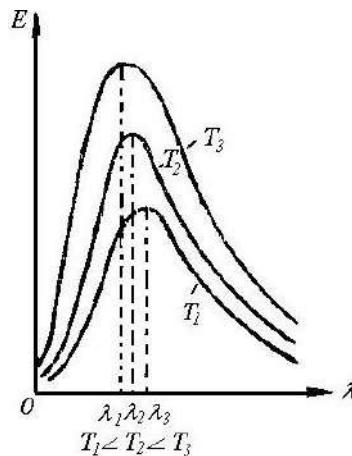
(13.12) düsturunu boz jisimlər üçün də yazmaq olar

$$E = \varepsilon \cdot E_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \varepsilon \cdot 4,9 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (13.14)$$

Burada ε boz jismin eyni temperaturda mütləq qara jismə nəzərən şüalanma qabiliyyətini göstərir.

13.4. Vin-Qolitsinin yerdəyişmə qanunu

Mütləq qara jismin müxtəlif temperaturlarda şüalandığı energinin, şüalanınışığın dalğa uzunluğundan asılı olaraq nejə dəyişdiyini tədqiq etsək şəkil 13.2-də göstərilən əyriləri alırıq. Fərz edək ki, $T_1 < T_2 < T_3$ -dir.



Şək.13.2. Şüalanınışığın dalğa uzunluğundan asılı olaraq dəyişmə əyriləri

Onda şəkildən göründüyü kimi, maksimum energiyə (U_{λ_T}) malik dalğa uzunluğu temperatur artıqja azalır və koordinat başlangıjına doğru yerini dəyişir, yəni temperatur artıqja uzunluğu qısalır

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const} , \quad (13.15)$$

burada $\text{const}=0,002897 \text{ m}\cdot\text{dər}$ -dir.

Vin-Qolitsin qanunundan görünür ki, temperatur artıqja nəinki şüalanma artır, həm də spektrdə energinin paylanması da dəyişir. Məsələn, aşağı temperaturlarda jisimlər, adətən, infraqırmızı, temperatur artıqja qırmızı, narinjı və nəhayət ağ işıq şüalandırır.

13.5. Plank düsturu

Yuxarıda qeyd etdiyimiz mütləq qara jismin şüalanmasını

xarakterizə edən qanunların heç biri $E_{\lambda T}$ funksiyası ilə λ və T arasındaki asılılığı aşkar şəkildə müəyyən etmir. Plank işığın kvant nəzəriyyəsinə əsaslanaraq mütləq qara jismin şüalanması üçün aşağıdakı düsturu nəzəri yolla çıxarmışdır:

$$E_{\lambda T} = \frac{c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1};$$

$$c_1 = 3,17 \cdot 10^{-16} = 4,9 \frac{kkal \cdot m^2}{saat};$$

$$c_2 = 1,44 \cdot 10^{-2} m^0 k.$$

burada e - natural loqarifmanın əsasıdır.

13.6. İki jisim arasında şüalanma ilə istilikötürmə

İstilik texnikasında çox vaxt iki jisim arasında şüalanma ilə istilikötürmə hadisəsinə rast gəlirik. İki paralel səth arasında şüalanma ilə baş verən istilik mübadiləsini nəzərdən keçirək. Bu hal üçün

$$\begin{aligned} q_{1,2} &= E_{1ef} - E_{2ef}; \\ (13.6) \quad E_{1ef} &= E_1 + (1 - A_1)E_{2ef}; \\ E_{2ef} &= E_2 + (1 - A_2)E_{1ef}. \end{aligned}$$

Bu tənlikləri E_{1ef} və E_{2ef} görə həll etsək:

$$\begin{aligned} E_{1ef} &= \frac{E_1 + E_2 - A_1 E_2}{A_1 + A_2 - A_1 \cdot E_2}; \\ E_{2ef} &= \frac{E_1 + E_2 - A_2 E_1}{A_1 + A_2 - A_2 \cdot E_1}. \end{aligned}$$

Alınan qiymətləri (13.16) tənliyindən əvəz etsək:

$$q_{1,2} = \epsilon_n c_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \frac{kCoul}{m^2 san}.$$

Burada

$$\varepsilon_n = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

Texniki hesablamada $\varepsilon_n c_0 = c_n$ ilə əvəz edilir. Onda tənlik aşağıdakı şəkli alajaqdır:

$$q_{1,2} = c_n \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \frac{kCoul}{m^2 san}.$$

j_n -nin qiyməti, ümumiyyətlə, temperaturdan asılı olaraq dəyişir. Onun ədədi qiymətləri jədvəl 13.1-də verilmişdir.

Jədvəl 13.1

j_n -nin ədədi qiymətləri

Sıra №-si	Jisim	Sahənin növü	Temperatur, °J ilə	J_n , kkal $m^2 \cdot saat \cdot dər^4$
1	Lampa hisi	-	0,50	4,7
2	Polad	Jilalanmış	40-250	1,31
3	Polad	Parlaq	30-100	1,60
4	Polad	Tutqun rəngli	20-360	4,32
5	Çuqun	Kələ-kötür, paslanmış	40-250	4,39
6	Brünj	Tutqun rəngli	50-350	1,05
7	Buz	-	0	3,06
8	Su	-	60	3,20
9	Qırmızı kərpij	Kələ-kötür	22	4,6
10	Selikat kərpij	Kələ-kötür	1000	4,0
11	Selikat kərpij	Kələ-kötür	1100	4,12
12	Odadavamlı müxtəlif kərpijlər	Kələ-kötür	1000	3,5-3,7
13	Mis	Jilalanmış	50	0,53
14	Mis	Tutqun rəngli yayma	50	03,10
15	Mis	Kələ-kötür	50	3,68

Yoxlama sualları

- İstilik şüaları nəyə deyilir?
- Dinamik istilik tarazlığında olan sistem nəyə deyilir?
- Jismin aldığı və ya verdiyi istilik energisi nəyə görə təyin edilir?

edilir? 4. Jismin üzərinə düşən ümumi şüa energisini hansı qanuna görə təyin etmək olar? 5. Jisim yaxşı şüaqaytarma qabiliyyətinə malikdirse, sonra hansı qabiliyyətə malikdir? 6. Mütləq güzgü jisimlər nəyə deyilir? 7. Mütləq qara jisimlər nəyə deyilir? 8. Mütləq şəffaf jisimlər nəyə deyilir? 9. Şüa dəstəsinin səthi sixlığı nədir və nə ilə ölçülür? 10. Effektiv şüalanma energisi nəyə deyilir və nejə təyin olunur? 11. Şüalanma nətijəsi nejə təyin olunur? 12. Kirxhof apardığı təjrübələrə və termodynamik mülahizələrə əsaslanaraq nəyi müəyyən etmişdir? 13. Jismin qaralıq dərəjəsi nəyə bərabərdir? 14. Jismin spektral şüaburaxma tezliyi və ya energinin spektrə görə paylanması funksiyası nejə ifadə olunur? 15. Kirxhof qanununun riyazi ifadəsi nejədir? 16. Stefan Bolsman qanunu neçənji illərdə kəşf olunub, əsaslandırılmışdır. 17. Stefan Bolsman qanununda nə deyilir və nejə ifadə olunur? 18. Vin-Qolitsinin yerdəyişmə qanunu nəyi öyrənir? 19. Plank işığın kvant nəzəriyyəsinə əsaslanaraq mütləq qara jismin şüalanması üçün hansı düsturu nəzəri yolla çıxarılmışdır? 20. İki parallel səth arasında şüalanma ilə baş verən istilik mübadiləsi nejə ifaə olunur?

XIV FƏSİL İSTİLİKÖTÜRMƏ

İstiliyin isti mayedən (qazdan) soyuq mayeyə (qaza) onların arasındaki divar vasitəsi ilə verilmə prosesinə istilikötürmə deyilir. Bu proses, bizə məlum olan sadə proseslərin (istilikkeçirmə, konveksiya və şüalanma) birlikdə təsiri nətijəsində əmələ gəldiyindən, çox mürəkkəb proses hesab olunur.

İstilikötürmə prosesinin mürəkkəbliyini aydınlaşdırmaq məqsədi ilə buxar generatorunda gedən istilik mübadiləsi prosesinə baxaq.

Buxar generatorunda yanma məhsulunun (yanma qazlarının) istiliyi hesabına su buxara çevrilir. Belə ki, burada istilik əvvəljə istilikkeçirmə, şüalanma və konveksiya vasitəsi ilə yanma qazlarından, daxilində su axan boruların xariji səthinə, sonra həmin istilik istilikkeçirmə yolu ilə borunun xariji səthindən daxili səthinə və konveksiya, həm də istilikkeçirmə vasitəsi ilə borunun daxili səthindən içərisindəki suya verilir.

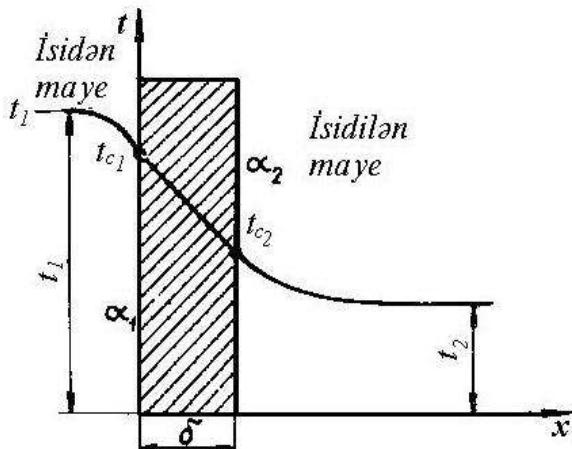
Buradan, istilikötürmə prosesində həm istilikkeçirmənin, həm konveksiya və şüalanma proseslərinin iştirak etdiyini görürük. İstilikötürmə prosesini kəmiyyətə xarakterizə edən əmsala istilikötürmə əmsali deyilir və K ilə işarə edilir.

İstilikötürmə əmsalının K qiyməti onu təşkil edən istilikkeçirmə və istilikvermə proseslərini xarakterizə edən əmsallardan (λ və j) və mayelər arasındaki divarın formasından və ölçülərindən asılı olaraq təyin edilir. Bunu aydınlaşdırmaq üçün bir neçə xüsusi hala baxaq.

14.1. Yastı divar vasitəsi ilə istilikötürmə

Yastı divar vasitəsi ilə istilikötürmə prosesini öyrəndikdə, adətən xüsusi istilik selinin q qiymətini və divarın kənar səthlərinin temperaturunu t_{c_1} və t_{c_2} tapmaq lazımlı gəlir. Bunun üçün divarın qalınlığı δ , divarın materialının istilikkeçirmə əmsali λ , isidən və isidilən mayenin temperaturu (t_1 və t_2) və

həm isti, həm də soyuq mayenin istilikvermə əmsalı (α_1 və α_2) məlum olmalıdır (şək.14.1).



Şək. 14.1. Yastı divar vasitəsi ilə istilikötürmə prosesi

Baxdığımız temperatur sahəsini qərarlaşmış qəbul etsək, isidən mayedən divara verilən istiliyin, divardan keçən istiliyə və onun da isidən mayeyə verilən istiliyə bərabər olmasını qeyd etməliyik. Buna əsasən, xüsusi istilik səli üçün aşağıdakı üç ifadəni yazırıq:

$$\left. \begin{aligned} q &= \frac{t_1 - t_{c_1}}{\frac{1}{\alpha_1}} \\ q &= \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\frac{\delta}{\lambda}} \\ q &= \frac{t_{c_2} - t_2}{\frac{1}{\alpha_2}} \end{aligned} \right\}. \quad (14.1)$$

Bu tənlikləri birlikdə həll edərək, axtardığımız naməlum kəmiyyətləri q , t_{c_1} və t_{c_2} tapırıq. Bunun üçün əvvəljə (14.1)

tənliklərini belə yazırıq:

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_{c_1} &= q \frac{1}{\alpha_1} \\ t_{c_1} - t_{c_2} &= q \frac{\delta}{\lambda} \\ t_{c_2} - t_2 &= q \frac{1}{\alpha_2} \end{aligned} \right\}, \quad (14.1')$$

sonra bu ifadələri toplayırıq:

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

Aldığımız ifadədən xüsusi istilik selini tapırıq:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad \frac{kCoul}{m^2 san}. \quad (14.2)$$

Xüsusi istilik seli q məlum olduqda, (14.1') tənliklərindən divarın səthlərinin temperaturu üçün aşağıdakı düsturları alırıq:

$$t_{c_1} = t_1 - q \frac{1}{\alpha_1} \quad (14.3)$$

və

$$t_{c_2} = t_1 - q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} \right), \text{ yaxud } t_{c_2} = t_2 + q \frac{1}{\alpha_2}. \quad (14.4)$$

(14.2) düsturundan görürük ki, istilikötürmə prosesində xüsusi istilik seli temperatur fərqi ilə düz, termik müqavimətlərin jəmi ilə ters mütənasibdir.

(14.2) ifadəsindəki termik müqavimətlərin jəmi $1K$ ilə işaret edilir və istilikötürmənin termik müqaviməti adlanır:

$$\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{K}. \quad (14.5)$$

Beləliklə, xüsusi istilik seli üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$q = K(t_1 - t_2), \quad \frac{kCoul}{m^2 san}, \quad (14.6)$$

burada K -istilikötürmə əmsalıdır.

İstilik ötürən divarın sahəsini F (m^2) ilə işarə etsək, isidən mayedən isidilən mayeyə bir saatda ötürülən istiliyin miqdarı belə hesablanmalıdır:

$$Q = K(t_1 - t_2)F, \quad \frac{kCoul}{san}. \quad (14.7)$$

Bu ifadə istilikötürmənin əsas tənliyidir. İstilikötürmə əmsalının (K) fiziki mənasını aydınlaşdırmaq üçün (14.7) tənliyindən istifadə edirik. Bu ifadədə $F=1\ m^2$ və $(t_1-t_2)=1^\circ J$ olarsa alıraq ki,

$$Q = K.$$

Deməli, istilikötürmə, əmsalı, mayelərin temperatur fərqi $1^\circ J$ və istiliyi ötürən səthin sahəsi $1\ m^2$ olduqda bir saatda isti mayedən soyuq mayeyə keçən istiliyin miqdarını göstərir.

İstilikötürmə əmsalının ölçü vahidi $\frac{kCoul}{m^2 \cdot san \cdot dər}$ -dir.

Mayeləri bir-birindən ayıran yastı divar çoxtəbəqəli olarsa, xüsusi istilik selinin düsturu aşağıdakı kimi ifadə olunmalıdır:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{1}{\alpha_n}}, \quad \frac{kCoul}{m^2 san}. \quad (14.8)$$

Çoxtəbəqəli divarın aralıq təbəqələrinin səthinin temperaturunu tapmaq üçün birtəbəqəli divarda qəbul etdiyimiz üsuldan aşağıdakı kimi istifadə olunur:

$$t_{c_1} = t_1 - q \frac{1}{\alpha_1};$$

$$t_{c_2} = t_1 - q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right);$$

.....

.....

$$t_{c_{i+1}} = t_1 - q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right). \quad (14.9)$$

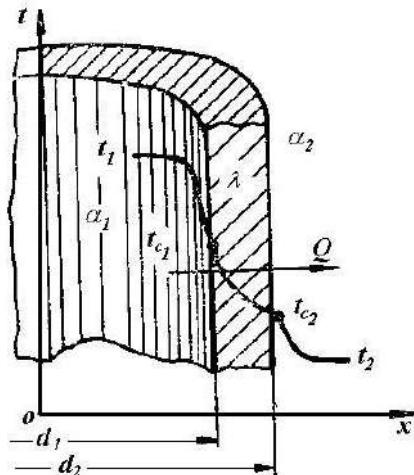
(14.9) ifadəsində $t_{c_{i+1}}$ ixtiyari i təbəqəsi ilə $i+1$ təbəqəsinin

sərhədindəki temperaturu göstərir, təbəqələrin sayı isə isidən maye tərəfindən hesablanmalıdır.

14.2. Silindrik divar vasitəsi ilə istilikötürmə

Silindrik divarın istilikötürməsini hesablaşdıqda, adətən divarın daxili və xarici səthlərinin temperaturunu (t_{c_1} və t_{c_2}) və xətti xüsusi istilik selini tapmaq lazım gəlir.

Tutaq ki, daxili diametri d_1 , xarici diametri d_2 və uzunluğu l olan silindrik borunun daxilindən, temperaturu t_1 olan isidən maye, xarjdən isə temperaturu t_2 olan isidilən maye axır. Borunun materialının istilikkeçirmə əmsalını, isidən və isidilən mayelerin istilikvermə əmsalını sabit və temperaturun anjaq radius istiqamətdə dəyişməsini nəzərdə tutduqda, isidən mayedən divara verilən, divardan keçən və divardan isidilən mayeyə verilən istiliklərin bərabər olduğunu deyə bilərik (şək.14.2)



Şək.14.2. Silindrik divar vasitəsi ilə istilikötürmə prosesi

Buna əsasən, borunun bir neçə metr uzunluğuna düşən xüsusi istilik seli üçün aşağıdakı ifadələri yazırıq:

$$\left. \begin{aligned} q_l &= \frac{t_1 - t_{c_1}}{\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1}} \\ q_l &= \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} \\ q_l &= \frac{t_{c_2} - t_2}{\frac{1}{\pi d_2 \alpha_2}} \end{aligned} \right\}. \quad (14.9')$$

Bu tənlikləri birlikdə həll edərək, tələb olunan kəmiyyətlər üçün aşağıdakı ifadələri tapırıq:

$$q_l = \frac{\frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\pi d_2 \alpha_2}}}{m^2 san}; \quad (14.9'')$$

$$t_{c_1} = t_1 - q_l \frac{1}{\pi d_1 \alpha_1};$$

$$t_{c_2} = t_1 - q_l \left[\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} \right]$$

və ya

$$t_{c_2} = t_2 + q_l \frac{1}{\pi d_2 \alpha_2}.$$

(14.9'') düsturu coxtəbəqəli silindrik divar üçün aşağıdakı şəkildə yazılmalıdır:

$$q_l = \frac{\frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1} + \frac{1}{2\pi} \sum_1^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\pi d_{n+1} \alpha_2}}}{m^2 san}, \quad (14.10)$$

burada

$$\frac{1}{\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1} + \frac{1}{2\pi} \sum_1^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\pi d_{n+1} \alpha_2}} = K_1 \quad (14.10')$$

ilə işarə etsək, (14.10) tənliyi aşağıdakı şəkli alar:

$$q_l = K_l(t_1 - t_2), \quad \frac{kCoul}{m^2 san}, \quad (14.11)$$

burada K_l -xətti istilikötürmə əmsalı adlanır.

(14.11) düsturuna əsasən qeyd etmək olar ki, xətti istilikötürmə əmsali K_l mayelərin temperatur fərqi $1^\circ J$ olduqda bir saatda uzunluğu bir metr olan boru vasitəsi ilə isidən mayedən isidilən mayeyə ötürülən istiliyin miqdarnı göstərir. Mayeləri ayıran silindrik divar çoxtəbəqəli olarsa, həmin divarın ixtiyarı təbəqəsinin səthinin temperaturunu hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$t_{c_{i+1}} = t_1 - q_l = \left(\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1} + \frac{1}{2\pi} \sum_1^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right). \quad (14.12)$$

Bu tənlikdə təbəqələrin sayı isidən maye tərəfdən hesablanmalıdır.

Baxdığımız iki misaldan aydın görünük ki, istilikötürmə əmsali K mayelərin arasındaki divarın formasından və ölçülərindən asılıdır. Buna görə də mayeləri ayıran divarın müxtəlif formaları üçün istilikötürmə əmsalının ifadəsini yuxarıdakı qayda üzrə çıxarmaq lazımdır. Tədqiqatlar göstərir ki, mayelər arasındaki silindrik divarın daxili diametrinin d_1 xarici diametrinə nisbəti $0,5$ -dən böyük olarsa $\left(\frac{d_1}{d_2} > 0,5\right)$, (14.11)

düsturunu belə yazmaq olar.

$$q_l = K \pi d_x (t_1 - t_2) = \frac{\pi d_x (t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (14.13)$$

burada $d_x = \frac{d_1 + d_2}{2}$ -borunun orta diametri;

$\delta = \frac{d_2 - d_1}{2}$ -borunun qalınlığıdır.

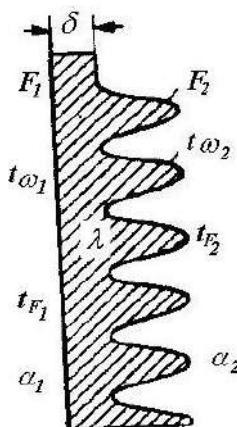
$\frac{d_1}{d_2} > 0,5$ olduqda (14.13) düsturunun verdiyi nətijə (14.11)

dəqiq düsturunun verdiyi nətijədən 4% -dək fərqlənə bilər.

14.3. Qabırğalı divarın istilikötürməsi

Qalınlığı δ , istilikkeçirmə əmsalı λ olan birjins müstəvi divarın bir tərəfinin şəkil 14.3-də göstərildiyi kimi, qabırğalı olduğunu fərz edək. Tutaq ki, bu divarın hamar tərəfinin sahəsi F_1 -dir və temperaturu t_{F_1} olan isti maye ilə əhatə olunmuşdur.

Qabırğalı tərəfinin sahəsi F_2 -dir və onun temperaturu t_{F_2} olan soyuq maye ilə əhatə olunmuşdur. Divarın hamar və qabırğalı üzlərinin temperaturlarını uyğun olaraq t_{ω_1} və t_{ω_2} ,istı və soyuq mayelərin istilikvermə əmsallarının α_1 və α_2 olduğunu qəbul edək.



Şək. 14.3. Qabırğalı divarın istilikötürməsi

Qərarlaşmış istilik halı yarandıqda isti mayenin qabırğalı divara və onun soyuq mayeyə verdiyi istilik miqdaları eyni olar və aşağıdakı düsturla təyin edirlər:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha_1 F_1 (t_{F_1} - t_{\omega_1}) \\ Q &= \frac{\lambda}{\delta} F_1 (t_{\omega_1} - t_{\omega_2}) \\ Q &= \alpha_2 F_2 (t_{\omega_2} - t_{F_2}) \end{aligned} \right\}. \quad (14.14)$$

Bu düsturlardan xüsusi temperatur fərqlərini təyin etsək,

$$t_{F1} - t_{\omega 1} = Q \frac{1}{\alpha_1 F_1}; \quad t_{\omega 1} - t_{\omega 2} = Q \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{1}{F_1}; \quad t_{\omega 2} - t_{F2} = Q \frac{1}{\alpha_2 F_2}$$

və bunları tərəf-tərəfə toplasaq

$$t_{F1} - t_{F2} = Q \left(\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda} \frac{1}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2} \right),$$

buradan da

$$Q = \frac{t_{F1} - t_{F2}}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda} \frac{1}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}} \quad (14.15)$$

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{1}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}}, \frac{kCoul}{m^2 \cdot san \cdot dər}$$

ilə əvəz etsək (14.15) düsturu aşağıdakı şəkli alar

$$Q = K_2(t_{F1} - t_{F2}), \frac{kCoul}{san}$$

Hesablaması divarın hamar tərəfinin vahid səthinə düşən istilik miqdarı üçün aparsaq

$$q_{F1} = \frac{Q}{F_1} = K_{F1}(t_{F1} - t_{F2}), \frac{kCoul}{m^2 san}$$

və

$$K_{F1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{F_1}{F_2}}, \frac{kCoul}{m^2 \cdot san \cdot dər}.$$

Hesablama qabırğalı divara görə aparıldıqda isə

$$q_{F1} = \frac{Q}{F_2} = K_{F2}(t_{F1} - t_{F2}), \frac{kCoul}{m^2 san}$$

və

$$K_{F2} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{F_2}{F_1} + \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{F_2}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \frac{kCoul}{m^2 \cdot san \cdot dər}.$$

Burada $\frac{F_2}{F_1}$ nisbətinə qabırğalanma əmsalı deyilir.

Deməli, qabırğalı səth və qabırğalanma əmsalı məlum olduqda α_1 və α_2 istilikvermə və λ istilikkeçirmə əmsalını bilərək qabırğalı divarın verdiyi istiliyi təyin etmək olar.

Yoxlama sualları

1. İstilikötürmə nəyə deyilir? 2. Buxar generatorunda su hesabına nəyin buxara çevrilir? 3. İstilikötürmə əmsali nəyə deyilir və nejə işarə edilir? 4. İstilikötürmə əmsalının K qiyməti nədən asılı olaraq təyin edilir? 5. Yastı divarda istilikötürmə prosesi nejədir? 6. İstilikötürmənin termik müqaviməti nədir? 7. İstilikötürmə əmsalının ölçü vahidi nədir? 8. İstilikötürmənin əsas tənliyi nejə yazılırlar? 9. Mayeləri bir-birindən ayıran yastı divar çoxtəbəqəli olarsa, xüsusi istilik selinin düsturu nejə yazılırlar? 10. Silindrik divarın istilikötürməsini hesablaşdıqda nələri tapmaq lazımlı gəlir? 11. Qabırğalı divarnın istilik miqdarı nejə təyin olunur? 12. Qabırğalanma əmsalı nejədir?

XV FƏSİL

İSTİLİKDƏYİŞDİRİJİ APARATLAR

15.1. İstilikdəyişdiriji aparatların növləri

İstiliyin bir mayedən (qazdan) başqa mayeyə (qaza) verilməsini təmin edən hər hansı qurğuya istilikdəyişdiriji aparat, ya da istilikdəyişdiriji deyilir.

İstilikdəyişdirijilər texnoloci əhəmiyyətinə, quruluşuna və konstruktiv tərtibatına görə çox müxtəlif olmalarına baxmayaraq, işləmə prinsipinə əsasən üç növ olur:

- a) rekuperativ istilikdəyişdiriji;
- b) regenerativ istilikdəyişdiriji;
- j) qarışdırıcı istilikdəyişdiriji.

İstiliyin isidən mayedən isidilən mayeyə aralarındaki divar vasitəsi ilə, arasıkəsilmədən verilməsini təmin edən qurğuya rekuperativ istilikdəyişdiriji deyilir. Rekuperativ istilikdəyişdirijilərdə mayeləri ayıran divarın bir tərəfində isidən, digər tərəfində isə isidilən maye arasıkəsilmədən axır.

Regenerativ istilikdəyişdirijilərin xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, burada istiliyin isti mayedən soyuq mayeyə verilməsini təmin edən divarın üzərindən gah isti maye, gah da soyuq maye axır. Belə ki, divarın üzərindən isti maye axlıqda divar isinir (istiliyi akumulyasiya edir), soyuq maye axlıqda isə, o, akumulyasiya etdiyi istiliyi soyuq mayeyə verir.

İstiliyin isti mayedən soyuq mayeyə onların bir-biri ilə qarışması nətijəsində verilməsini, təmin edən istilikdəyişdirijiyə qarışdırıcı istilikdəyişdiriji deyilir.

Beləliklə, rekuperativ və regenerativ istilik dəyişdirijilərdə istilik mübadiləsi prosesi bərk jismin səthi ilə əldə edilir. Buna görə də belə istilikdəyişdirijilərə çox vaxt səthli istilikdəyişdirijilər də deyilir.

İstiliyin isidən mayedən isidilən mayeyə verilməsini təmin edən divarın səthinə isidilən səth, yaxud qızma səthi deyilir.

İstər səthli, istərsə də qarışdırıcı istilikdəyişdirijilərə hansı məqsəd üçün istifadə olunmasından asılı olaraq müxtəlif adlar verilir. Məsələn, səthli istilikdəyişdiriji sırasına su ekonomay-

zəri, suqızdırıcı, şəbəkə suqızdırıcısı, buxar generatoru, buxar-qızdırıcı, havaqızdırıcı, kondensator, yağsoyuduju və s. daxildir. Qarışdırıcı istilikdəyişdirijilər sırasına qülləli soyuduju deaerator, suqızdırıcı, skrubber və s. daxildir.

Buxar generatorunda və buxarlandırıjıda buxar hasil edilir, lakin birinjidə qazların (yanma məhsulunun) istiliyindən, ikinjidə isə, təzyiq və temperaturu yüksək olan buxarin istiliyindən istifadə olunur. Su ekonomayzeri, suqızdırıcı və şəbəkə suqızdırıcısı da eyni məqsəd, yəni suyu qızdırmaq üçün tətbiq olunur. Ekonomayzerdə suyun qızdırılması yanma qazlarının istiliyi hesabına, suqızdırıjıda isə buxarin istiliyi hesabına əmələ gəlir. İstehsalata və isitmə şəbəkələrinə verilən suyu qızdırıran istilikdəyişdirijiyə şəbəkə suqızdırıcısı deyilir.

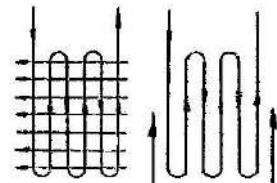
Qeyd etmək lazımdır ki, rekuperativ istilikdəyişdirijilərindən daha geniş istifadə edilir. Buna görə biz rekuperativ istilikdəyişdirijilərə baxmaqla kifayətlənənjəyik.

Rekuperativ istilikdəyişdirijilər isidən və isidilən mayelərin hərəkət istiqamətindən asılı olaraq üç növ olur: 1) düzaxımlı, 2) əksaxımlı, 3) çarpez axımlı. Mayelər bir-birinə paralel və eyni istiqamətdə hərəkət edirsə, belə istilikdəyişdirijiyə düzaxımlı, paralel, anjaq əks istiqamətdə hərəkət edirsə əksaxımlı, mayelərin hərəkət istiqaməti bir-birinə perpendikulyar olarsa, buna çarpez axımlı istilikdəyişdiriji deyilir (şək.15.1).

Təjrübədə çox vaxt mürəkkəb, yəni eyni zamanda düz, həm də əksaxımlı, çox dəfə təkrar olunan çarpezaxımlı (şək.15.2) və s. sxemlərdən istifadə etmək lazımlı.



**Şək.15.1. Düz və əks axımlı
axımlı
rekuperativ istilikdəyişdirijilər**



**Şək.15.2. Çarpez
istilikdəyişdirijilər**

15.2. Su ekvivalenti və temperaturun dəyişmə əyriləri

İstilikdəyişdirijidə istilik mübadiləsi müxtəlif mayelər arasında, yəni qaz-su, qaz-buxar, buxar-su, yağı-su və s. baş verə bildiyindən, istilikdəyişdirijilərin hesablanması və müqayisəsini asanlaşdırmaq məqsədi ilə su ekvivalenti anlayışından geniş istifadə olunur.

Mayenin (qazın) su ekvivalenti W , ədədi qiymətjə, suyun elə miqdarına deyilir ki, onun istilik tutumu baxılan mayenin bir saatlıq sərfinin istilik tutumuna bərabər olsun, yəni:

$$W = \omega f \gamma c_p = V \gamma c_p = G c_p, \quad \frac{kCoul}{san \cdot dər}, \quad (15.1)$$

burada ω - baxılan mayenin sürəti, msaat;

f - maye axan kanalın en kəsiyinin sahəsi, m^2 ;

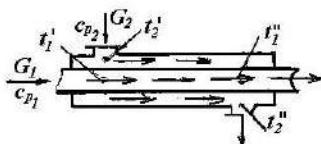
γ - mayenin xüsusi kütləsi, kqm^2 ;

j_p - mayenin xüsusi istilik tutumu, $\frac{kCoul}{kq \cdot dər}$;

V - baxılan mayenin bir saatlıq həjm sərfi, m^3 saat;

G - baxılan mayenin bir saatlıq çəki sərfidir, kq saat.

İstilikdaşıyının temperaturunun dəyişməsi ilə su ekvivalenti arasındaki asılılığı almaq üçün istilikdəyişdirijinin istilik balansı tənliyindən istifadə edilir. İstilik mübadiləsində olan mayelərin temperaturunun dəyişməsini onların su ekvivalentləri məlum olduqda asanlıqla təyin etmək olur. Bunu aydınlaşdırmaq üçün şəkil 15.3-də göstərilən düzaxımlı rekuperativ istilikdəyişdirijinin istilik balansı tənliyindən istifadə edirik.



Şək.15.3. Düzaxımlı rekuperativ istilikdəyişdiriji

İsidən mayenin saatlıq sərfini G_1 , xüsusi istilik tutumunu j_{p1} , daxil olanda temperaturunu t'_1 , xarij olanda isə t''_1 ; isidilən maye üçün isə, uyğun olaraq G_2 , c_{p2} , t'_2 , t''_2 ilə işaret etsək, xariji mühitə yayılan istilik itkisini nəzərə almaqla istilik dəyişdirijisinin istilik balansı üçün aşağıdakı ifadəni yaza bilərik:

$$Q = G_1 c_{p1} (t'_1 - t''_1) = G_2 c_{p2} (t''_2 - t'_1), \quad \frac{kCoul}{san}. \quad (15.2)$$

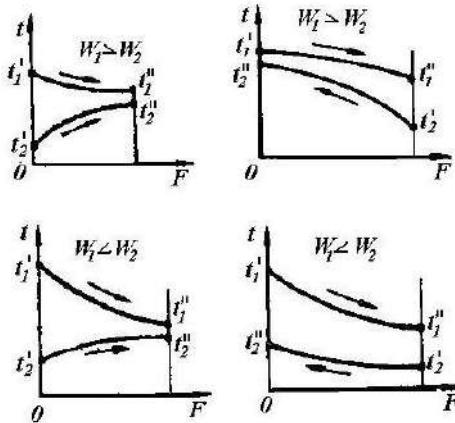
Bu tənliyə mayelərin su ekvivalentini daxil etsək, istilik balansının tənliyi aşağıdakı şəkli alar:

$$W_1(t'_1 - t''_1) = W_2(t''_2 - t'_1), \quad \frac{kCoul}{san},$$

buradan

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{t''_2 - t'_1}{t'_1 - t''_1} = \frac{\delta t_2}{\delta t_1}. \quad (15.3)$$

Bu ifadədən, mayelərin su ekvivalentlarının temperatur dəyişməsi ilə tərs mütənasib olduğunu görürük. Şəkil 15.4-də düz və əksaxımlı istilikdəyişdirijilərdə istilik keçirən səth boyu axan mayelərin temperaturunun, onların su ekvivalentlərindən asılı olaraq dəyişməsini göstərən əyrilər verilmişdir.



Şək.15.4. Düz və əksaxımlı istilikdəyişdirijilərdə istilik keçirən səth boyu axan mayelərin temperaturunun,

onların su ekvivalentlərindən asılı olaraq dəyişmə əyriləri

Şəkildə absis oxu üzrə isidilən səth F , ordinat oxu üzrə isə mayelərin temperaturu göstərilmişdir. Şəkildə göstərilən temperatur əyrilərindən aşağıdakı nəticələrə gəlirik:

- 1) düzaxımlı istilikdəyişdirijidə, mayelərin su ekvivalentlərindən asılı olmayaraq, isidilən mayenin son temperaturu t''_2 həmişə isidən mayenin son temperaturundan t'_1 kiçik olur.
- 2) əksaxımlı istilikdəyişdirijidə mayelərin su ekvivalentlərindən asılı olaraq, isidilən mayenin son temperaturu t''_2 isidən mayenin son temperaturundan t''_1 , böyük də alına bilər.

15.3. İstilikdəyişdirijilərin hesablanması

İstilikdəyişdirijilər xarici görünüşünə, quruluşuna, işləmə prinsipinə və işçi jisimlərinə görə, çox müxtəlif olmalarına baxmayaraq, eyni məqsəd üçün – istiliyin isti mayedən soyuq mayeyə verilməsi üçün tətbiq olunduğundan, onların istilik hesabı eyni üsulla aparılır.

İstilikdəyişdirijilərin istilik hesabatı iki növ olur: 1) layihə hesabatı, 2) yoxlama hesabatı.

Layihələşdirilən yeni istilikdəyişdirijinin istilik ötürən səthini (qızma səthini) tapmaq üçün aparılan hesablamaya istilik dəyişdirijinin layihə hesabatı deyilir.

Qızma sahəsi məlum olan istilikdəyişdirijinin istilik yükünü və mayelərin son temperaturunu tapmaq lazımlı gəldikdə aparılan hesablamaya yoxlama hesabatı deyilir. Yoxlama hesabatı mövjud istilikdəyişdirijinin iş recimini dəyişdikdə və onun quruluşunda müəyyən dəyişikliklər edildikdə aparılır.

İstilikdəyişdirijilərin layihə və yoxlama hesabatı iki tənliyin birlikdə həll edilməsi ilə aparılır. Bu tənliklərdən biri istilikötürmənin əsas tənliyi, digəri isə istilikdəyişdirijinin istilik balansı tənliyidir. Bütün istilikdəyişdirijilər üçün mahiyyətjə eyni olan bu tənliklər, istilikdəyişdirijinin növündən (rekuperativ, regenerativ, qarışdırıcı) asılı olaraq, müxtəlif şəkillərdə olur.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, biz təjrübədə daha çox tətbiq edilən və qərarlaşmış recimdə işləyən, rekuperativ istilikdəyişdirijinin istilik hesabatına baxmaqla kifayətlənəjəyik.

Qərarlaşmış recimdə işləyən rekuperativ istilikdəyişdirijinin istər layihə, istərsə də yoxlama hesabatı bizə məlum olan aşağıdakı düstur üzrə aparılır:

1) istilikötürmənin əsas düsturu

$$Q = KF(t_1 - t_2), \frac{kCoul}{san}, \quad (15.4)$$

2) istilikdəyişdirijinin istilik balansı tənliyi

$$Q = G_1 C_{p_1} (t'_1 - t''_1) = G C_{p_2} (t''_2 - t'_1), \frac{kCoul}{san}. \quad (15.5)$$

İstilikötürmənin əsas düsturunu çıxardıqdə mayelərin temperaturunu sabit qəbul etmişdik. Ümumi halda istilik mübadiləsi nətiyəsində, isti maye soyuduğundan və soyuq maye isindiyindən, mayelərin hərəkəti istiqamətində səth boyunja temperatur basqısı da dəyişən olur. Buna görə araşdırılan hal üçün (15.4) tənliyi aşağıdakı diferensial tənlik şəklində yazılımalıdır:

$$dQ = K \Delta t_1 dF, \frac{kCoul}{san}. \quad (15.6)$$

İstilikdəyişdirijinin qızma səthindən F -dən keçən istilik selini tapmaq üçün (15.6) ifadəsini integrallamaq lazımdır:

$$Q = \int_0^F K \Delta t_1 dF, \frac{kCoul}{san}. \quad (15.7)$$

İstilikdəyişdirijilərdə istilikötürmə əmsalı K çox az dəyişdiyindən onu sabit də qəbul etmək olar. Bu halda (15.7) ifadəsi aşağıdakı şəkli alar:

$$Q = K \int_0^F \Delta t_1 dF, \frac{kCoul}{san}. \quad (15.8)$$

(15.8) ifadəsini F -ə vursaq və bölsək alarıq ki,

$$Q = K \left(\frac{1}{F} \int_0^F \Delta t_1 dF \right) F = K \Delta t_{\text{or}} F, \frac{kCoul}{san}, \quad (15.9)$$

burada $\Delta t_{or} = \frac{1}{F} \int_0^F \Delta t_1 dF$ -ə orta temperatur basqısı deyilir.

(15.9) ifadəsi istilikdəyişdirijilərin hesablanmasında istifadə olunan əsas tənliklərdən biri olub, istilikötürmənin əsas tənliyi adlanır.

Layihə hesabati aparıldığda istilikdəyişdirijinin istilik yükü Q məlum olduğundan (verildiyindən), onun qızma səthi (F) (15.9) tənliyindən təyin edilir:

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{or}}, \quad m^2. \quad (15.10)$$

(15.10) ifadəsindən görürük ki, istilikdəyişdirijinin qızma sahəsini F tapmaq üçün orta temperatur basqısını Δt_{or} və istilikötürmə əmsalını bilmək lazımdır.

Yoxlama sualları

1. İstilikdəyişdiriji aparat nəyə deyilir? 2. Hansı növ istilikdəyişdiriji aparatlar var? 3. Rekuperativ istilikdəyişdiriji aparat hansıdır? 4. Regenerativ istilikdəyişdiriji aparat hansıdır? 5. Qarışdırıcı istilikdəyişdiriji aparat hansıdır? 6. Rekuperativ istilikdəyişdirijilər isidən və isidilən mayelərin hərəkət istiqamətindən asılı olaraq hansı növ olurlar? 7. Su ekvivalenti hansı məqsədlə istifadə olunur? 8. Mayenin (qazın) su ekvivalenti nəyə deyilir və nejə təyin olunur? 9. İstilikdaşıyıjının temperaturunun dəyişməsi ilə su ekvivalenti arasındaki asılılığı almaq üçün hansı tənlikdən istifadə edilir? 10. İstilikdəyişdirijilərin istilik hesabati hansı növ olurlar?

II HİSSƏ. SOYUTMA TEKNİKASI

Soyutma texnikasının inkişaf tarixi

İlk məişət soyudujusunun nümunəsi buzu hazırlamaq üçün (1 kqsaat) nəzərdə tutulan və 1860-jı ildə fransız mühəndisi F. Karre tərəfindən təklif olunan aparat hesab edilə bilər. 1862-jı ildə Ümumdünya London sərgisində F. Karre buz istehsalı üçün həmin aparatın işinə analoci olan yüksək məhsuldarlıqlı maşın nümayiş etdirmişdir. Maşın maye ammonyak üçün daxilində çən quraşdırılmış kiçik soba şəklində idi. Ammonyak qızdırılma nətijəsində buxarlanaraq boru ilə soyuduju çənə daxil olur. Buxarlanaraq soyutma nətijəsində çəni əhatə edən su donaraq buz əmələ gətirirdi.

Müasir məişət soyudujusu texnikasının yaranmasına ilk təkan verən 1874-jü ildə Münhenli alim K. Linde tərəfindən işlənmiş soyuduju maşın olmuşdur. Onun hazırladığı ilk soyuduju maşın metil efiri ilə işləmiş və Münhendə pivə zavodunda sinaqdan keçirilmişdir. Ammonyakla işləyən ikinji maşın isə 1874-jü ildə hazırlanmışdır.

İlk məişət tipli kompressorlu soyuduju 1910-ju ildə ABŞ-da yarandı. Bir il keçəndən sonra "General Elektrik" amerika firması "Odifren" adlı soyuduju maşınlarının istehsalına başlandı. Fransız fizika müəllimi Marsel Odifren tərəfindən 1894-jü ildə yaradılan "Odifren" maşını ilk avtomatik soyuduju maşın oldu.

Kopeland tərəfindən layihələndirilən, kamerasında temperaturu avtomatik nizamlanan ilk məişət soyudujusu ABŞ-da 1918-jı ildə hazırlanmışdı. Burada soyuduju agent kimi kükürd anhidridindən və ya ammonyakdan istifadə olunmuşdur. Kompressor elektrik mühərrikindən qayış ötürməsi vasitəsilə hərəkətə gətilirdi.

Avropada soyuduju istehsalının inkişafı ABŞ-a nisbətən zəif idi. Belə ki, 1936-jı ildə Almaniyada 40 min kompressorlu soyuduju istehsal olunduğu halda ABŞ-da bu rəqəm 2 mln. idi.

İlk yapon soyudujusu 1926-jı ildə, keçmiş SSRİ-də isə ilk XTZ-120 soyudujuları 1937-jı ildə Xarkov traktor zavodunda

(XTZ) hazırlanmışdır.

Hal – hazırda buraxılan soyudujuların 90 %-i kompressorlu tiplidir. Absorbsiyalı soyudujular qənaətjil olmadığından onların istehsalı azalmışdır.

Termoelektriki soyudujular da geniş yayılmamışdır, çünkü kompressorlu soyudujularla müqayisədə onların enerji sərfi dörd dəfə çoxdur. Onlar yalnız kiçik avtomobil soyudujularında (həjmi 10...20 dm³) istifadə olunur (burada alçaqgərginlikli sabit jərəyandən istifadə edilir).

Əhalinin tələbatına uyğun soyudujuların inkişaf tendensiyası onların faydalı həjminin artmasıdır. Əgər 1968 -ji ildə satılan soyudujuların yalnız 6,3 %-nin həjmi 200 dm³ idisə, 1988 -ji ildə bu rəqəm 68 % -ə kimi artmışdır.

Məişət soyudujularının istehsalının digər tendensiyası – dondurulmuş məhsulların saxlanma bölməsinin həjminin artması və orada temperaturun -10...-12°C-dən -18...-24°C kimi azalmaşıdır.

Son zamanlar zavodlar iki kameralı soyudujular istehsal edirlər ki, burada aşağı temperatur bölməsi kamerası şəklində hazırlanır və ayrija qapı ilə örtülür. Əgər adı modellerdə aşağı temperaturlu bölmənin (dondurunun) həjmi ümumi həjmin 12...15 %-ni təşkil edirsə, iki kameralılarda bu 30...40 % təşkil edir. Üç kameralı soyudujuların istehsalı da artmışdır. Bu soyudujular yüksək temperaturlu (10...23°C), aşağı temperaturlu (-6...-24°C) və universal (+10...-12°C) bölmələrdən ibarətdir.

Hazırda istehsal olunan soyudujular komfort elementləri ilə təjhir edilmişdir: şəffaf rəflər, kameraların bölməlerinin şəffaf kapıları, pis iylərin qarşısını almaq üçün dezodorantlar, kompüterlə idarəetmə və s.

SOYUDUJU MAŞINLAR VƏ APARATLAR

XVI FƏSİL SÜNI SOYUTMANIN TERMODİNAMİKİ ƏSASLARI

16.1. Süni soyutma üsulları

İstənilən qızdırılmış jismi təbii yolla onu əhatə edən ətraf mühitin temperaturuna qədər soyutmaq olar. Soyutmaq üçün təbii üsullara: ətraf mühitin havası, çay və dəniz suları və torpaq daxildir.

Jismin temperaturunu ətraf mühitin temperaturundan daha çox soyutmaq üçün anjaq süni soyutmadan istifadə olunur.

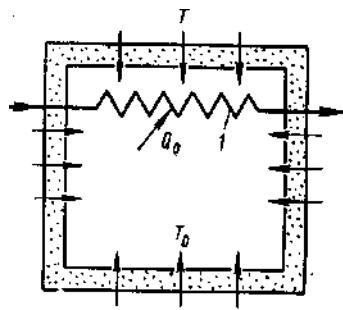
Süni soyutma – temperaturu ətraf mühitin temperaturundan aşağı olan jisimlərdən istiliyin alınması prosesinə deyilir. Tez xarab olan məhsulları saxlamaq üçün süni soyutmadan istifadə olunur.

Süni soyutmanın prinsipal sxemi şəkil 16.1-də göstərilmişdir. Soyutma prosesi hər hansı bir işçi maddə (soyuduju agent) vasitəsilə yerinə yetirilir. Soyuduju qurğuda 1 olan işçi maddə temperaturu T_0 olan soyudulan mühitdən Q_0 istiliyi alır. Bu zaman işçi jisim bir aqreqat halından digərinə keçərək çox miqdarda istilik qəbul edir. 1 kq işçi jismin qəbul etdiyi istilik miqdarı xüsusi soyutma məhsuldarlığı adlanır.

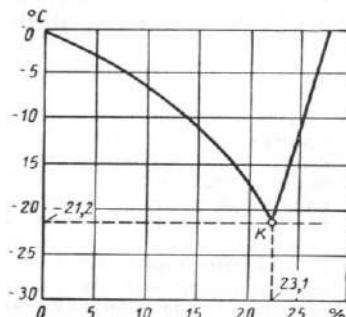
Soyutmanın ən sadə üsullarından biri buzla soyutmadır. Buzu soyudulan mühitə daxil etdikdə mühitin istisi buza verilir. Mühitin temperaturu aşağı düşür, buz tədrijən əriyir. Bu halda soyutma üçün buzun 335 kJoulkq-a (80 kkalkq) bərabər olan gizli ərimə istiliyi istifadə olunur. Su buzundan soyutma üçün istifadə etdikdə alınan ən aşağı temperatur onun ərimə (0°J) məhdud temperaturudur.

Soyuduju qarışqlarla soyutma üsulunda 0°J -dən aşağı temperaturlar almaq mümkün dır. Bu üsul 1774-jü ildə M.V.Lomonosov tərəfindən qeyd edilmişdir. Buzlu-duzlu soyutmada, məhluldan duzun qarışma istiliyindən başqa, buzun gizli ərimə istiliyi də ayrılır. Bunun nətijəsində soyudan məhlulun

temperaturu aşağı düşür (şek.16.2).



Шяк. 16.1. Сынни сойутманын схеми:
1—сойудуу гурэу



Шяк. 16.2. Буз-дуз мяшлулунун яримя температурунун мяшлулун гатылызындан
(буз+Наъл)

Buz-duz qarışığının ərimə temperaturu duzun növündən və onun məhlulun tərkibindəki miqdardan asılıdır. Təjrübədə adətən buzla texniki xörək duzunun qarışığından istifadə edilir. Məhlulun (maye) qatılığı lazım olan temperaturdan asılı olaraq qəbul edilir. Qatılıq artdıqja məhlulun ərimə temperaturu müəyyən həddə qədər azalır, sonra yenə artır. Ən aşağı ərimə temperaturu (-21,2°C) qatılıq 23,1 % olduqda əldə olunur. Bu temperatur kriohidrat temperaturu adlanır.

Kalsium xlорlu buz məhlulunun qatılığı 29,9 % olduqda onun kriohidrat temperaturu -55°C-yə bərabər olur. 1 kq buz-duz məhlulunun soyutma məhsuldalarlığı 1 kq təmiz buzun xüsusi soyutma məhsuldalarlığından aşağıdır.

Qatılığı kriohidrat nöqtəsinə təvafüq edən duzlu su məhlulu evtektik adlanır. Onların donması zamanı kriohidrat temperaturuna bərabər, aşağı ərimə temperaturuna malik olan eynijsins tərkibli buz əmələ gəlir.

Jədvəl 16.1-də evtektik məhlulların bəzi fiziki xassələri göstərilmişdir. Jədvəldən göründüyü kimi evtektiklərin ərimə temperaturu 0°C-dən aşağıdır və müqayisədə gizli ərimə istiliyi

adi su buzunun temperaturundan azdır.

Jədvəl 16.1

Evtektik məhlulların fiziki xassələri

Duz məhlulunun adı	Məhlulda duzun miqdarı, %	Məhlulun sıxlığı, kql	Evtektikin ərimə temperaturu, °J	Ərimə istiliyi, kJoulkq (kkalkq)
Kalium sulfit	6,5	-	-1,5	-
Maqneziumhidrosulfit	19,0	-	-3,9	243(58,2)
Sink hidrosulfit	27,2	1,25	-6,5	213(50,8)
Kalium xlorid	19,7	1,15	-11,1	301(71,9)
Ammonium xlorid	18,7	1,06	-15,2	286(68,4)
Ammonium nitrat	36,9	-	-18,5	241(57,5)
Natrium xlorid	22,4	1,17	-21,2	236(56,4)
Maqnezium xlorid	20,6	-	-33,6	-
Kalsium xlorid	29,9	1,28	-55	213(50,8)
Kalium yodid	31,5	-	-65	-

Evtektik məhlul (qatışqlar) zerotor adlanan xüsusi çənlərdə dondurulur.

Quru buzla soyutmada (bərk karbon) aşağı temperaturu almaq mümkündür. Bərk karbonu karbon qazından alırlar.

Atmosfer təzyiqi altında bərk karbon soyudulajaq mühitin istiliyini qəbul edərək sublimasiya edir, yəni bərk haldan qaz halına keçir. Yaranan buxarın temperaturu $-78,9^{\circ}\text{J}$ olduqda sublimasiya istiliyi 574 kJoulkq (137 kkalkq) olur.

Soyuduju maşınlar soyuqluğu uzun müddət istehsal edə bilirlər. Eyni işçi maddə maşında dövr edərək dövrü proses yerinə yetirir. Maşınla soyutma proseslərində müxtəlif işçi jisimlərin aşağı temperaturlarında qaynayan tərkiblərdən istifadə olunur. Belə tərkiblər ammonyak, freonlar, karbon, kükürd anhidridinə və bir çox maddələrə malikdirlər.

Aşağı temperaturun alınması üçün qazların sıxlamasının drossellənməsinə (sürətlənməsinə) əsaslanan soyuduju tsikllərdən istifadə edilir.

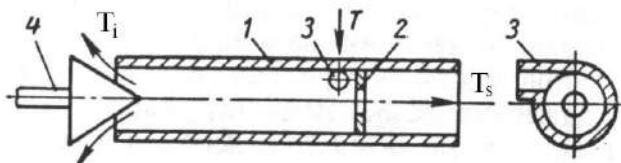
Drossellənmə prosesi kanalın qəfildən sıxlaması halında baş verir və bu, qazın təzyiqinin azalması ilə müşahidə olunur. İdeal qazlardan fərqli olaraq drossellənmə zamanı real qazların temperaturu dəyişir. Drossellənmə zamanı real qazların

temperaturunun dəyişmə halı drossellənmə effekti və ya Jou – Tomson effekti adlanır.

Demək olar ki, bütün qazlar drosselənmə zamanı adı temperatur şəraitində soyudulur, çünki onların inversiya temperaturu yüksəkdir (800°K -dan yuxarı). İstisna olaraq hidrogen $T_i=200^{\circ}\text{K}$ və helium $T_i=30^{\circ}\text{K}$ təşkil edir.

Burulğanlı soyutma effekti sadə quruluşlu boruda – burulğanlı boruda, onu ixtira edən Rankanın adı ilə bağlı olan Ranka borusunda və ya burulğanlı soyudujularda yerinə yetirilir.

Burulğanlı boru deşikli diafraqma ilə iki hissəyə bölünmüş silindrik borudur (şək.16.3).



Şək. 16.3. Burulğanlı boru:

1- boru; 2- diafraqma; 3- ujluq; 4- drossel ventili

Diafraqmanın yanında borunun daxili səthinə nəzərən tangensial yerləşən sıxılmış havanın verilməsi üçün ujluq (soplo) yerləşir. Borunun diafraqmasının sağ tərəfində yerləşən hissəsi sərbəst çıxış, yəni soyuq hissə, drossel ventili olan sol hissə isə – qaynar hissə adlanır.

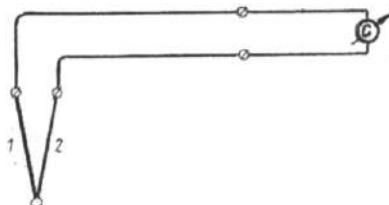
Təjrübə göstərir ki, burulğanlı boru ətraf mühit temperaturu ilə əhatə olunan ujluq daxil olan sıxılmış qazı iki müxtəlif temperaturlu qaz axınına ayırmaga imkan verir. Bu halda T_s temperaturu olan soyuq hava diafraqmanın yarığından və sonra borunun soyuq hissəsindən keçir, T_q temperaturu olan qaynar hava isə əks tərəfdən, yəni drossel ventilindən keçir.

Burulğanlı soyudujunun işi zamanı başlangıç parametrləri 20°J temperaturlu və $0,5 \text{ MNm}^2$ təzyiqli quru havadan istifadə etdikdə soyuq axının temperaturu -50°J ; havanın təzyiqi $0,7\text{--}0,8 \text{ MNm}^2$ olduqda isə daha aşağı temperaturu -70°J olan hava axınıını almaq olur.

Soyutma texnikasında termoelektrik soyutmadan da istifadə

edilməsi perspektivli olub, daha çox təjrubi əhəmiyyət kəsb edir.

İki müxtəlif naqillərdən hazırlanan qapalı elektrik dövrəsin-də, yeni termoelementdə qaynaq (kontaktelar) yerləri müxtəlif temperaturda olduqda termo-elektrohərəkətediji qüvvə yaranır (şək.16.4). Bu hadisə ilk dəfə Zeebek (1821-ci il) tərəfindən öyrənilmiş və termoelektrik adlandırılmışdır.



Şək. 16.4. İki müxtəlif naqillərdən hazırlanan elektrik dövrəsi:
1 və 2 – termojüt budaqları

Peltye 1834-jü ildə müəyyən etmişdir ki, iki müxtəlif naqillərdən ibarət olan dövrəsindən elektrik jərəyanı buraxdıqda naqillərin birləşdiyi (qaynaq edilmiş) hissələrinin biri isinir, o biri isə soyuyur. Belə halda sistem, elektrik jərəyanı energisini soyuq birləşmədən istiyə keçirən soyuduju aqreqat kimi qəbul edilir.

Qaynaqla udulan və ya ayrılan istiliyin miqdarı jərəyan şid-dətinin C zamana τ hasili ilə düz mütənasibdir: $Q_p = P J \tau$.

P – Peltye əmsalı adlanır və termoelementin budaqlarının materialından asılıdır.

Hal – hazırda maşınla soyutmada kompressorlu və absorsiyalı soyuduju maşınlar ən çox təjrubi əhəmiyyət kəsb edir.

16.2. Jismin hal parametrləri

Jismin istilik hali onun temperaturu ilə xarakterizə edilir. Temperaturu ölçmək üçün müxtəlif şkalalardan istifadə edilir: termodinamiki dərəjə Kelvinlə (T, K) və beynəlxalq – dərəjə Selsiya ($t, {}^\circ\text{J}$). Termodinamiki temperatur şkalasında suyun

donma temperaturundan $273,15\text{ K}$ aşağı temperatur mütləq sıfır qəbul edilir. Reper nöqtəsi kimi suyun üçlük nöqtəsinin temperaturu onun kristallik, maye və buxar fazalarının tarazlıq halını xarakterizə etməklə, bu nöqtə buzun ərimə nöqtələrindən daha dəqiq təyin edilir.

Selsi və Kelvin temperaturları arasındaki asılılıq aşağıdakidir:

$$T = t + 273,15^\circ\text{C} \approx t + 273^\circ\text{C}.$$

Bundan başqa Farenqeyt şkalasından da istifadə olunur. Burada hesablama başlangıçı 0°F selsiya şkalasında -18°J -yə bərabərdir, 0°J buzun ərimə temperaturu 32°F -ə müvafiq edir, suyun qaynama temperaturu isə -212°F -dir. Beləliklə, $1^\circ\text{J}=1,8^\circ\text{F}$.

Bir şkaladan o birinə keçmək üçün aşağıdakı düsturlardan istifadə edilir:

$$t, {}^\circ\text{C} = T, K - 273,15 = \frac{5}{9} {}^\circ\text{F} - 32;$$

$$T, K = t, {}^\circ\text{C} + 273,15 = \frac{5}{9} {}^\circ\text{F} + 255,37.$$

Səthə təsir edən təzyiq qüvvəsinin həmin səthin sahəsinə nisbəti işçi jismin təzyiqini xarakterizə edir. Beynəlxalq vahidlər sistemində (SI) təzyiq vahidi kimi Paskal qəbul edilir: $1\text{Pa}=1\text{Nm}^2$. Bundan başqa sistemdə kənar vahidlərdən də istifadə edilir: texniki atmosfer ($1\text{ at}=1\text{ kQqsm}^2$), fiziki atmosfer ($1\text{ atm}=1,033\text{ kQqsm}^2$).

Ötrəf mühitin təzyiqindən çox olan təzyiq artıq və ya manometrik adlanır. Atmosfer təzyiqindən aşağı təzyiq boşalma və ya vakuum adlanır. Manometrik təzyiqi ölçmək üçün manometrlərdən, boşalmanın ölçmək üçün – manovakuummetrlərdən və ya vakuummetrlərdən istifadə edilir.

Mütləq təzyiq manometrik və atmosfer təzyiqinin jəminə bərabərdir. Bu vahidlər arasındaki uyğunluq aşağıdakı kimidir:

$$1\text{ kqq/sm}^2 = 1\text{ at} \approx 10^5\text{ Pa} = 10^5\text{ N/m}^2 = 1\text{ bar};$$

$$1\text{ mm.c.süt.} = 133,3\text{ Pa}, \quad 1\text{ м.м.с.у} = 9,8\text{ Па}.$$

Xüsusi həjm (v , m^3/kq) maddənin həjminin onun kütləsinə olan nisbətinə bərabərdir, sıxlıq (ρ , kqm^3) isə maddənin kütləsinin onun həjminə nisbətidir.

Sİ sistemində istilik miqdarı Joulla (Joul) ölçülür və 1 m məsafədə 1 N qüvvənin işini ifadə edir. Sistemdən kənar istilik vahidi – kalori: $1\text{Joul}=1\text{N}\cdot\text{m}$; $1\text{kkal}=4186\text{Joul}$.

İşin zamana nisbətinə güj deyilir:

$$H = \frac{I}{t},$$

burada I – işdir, Jouł;

t - zaman, san.

Güj vahidi kimi vatt (Vt) qəbul edilir: $1Vt=1\text{Joulsan}$. 1 kq jismin 1 K temperatura qədər qızdırılması və ya soyudulması üçün sərf edilən istilik miqdarı xüsusi istilik tutumu j adlanır və Jouł(kq·K) ilə ölçülür. Xüsusi istilik tutumu temperaturun $1K$ -ə qədər dəyişməsi zamanı maddənin entalpiyasının dəyişməsini göstərir. Entalpiya işçi jismin tam energisinə deyilir.

16.3. Jismin faz dəyişiklikləri

Hər bir maddə xarji şəraitlərdən – temperatur və təzyiqdən – asılı olaraq bərk, maye və qaz hallarında ola bilər. İstiliyin verilməsi və ya alınması nəticəsində molekullar arasındakı əlaqə formasının dəyişməsi maddənin dəyişməsinə səbəb olur, yəni fazə dəyişikliyi baş verir. Soyuqluğun alınması üçün soyudulan mühitdən istiliyin udulması ilə aşağı temperaturda baş verən faz dəyişikliklərindən istifadə olunur. Bunlara ərimə, qaynama və sublimasiya aiddir.

Ərimə. Maddənin kristal halından maye halına istilik udmaqla keçməsi prosesi ərimə adlanır (məsələn, su buzunu qızdırıldıqda onun temperaturu 0°J kimi artır, sonradan temperaturun artması suyun əriməsinə gətirib çıxarır). Ərimə temperaturu jismin növündən və xarji şəraitlərdən (təzyiqdən) asılıdır. Hər bir jismin öz ərimə temperaturu vardır.

Sabit ərimə temperaturunda mayenin bərk hala keçmə prosesi bərkimə adlanır. Bu proses mayedən istilik alındıqda,

yəni mayenin temperaturu bərkimə temperaturuna kimi azaldıqda baş verir.

Duzlu məhlulların ərimə temperaturları bir qədər aşağıdır, məsələn, duzlu $NaCl$ məhlulu – $21,2^{\circ}\text{J}$ temperaturun alınmasına imkan verir (duzun kütlə payı 23,1 % olduqda).

Buxarlanması. Müxtəlif temperaturlarda mayenin səthində baş verən buxarın əmələ gəlməsinə buxarlanması prosesi deyilir. Bu prosesdən su soyuduju qurğularında suyun buxarlanması üçün istifadə edilir (qradirni, püskürütü hovuzlar və ya buxarlandırıcı kondensatorlar). Atmosfer təzyiqində və 0°J temperaturda suyun buxarlanması istiliyi 2509 kJoulkq təşkil edir.

Qaynama. Ətraf mühitin istiliyinin udulması nətijəsində mayenin bütün həjmi boyu baş verən intensiv buxarlanması prosesinə qaynama deyilir. Sabit təzyiqdə hər bir maddənin qaynama temperaturu sabitdir və mayenin üzərindəki buxarın təzyiqindən asılıdır. Təzyiqin azalması mayenin qaynama temperaturunun azalmasına hötətə donmasına səbəb olur. Mayenin aşağı temperaturda qaynama prosesi – soyuduju agent qaynayan buxar kompressorlu soyuduju maşınların əsas proseslərindən biridir. Qaynama baş verən aparat buxarlandırıcı adlanır. Buxarlandırıcıda ətraf mühitdən istiliyin alınması baş verir, qaynayan maye isə buxar halına keçir.

Qaynama temperaturunda götürülmüş 1kq mayenin buxara çevriləməsi üçün istilik miqdari buxarlanması istiliyi r və ya xüsusi buxarlanması istiliyi adlanır. Mayenin qaynama təzyiqi artırıqda onun gizli buxarlanması istiliyi azalır.

Sublimasiya. Jismin bərk haldan birbaşa buxar halına keçməsi sublimasiya adlanır. Obyektlərin soyudulmasında işçi jisim kimi bərk karbon dioksidi JO_2 (quru buz) istifadə edilir. JO_2 -nin atmosfer təzyiqində sublimasiya temperaturu – $78,9^{\circ}\text{J}$, sublimasiya istiliyi – 574 kJoulkq-dır.

Kondensasiya. İstiliyin udulması ilə yanaşı ayrılmış doymuş buxarın maye halına çevriləməsi prosesi kondensasiya adlanır. Kondensasiya temperaturu təzyiqdən asılıdır. Doymuş buxar kondensasiyası – soyuduju maşınların əsas işçi proseslərindən biri olub, kondensator adlanan aparatlarda baş

verir.

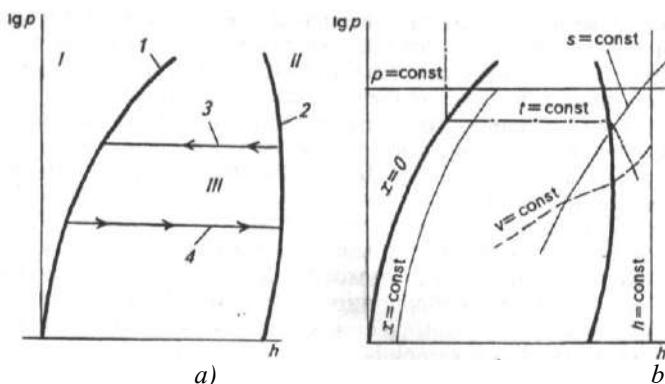
16.4. Soyuduju agentlərin termodinamiki diaqramları

Soyuduju maşının işi zamanı soyuduju agentin aqreqat halını və parametrlərini dəyişən fasılısız proseslər baş verir. Soyuduju maşının etibarlı istismarı orada gedən termodinamiki proseslərin düzgün qəbul edilməsidir. Ayrı-ayrı proseslərin öyrənilməsində soyuduju maşının tsiklinə daxil olan soyuduju agentin parametrlərini təyin etmək üçün soyuduju agentlərin termodinamiki diaqramlarından istifadə edilir.

Hər bir soyuduju agentin öz diaqramı olur ki, onların qurulma və istifadə prinsipləri eynidir. Təjribədə ən çox istifadə edilən entalpiya – təzyiq ($h-lgp$) və entropiya – temperatur ($s-T$) diaqramlarıdır.

$h-lgp$ diaqramında istilik və adiabatik prosesin işi absis oxunda kəsiklərlə, $s-T$ diaqramında isə sahələrlə verilir.

Şəkil 16.5.a-da soyuduju agentin faz dəyişmə sahələri verilir.



Şək. 16.5. Soyuduju agentlərin $h-lgp$ diaqrammı:

a- faz keçidi zonası; b- əsas parametrlər əyrisi; I- çox soyumuş maye sahəsi; II- çox qızmış buxar sahəsi; III- nəmlı doymuş buxar sahəsi; 1- doymuş maye əyrisi; 2- doymuş buxar əyrisi; 3- buxar kondensasiya xətti; 4- mayenin qaynama xətti

Doymuş maye əyrisinin sol tərəfində çox soyumuş maye sahəsi yerləşir. Doymuş maye və quru doymuş buxar əyriləri arasında nəm buxar sahəsi yerləşir. Nəm buxar qaynama halında və ya kondensasiya halında olan doymuş maye və quru doymuş buxar qarışığıdır. Mayedən buxara faz keçidi soldan sağa (qaynama), buxardan mayeyə isə sağdan sola (kondensasiya) baş verir. Buxarın tərkibini buxar-maye qarışığında sabit buxar tərkibi $x=const$ təyin edir və buxar-maye qarışığında buxarın kütlə payını göstərir (şək. 16.5.b). Doymuş maye xəttində buxar tərkibi $x=0$, quru doymuş buxar xəttində $x=1$ olur.

Çox qızmış buxar sahəsi doyma temperaturundan yuxarı temperaturda müvafiq təzyiqdə olan buxarın halını göstərir. Şəkil 16.5.b-də verilən $h - lgp$ diaqramı soyuduju agentin verilmiş altı parametrini xətt şəklində göstərir. Əsas parametrlərin ədədi qiymətləri 1 kq soyuduju agentə aid edilən xüsusi qiymətlərlə verilir.

Sabit buxar tərkibi x nəm buxar sahəsindən keçir.

Sabit təzyiq xətləri p (MPa) – izobarlar –faz keçidinin bütün sahələrindən üfiqi şəkildə keçir.

Sabit temperatur xətləri t ($^{\circ}$ J) – izotermələr – çox soyuma sahəsində şaquli, nəm buxar sahəsində – üfiqi şəkildə keçir. Bu sahədə izotermələr izobarlarla uyğun gəlir, çünkü soyuduju agent t və p sabit qiymətlərində öz faza halını dəyişir. Çox qızmış buxar sahəsində izotermələr əyrisi maili olaraq aşağı doğru gedir.

Sabit entalpiya xətləri h (izoentalplar) absis oxuna şaquli şəkildə verilmişdir. Daxili enerci u və potensial energicinin pV jəminə bərabər olan 1 kq işçi jismən tam energicisinə entalpiya deyilir, yəni $h=u+pV$. Entalpiyanın dəyişməsi (kJoul/kq) termodinamiki prosesdə $p=const$ -da gətirilən istiliyin xüsusi miqdarına bərabərdir.

Sabit xüsusi həjm xətləri v (m^3/kq) – izoxorlar – nəm və çox qızmış buxar sahəsindən keçən qırıq-qırıq xətlərlə göstərilmişdir. Maye sahəsində mayenin həjmi buxara nisbətən az olduğundan izoxorlar göstərilmir, buna görə də bu parametr diaqramla təyin edilmir.

Sabit xüsusi entropiya xətləri s (kJoulq·K) – adiabatlar – maili əyrilər şəklində diaqram sahəsindən keçir. Entropiya – sistem və xariji mühit arasında gedən istilik döyişmə prosesinin istiqamətini xarakterizə edən termodinamik sistemin hal funksiyasıdır.

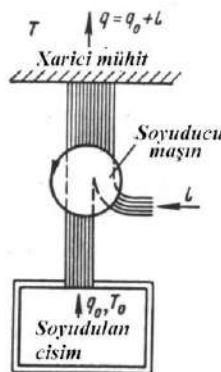
Diaqram sahəsində hər bir nöqtəyə müəyyən parametrlər soyuduju agentin hələ uyğun gəlir və xəttin iki nöqtəsinin birləşməsi iki hal arasında gedən prosesin xarakterini göstərir.

16.5. Əks dairəvi proses

Məlumdur ki, işçi maddələr maşınlarda dairəvi proses (tsikl) yaradır. Bunlar düzünə və əksinə tsikllərə bölünür.

Müxtəlif tipli istilik mühərrikləri düzünə tsikl prinsipində işləyirlər. Bunlar yuxarı temperatur səviyyəsindən aşağı temperatur səviyyəsinə istiliyin keçirilməsi hesabına mexaniki energi (buxar maşınları, daxiliyanma mühərrikləri, reaktiv mühərriklər) yaradır.

Soyuduju maşınlar və istilik nasosları əksinə tsikl prinsipi ilə işləyir. Burada istilik aşağı temperaturdan yuxarı temperatur səviyyəsinə ötürülür. Şəkil 1.6-da soyuduju maşının prinsipial sxemi verilmişdir.



Şək. 16.6. Soyuduju maşının prinsipial sxemi

Aşağı temperaturda T_o işçi maddə soyudulan jisimdən istiliyi q_0 alaraq temperaturu yüksək olan T xariji mühitə verir.

Bu zaman soyuduju maşında dövr edən işçi maddə əks dairəvi proses – soyutma tsikli yerinə yetirir. Bu prosesi yerinə yetirmək üçün l işi sərf olunur ki, həmin iş istilik kimi işçi maddə ilə qəbul edilərək q_0 istiliyi kimi ətraf mühitə verilir.

Enercinin saxlanma qanununa uyğun olaraq ətraf mühitə verilən ümumi istiliyin miqdarı aşağıdakı kimidir:

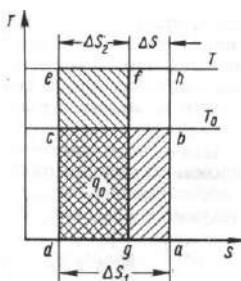
$$q = q_0 + l. \quad (16.1)$$

Soyuduju maşının işinin effektivliyi soyutma əmsali ilə qiymətləndirilir və soyudulan mühitdən alınan istilik miqdarının tsikldə sərf olunan l işinin nisbətinə bərabərdir:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l}. \quad (16.2)$$

Termodinamikanın ikinji qanunundan istifadə edərək soyuduju tsikli yerinə yetirmək üçün sərf edilən işi təyin edək.

Fərz edək ki, (şək.16.7) $s-T$ – diaqramında $a-b-j-d$ sahəsinə bərabər olan istilik miqdarı q_0 temperaturu T_0 olan soyudulan mühitdən alınaraq temperaturu T olan digər jismə verilir ($T > T_0$). Sahəsi $a-b-j-d$ - yə bərabər olan $d-e-f-g$ sahəsi temperaturu T olan jisimlə alınan istiliyi ifadə edir.



Şək. 16.7. Soyuduju tsiklin işini təyin etmək üçün diaqram

Soyutma proseslərində entropiya azalır. Birinci jismin entropiyasının azalması $\Delta s_1 = q_0/T_0$ olur. Əksinə q_0 istiliyi qəbul edən jismin entropiyası $\Delta s_2 = q_0/T$ qədər artmalıdır. Mütləq qiymətlərinə görə Δs_2 -nin qiyməti Δs_1 -dən azdır, çünkü $T > T_0$.

Termodinamikanın ikinji qanununa əsasən entropiyanın

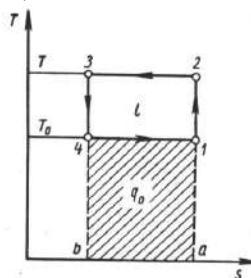
azalması ilə bağlı istiliyin ötürülməsi prosesi öz – özünə baş verə bilməz. Bunun üçün ikinji jismin entropiyasını $\Delta s = \Delta s_1 - \Delta s_2$ qiyməti qədər artırmaq üçün sərf olunan işlə l bağlı kompensasiyaediji prosesdən istifadə etmək lazımdır.

$$\frac{l}{T} \geq q_0 \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right).$$

Buradan süni soyuqluğun istehsalında soyuduju maşına lazım olan minimal işi müəyyən edirik:

$$\pi = \frac{\varepsilon_0}{T_0} (T - T_0). \quad (16.3)$$

(16.3) tənliyi ilə müəyyən edilən iş əks Kärno tsiklinin işinə bərabərdir (şək.16.8).



Şək. 16.8. Əks Kärno tsikli

İzotermiki prosesdə (4-1) işçi maddə T_0 temperaturu olan soyudulan mənbədən q_0 istiliyini alır (sahə 1-a-b-4-1). 1-2 prosesində $l_{1,2}$ işi sərf olunmaqla maddə adiabatik sıxılmaya məruz qalır; onun temperaturu T_0 -dan T -yə kimi artır. Bundan sonra 2-3 izotermiki prosesində işçi jisim yuxarı temperaturlu istilik mənbəyinə q istiliyi verir (sahə a-2-3-b-a). 3-4 prosesində işçi maddə adiabatik genişlənərək $l_{3,4}$ sərfli işi yerinə yetirir, bu zaman temperatur T -dən T_0 -a kimi azalır.

Nətijədə q_0 istiliyinin T_0 aşağı temperaturlu mənbədən T yuxarı temperaturlu mənbəyə ötürülməsi üçün mexaniki iş l sərf olunur. Bu da işçi jismin sıxılma və genişlənməsi zamanı alınan işlərin fərqi nə bərabərdir $l = l_{1,2} - l_{3,4}$ (sahə 1-2-3-4-1).

Əks Kärno tsiklinin yaranmasına sərf olunan iş istiliyə çevrilərək işçi jismə ötürülür. Əks Kärno tsiklinin soyutma əmsali

$$\varepsilon_{\kappa} = \frac{q_0}{l} = \frac{T_0}{T - T_0}. \quad (16.4)$$

Karno tsiklinin soyutma əmsalı işçi jisimlərin tərkibindən asılı olmur, (16.4) tənliyindən göründüyü kimi T_0 və T temperaturlarından, yəni soyudulan və soyudan mühitin temperaturlarından asılı olur.

Soyudulan mühitin T_0 temperaturu nə qədər yüksək olarsa, bir o qədər də soyudan mühitin T temperaturundan aşağı olarsa soyuduju maşınların iş qənaətjilliyini yüksək soyutma əmsalına malik olur.

Əks Karno tsikli lazımlı olan soyudulan və soyudan mühitlərin verilmiş temperatur hüdudunda soyutma tsiklinin yaranması üçün minimum işi xarakterizə edir.

İşçi jismin və soyudulan və ya soyudan mühitlərin temperaturları arasında fərqlər olanda istilikdəyişmə prosesi qayıtmaz olur və itkiyə getirib çıxarır. Bu da soyuduju maşınlarda əlavə enerci sərfi tələb edir. Belə ki, fərqli temperaturlu real tsikldə iş sərfi ətraf mənbələrin həmin temperatur hüdudunda yaranmış ideal tsiklindəki iş sərfindən çoxdur.

Sənayenin bir çox sahələrində (öt, süd, balıq, yeyinti) eyni vaxtda həm istilikdən, həm də soyuqdan istifadə olunur. Məhsulların termiki emalı üçün soyuqdan və temperaturu $40-70^{\circ}\text{J}$ olan isti sudan istifadə olunur. Belə hallarda yanajağa qənaət etmək məqsədilə birgə istilik və soyuq almaq üçün kombinə edilmiş qurğulardan istifadə edilir.

İstilik maşınları konstruktiv jəhətdən soyuduju maşınlarla eynidir, çünki yerinə yetirdikləri tsikllər analocidir.

Soyuduju maşınlar əsasən 2 tipdə olub, birində mexaniki enerji sərfi ilə bağlı tsikllər (hava və buخار kompressorlu soyuduju maşınlar), digərində isə istilik sərfi ilə bağlı tsikllər (absorbsiyalı və buxarecektorlu soyuduju maşınlar) yerinə yetirilir.

Yoxlama sualları

1. Soyutma nədir və onun prinsipləri hansılardır? 2. Sını soyutma nəyə deyilir? 3. Kriohidrat temperaturu hansı temperaturda yaranır? 4. Aşağı temperaturun alınması nejə yerinə yetirilir və hansı soyutma üsulları vardır?

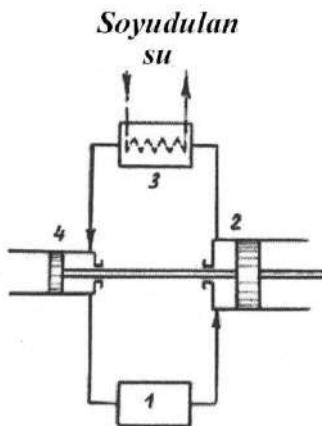
5. Drossellənmə hesabına soyudulma nədir? 6. Termoelektri ki proseslərdən istifadə etməklə soyudulma nejə yaranır? 7. Soyudusunun maşınlarda işçisi tıskılı yaranan nədir? 8. Soyuduju maşının iş prinsipi nejədir və hansı tipdə olurlar? 9. Soyuduju maşının işinin effektivliyi nə ilə qiymətləndirilir? 10. Öks Kärno tıskılı nejə baş verir? 11. Soyutma əmsalı nəyə deyilir? 12. Jismin hal parametrləri dedikdə nə nəzərdə tutulur? 13. Hansı temperatur şkalası var? 14. Selsi və Kelvin temperaturları arasındaki asılılıq nejə izah olunur? 15. Jismin faz dəyişiklikləri hansılardır? 16. Soyuduju agent nədir? 17. Soyuduju agentlərin termodynamiki diaqramlarına hansı diaqramlar daxidir? 18. Soyuduju tıskılın işi hansı diaqramla müəyyən edilir? 19. Doymuş maye və doymuş buxar sahəsi nejə təyin olunur?

XVII FƏSİL
**KOMPRESSORLU SOYUDUJU MAŞINLARIN
TSİKLƏRİ**

17.1. Hava soyuduju maşınları

İlk dəfə sənayedəsüni soyuğun alınması soyuduju agenti hava olan soyuduju maşınlarda yerinə yetirilmişdir.

Hava ilə işləyən kompressorlu soyuduju maşının iş prinsipi belədir. Soyudulan mühitdən 1 (şək.17.1) hava kompressor 2 ilə sorulur və adiabatik sıxılmadan sonra soyudujuya 3 yönəldilərək sabit təzyiqdə su ilə soyudulur. Sonra hava genişləndiriji silindrə 4 verilir və burada başlangıç təzyiqə qədər adiabatik genişlənmə prosesi nətijəsində faydalı iş görülür. Havanın temperaturu $-60^{\circ}\text{J} \dots -70^{\circ}\text{J}$ -yə kimi azalır və yenidən soyudulan mühitə qaytarılır.

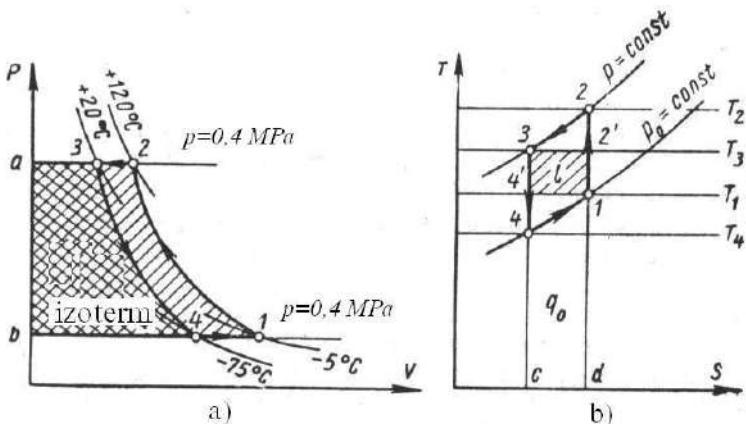


Şək. 17.1. Hava soyuduju maşının sxemi

Şəkil 17.2.-də hava ilə soyudulan maşının $V-p$ və $s-T$ koordinatlarda tsikli verilmişdir. 4-1 və 2-3 xətləri aşağı temperaturlu mənbədən işçi maddəyə istiliyin verilməsi və istiliyin yüksək temperaturlu mənbəyə ötürülməsi proseslərinin izobarlarını göstərir. 1-2 və 3-4 xətləri isə kompressor və

genişlendirilmiş silindrde adiabatik prosesleri ifade edir. Süni soyutma prosesi mexaniki iş sərfi hesabına yerinə yetirilir. $V-p$ -diaqramında 1-2-a-b-1 sahəsi kompressorda l_k - işinə, 3-4-b-a-3 sahəsi genişlendirilmiş silindrde geri verilən l_e işinə, 1-2-3-4-1 sahəsi ilə təyin edilən $l = l_k - l_e$ fərqi isə hava ilə soyudulan maşının iş sərfinə uyğundur.

Bu maşının çatışmayan jəhətləri $s-T$ diaqramında aşkar edilir. Burada soyuq mühitin 1 kq havasından ayrılan istilik miqdarı q_0 , yəni onun xüsusi soyutma məhsuldarlığı $j-4-1-d-j$ sahəsi ilə, yüksək temperaturlu mühitə (soyudulan suya) verilən q istilik miqdarı $d-2-3-j-d$ sahəsi ilə, hava maşınının tsiklini yerinə yetirmək üçün $l = q - q_0$ tələb olunan iş 1-2-3-4-1 sahəsi ilə ifadə olunur.



Şək. 17.2. Hava ilə soyudulan maşınların tsikli

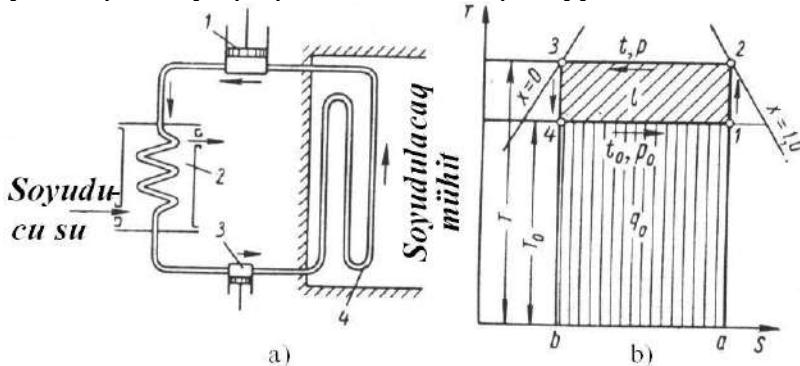
l işi soyudulan suyun T_3 və soyudulan mühitin T_1 temperaturuna müvafiq olan iki adiabatlı (1-2' və 3-4') və iki izotermli (2'-3 və 4'-1) əks Kärno tsiklinin işindən (1-2'-3-4'-1) xeyli çoxdur. Buna görə də hava maşınının nəzəri tsiklinin soyutma əmsalı əks Kärno tsiklinə nisbətən aşağıdır.

Hal-hazırda bir çox çatışmayan jəhətlərinə görə hava ilə işləyən porşenli soyuduğu maşından istifadə olunmur. Bir sıra hallarda, xüsusən təyyarələrdə havanın soyudulması üçün (kondisionerlərdə) hava ilə soyudulan turbokompressorlu soyuduğu

maşınlardan geniş istifadə edilir. Bunlar yüngül olmaqla yanaşı böyük həjmdə dövr edən havanı hərəkət etdirə bilir.

2.2. Kompressorlu buxar soyuduju машынлар

Kompressorlu buxar soyuduju машынинин üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onun iş tsikli əsasən doyma sahəsində – sərhəd əyri lərinin arasında gedir. Bu, prosesi Kärno tsiklinə yaxın yerinə yetirməyə imkan verir, çünki doyma sahəsində izobarlar izotermlərlə üst-üstə düşürlər. Kompressorlu buxar soyuduju машынин işçisi aşağıdakı kimi gedir. İşçi maddə tez qaynayan mayedir. Soyudulan yerə xüsusi borulu aparat – buxarlandırıcı yerləşdirilir, buraya işçi maddə tərkibində çoxlu maye olan nəm buxar şəklində verilir (şək. 17.3). Aparatda daimi təzyiqdə p_0 və uyğun aşağı temperaturda t_0 maye qaynayır, bunun üçün lazım olan istilik soyudulan mühitdən alınır. Qaynama nətijəsində alınan buxar buxarlandırıcıdan kompressora sorulur, sıxılır və kondensatora verilir və burada soyuduju su vasitəsi ilə sabit təzyiqdə p və uyğun temperaturda t kondensasiya edilir. Kondensatordan maye genişləndirici silindrə verilir, burada onun təzyiqi p -dən p_0 -a kimi azalır. Nətijədə maye yenidən buxarlandırıcıda aşağı temperaturda qaynamaq və soyuqluq istehsal etmək qabiliyyətinə malik olur.



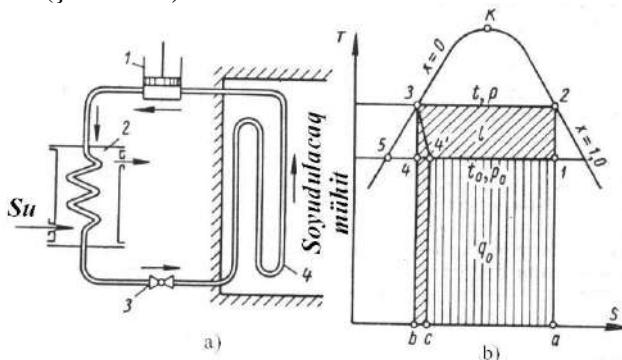
Şək. 17.3. Kompressorlu buxar soyuduju машынин (a) və doyma sahəsində Kärno tsiklinin sxemi (b):

1-kompressor; 2-kondensator; 3-genişləndirici silindr; 4-buxarlandırıcı

Maşında genişlendiriji silindr olduqda kompressorlu buxar soyuduju maşın əks Kärno tsikli ilə işləyir və iki izotermə (4-1 və 2-3, yəni buxarlandırıjıda və kondensatorda) və iki adiabatla (1-2 və 3-4, yəni kompressordə və genişlendiriji silindrde) təyin edilir.

Praktikada kompressorlu buxar soyuduju maşının işçi tsikli Kärno tsiklindən fərqlənir.

Genişlendiriji silindrde mayenin adiabatik genişlənməsi prosesi əvəzinə nizamlayıcı ventildə əzmə (drossellənmə) prosesi daxil edilir (şək. 17.4).



Şək. 17.4. Nizamlayıcı ventilli kompressorlu soyuduju maşın

a) sxem; b) işçi tsikl; 1-kompressor; 2-kondensator; 3-nizamlayıcı ventil; 4-buxarlandırıcı

Genişlendiriji silindrin nizamlayıcı ventillə dəyişdirilməsi vajibdir. Birinjisi, genişlendiriji silindrin ölçüləri kiçik olduğundan onun hazırlanması çətindir. Geniş yayılmış soyuduju agentlərdən (freon-12, ammonyak və s.) istifadə etdikdə adiabatik genişlənmə nəticəsində alınan iş çox az olur və bu işin çox hissəsi genişlendiriji silindrdeki mexaniki itkilər tərəfindən udulur. Nizamlayıcı ventil, prosesə heç bir dəyişiklik gətirmədən müxtəlif istismar şəraitində soyuduju maşının buxarlandırıjisına işçi maddənin verilməsini asan və sadə nizamlanmasına imkan verir. Nizamlayıcı ventilli buxar soyuduju maşın konstruktiv jəhətdən genişlendiriji silindrli soyuduju maşına nisbətən çox sadədir.

s-T- diaqramında drossellənmə prosesi sabit istilik tutumu

3-4' xətti ilə təyin edilir. Bu proses xariji mühitlə istilik mübadiləsi olmadan və heç bir iş görülmədən yerinə yetirilir.

Adiabatik genişlənmə əvəzinə mayenin drossellənməsindən istifadə etdikdə agentin soyutma məhsuldarlığı bir qədər azalır. Soyuqluq məhsuldarlığının Δq_0 itkisi $b-4-4'-j$ sahəsi ilə təyin edilir. İş sərfi də bu sahə qədər artır. Bir çox soyuduju agent üçün bu sahə 3-4-5-3 sahəsinə bərabərdir. Onun həjmi soyuduju agentin təbiətindən asılıdır. Nizamlayıcı ventilli maşınlarda ən çox itkilər ammonyakla işləyən maşınlarda olur.

Nizamlayıcı ventilli kompressorlu buxar soyuduju maşının tsiklində 1 kq soyuduju agentin q_0 soyutma məhsuldarlığı $j-4'-1-a-j$ sahəsi ilə, 1 iş sərfi 1-2-3-5-1 sahəsi ilə və ε soyutma əmsali işə müvafiq sahələrin nisbəti ilə təyin edilir. Nizamlayıcı ventilli soyuduju maşının xüsusi soyutma məhsuldarlığı Karno tsiklindəki qiymətindən azdır, sərf olunan xüsusi iş işə çoxdur, $\varepsilon < \varepsilon_k$. 3-4-5-3 sahəsi ilə təyin edilən iş sərfinin artması Δl sol sərhəd əyrisinin xarakterindən, yəni soyuduju agentin təbiətindən asılıdır.

Nizamlayıcı ventilli soyutmada işin nisbi artması

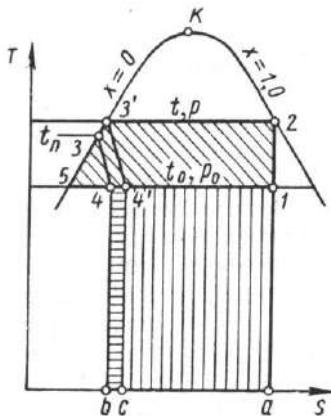
$$\frac{n\pi}{\pi} = \frac{\text{cauq } 3-4-5-3}{\text{cauq } 1-2-3-5-1}$$

agentin maye halında istilik tutumundan və onun buxarəmə-ləğətirmə istiliyindən asılıdır.

Kompressorlu buxar soyuduju maşının tsiklinin praktiki yeriňə yetirilməsində mayenin çox soyuması prosesi mühüm əhə-miyyət kəsb edir. Bu proses ondan ibarətdir ki, kondensatorda mayeləşdirilmiş soyuduju agent soyuq suyun təsirinə məruz qalır və təzyiqini dəyişmədən kondensasiya temperaturundan aşağı temperatura qədər soyudulur. Çox soyuma prosesi kondensatorun özündə (soyuduju agent və əks su axını olduqda) və həmçinin (böyük soyuduju qurğularда) xüsusi quraşdırılmış aparatlarda – çox soyudan qurğularda yerinə yetirilə bilər. $s-T$ -diaqramında bu proses 3'-3 sabit təzyiq xətti ilə göstərilmişdir (şək. 17.5).

Əlavə iş sərfi olmadan 1 kq agentin soyutma məhsuldarlığı $b-4-4'-j-b$ sahəsinə uyğun olaraq $i_{3'}-i_3=i_{4'}-i_4$ qiyməti qədər artır.

Kompressorlu buxar maşının göstərilən tsiklinin xarakteristik xüsusiyyəti kompressor vasitəsilə nəmlı buxarin sorulması və doyma sahəsində sıxılmasıdır, yəni kompressorun “nəm gedisi”dir.

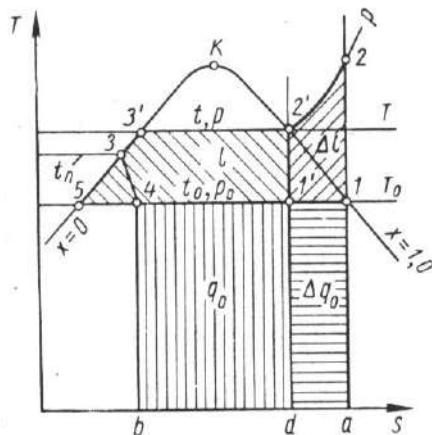


Şək. 17.5. Çox soyuma prosesli s-T-diaqramı

Praktiki şəraitdə kompressorun “quru gedisinə” üstünlük verilir. Kompressorun quru gedisini yerinə yetirmək üçün soyuduğu agentin buxarını buxarlandırıçıdan maye ayıran köməkçi aparata yönəldirlər. Burada buxar maye hissəjiklərindən ayrılır. Ayrılmış maye yenidən buxarlandırıçıya qayıdaraq orada soyuqluq təsiri göstərir, quru doymuş buxar isə kompressora verilir. Kompressor çox qızmış buxar sahəsində sovrulan buxarı sıxma adiabat (1-2) sabit təzyiq əyrisi (2'-2) ilə kəsişənə qədər sıxır, hansı ki, burada izoterm ilə üst-üstə düşmür (şək. 17.6 nöqtə 1). 2 nöqtəsi vəziyyətində buxar kondensatora verilir və burada əvvələjə doyma temperaturuna kimi (2-2' xətti) soyudulur, sonra sabit temperaturda kondensasiya edilir.

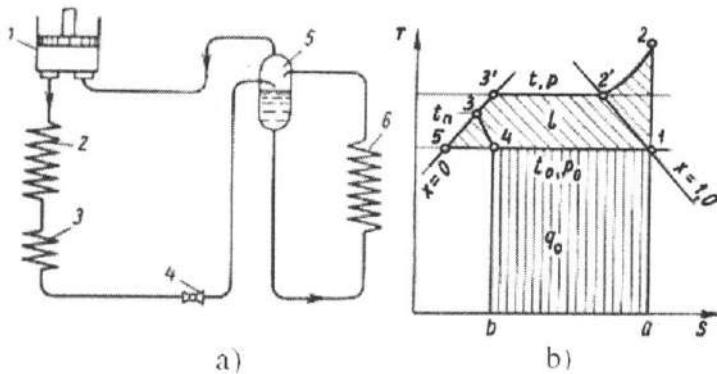
Kompressor “nəm gedişdən” “quru gedisə” keçdikdə bir tərəfdən $d-1'-1-a-d$ sahəsinin artması ilə xarakterizə olunan Δq_0 soyutma məhsuldarlığının artmasını, digər tərəfdən isə $1-2-2'-1'-1$ sahəsinin artması ilə xarakterizə edilən Δl iş sərfinin artmasını əldə edirik.

Quru gedişin əsas üstünlüyü – işçi maddə ilə kompressorun silindrinin divarları arasındaki istilikdəyişmə intensivliyinin xeyli azalmasıdır. Bundan başqa “quru gediş” “nəm gediş” zamanı kompressorun silindrində hidravlik zərbələr nətijəsində yaranan qəzaların qarşısını alır.



Şək. 17.6. Kompressorun nəm və quru gedişli diaqramı

Kompressorlu buxar soyuduju maşınının nəzəri işçi tsikli və onun *s-T* diaqrammı, qeyd edilən xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla şəkil 17.7-də verilmişdir.



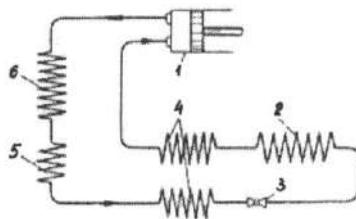
Şək. 17.7. Kompressorlu buxar soyuduju maşının nəzəri tsikli (a) və s-T diaqramı (b)

Tsikl 1-2-2'-3'-3-4-1 kontur xətti ilə təyin olunur. Tsiklin soyutma məhsuldarlığı sahələrin nisbəti ilə təyin edilir.

$$e_{ns3} = \frac{cau\# 4 - 1 - a - \delta - 4}{cau\# 1 - 2 - 2' - 3' - 5 - 1}.$$

Soyuduju agentin kondensasiya temperaturu soyudan suyun temperaturundan yuxarı, buxarlandırıjıda qaynama temperaturu isə soyudulan obyektin temperaturundan aşağı olur. Kondensator və buxarlandırıjıda temperatur hündüdünən artması eyni soyuqluq miqdalarının alınmasına sərf olunan işin artmasına götərib çıxarır.

Kompressorlu buxar soyuduju maşının tsikli əsas dörd elementin köməyi ilə yerinə yetirilir: buxarlandırıjı, kompressor, kondensator (çox soyudan qurğu daxil olmaqla) və nizamlayıcı ventil. Bunların hər birində müəyyən termodinamiki proses yerinə yetirilir. Bundan başqa soyuduju maşına maye ayıran, yağ ayıran, resiver, süzgəjlər, hava ayıranlar, nasoslar, ventilyatorlar və s. daxildir. Bəzi soyuduju agentlərdən istifadə etdikdə soyuduju agentin buxarları və maye soyuduju agent arasında istilikdəyişmə baş verərsə soyuduju maşının işi daha sərfəli olur (şək. 17.8).



Şək. 17.8. İstilikdəyişmə aparalı soyuduju maşının sxemi:

1- kompressor; 2-buxarlandırıjı; 3-nizamlayıcı ventil; 4-istilikdəyişdirici;
5-çox soyudan qurğu; 6-kondensator

Belə proseslərdə nizamlayıcı ventildə maye soyuduju agentin temperaturunun azalması nətijəsində drossellənmə itkiləri azalır. Bununla yanaşı sorulan buxarın çox qızması

nətijəsində kompressorda sıxılma işi artır.

Başqa soyudujularla müqayisədə kompressorlu buxar soyuduju maşınların böyük üstünlükleri var. Onlardan ən çox yayılanı - ammonyaklı və freonlu maşınlardır. Bunlar yüksək soyutma əmsalına, kiçik qabarit ölçülərinə və asan istismarına görə fərqlənirlər.

Yoxlama sualları

1. Kompressorlu soyuduju maşınlar hansı soyuduju agentlərlə işləyir?
2. Kompressorlu buxar soyuduju maşının hava ilə işləyən kompressorlu soyuduju maşınlardan üstünlüyü nədədir? 3. Kompressorlu buxar soyuduju maşının iş prinsipi nejədir? 4. Kompressorlu buxar soyuduju maşının tsiklinin xarakterik xüsusiyyətləri hansılardır? 5. Kompressorlu buxar soyuduju maşının tsikli hansı elementlərin köməyi ilə yerinə yetirilir?
6. Tsikl $s-T$ diaqramında nejə təyin edilir?

XVIII FƏSİL
**KOMPRESSORLU BUXAR SOYUDUJU
MAŞINLARDA İŞÇİ JİSİMLƏR**

18.1. Soyuduju agentlər

Soyuduju agent soyuduju maşinlarda əks dairəvi proses yaradır, nətijədə istilik soyudulan mühitdən daha yüksək temperaturlu mühitə – su və ya havaya ötürülür. Buxar soyuduju maşinlarda istilik soyudulan mühitdən alınaraq soyuduju agentin aşağı temperaturunda və onun kondensasiyasında ətraf mühitə ötürülür.

Soyuduju agentlər termodinamiki, fiziki-kimyəvi, fiziologici və başqa xüsusiyyətlərə malikdir.

18.1.1. Soyuduju agentlərə olan əsas tələblər və termodinamiki xüsusiyyətlər. Soyuduju agentlərin termodinamiki xüsusiyyətlərinə normal qaynama temperaturu ($760 \text{ mm.j.süt} = 0,10133 \text{ MPa}$ olduqda), buxarlandırıcı və kondensatorda təzyiq, buxar əmələgəlmə istiliyi, nisbi həjmi soyutma məhsuldarlığı, donma temperaturu, böhran temperaturu daxildir.

Normal qaynama temperaturu. Soyuduju agentin bu temperaturu aşağı olmalıdır. Bu da soyuduju maşınların buxarlandırışında vakuumun yaranmasına imkan vermir. Vakuumda sistemə hava və maye keçə bilər ki, bu da maşının işini pisləşdirər.

Kondensatorda təzyiq. Kondensatorun su və ya hava ilə soyudulmasında təzyiq həddindən artıq yüksək olmamalıdır. Bu zaman soyuduju agentin qeyri kipliyindən keçən itki təhlükəsi də azalır. İstifadə edilən orta soyudan maşinlarda soyuduju agentlər üçün təzyiq kondensatorda 2 MPa -dan çox olmamalıdır.

Buxar əmələgəlmə temperaturu. Buxar əmələgəlmə istiliyi və ondan asılı olaraq 1 kq soyuduju agentin q_0 (kJoul/kq) soyutma məhsuldarlığı xeyli çox olmalıdır ki, onda soyuduju agentin $M=Q_0q_0$ az kütləsi maşında dövr etsin. Bu tələbat istifadə edilən kiçik porşenli soyuduju maşinlara aid deyil, belə

ki, soyuduju agentin böyük məhsuldarlığında soyuduju agentin jüzi miqdarı dövr edejəkdir ki, bu da avtomatiki nizamlamanı çətinləşdirir.

Həjmi soyutma məhsuldarlığı. Soyuduju agentin əsas xüsusiyyətlərindən biri – 1 m^3 buxarin buxarlandırıjıdan kompressorla sorulması q_v (Joulm^3) həjmi soyutma məhsuldarlığıdır. Soyudulan mühitdən qaynayan soyuduju agentin ötürülməsində buxarlandırıjıda buxar əmələ gelir. Həjmi soyutma məhsuldarlığına q_v tələblər soyuduju maşınların tipindən asılıdır. Agentin həjmi soyutma məhsuldarlığı q_v porşenli kompressorlu maşınlar üçün mümkün qədər böyük olmalıdır, belə ki, bu vaxt kompressorla sorulan buxarin həjmi $V=M_{vI}=Q_0 q_0$ və uyğun olaraq kompressorun silindrlerinin ölçüləri azalır. Bu tələbat istifadə edilən kiçik porşenli soyuduju maşınların soyuduju agentləri üçün yararsız olub, yayılmır, belə ki, böyük həjmi soyutma o qədər kiçilir ki, bunun da yerinə yetirilməsi çətinləşir. Kiçik həjmi soyutma məhsuldarlığı ilə xarakterizə olunan soyuduju agent, elejə də böyük həjmi soyutmada qənaətjil işləyən böyük kompressorlu soyuduju maşın üçün yararlıdır.

Böhran temperaturu. Bu temperatur istənilən qədər yüksək olmalıdır ki, ətraf mühitin temperaturundan mayeləşmə prosesi yarana bilsin və maşının daha qənaətjil işini təmin etsin. Böhran nöqtəyə yaxınlaşdıqda buxar əmələgəlmə istiliyi və 1 kq soyuduju agentin soyutma məhsuldarlığı azalır, soyuduju maşınların tsiklində iş sərfi və drossellənmədə itki artır.

18.1.2. Fiziki-kimyəvi xüsusiyyət. Agentlərin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə bərklik və plastiklik, istilikkeçirmə və istilikvermə, yağda və suda həll olma, axıjlıq, metallara təsiri, kimyəvi dayanıqlığı (bərkliyi) və b. daxildir.

Soyuduju agentin bərklik və plastikliyi mümkün qədər böyük olmur, ona görə ki, bu şəraitdə sistemə görə soyuduju agentin hərəkət müqaviməti aşağı düşür və uyğun olaraq təzyiq itkisi azalır.

Bu xüsusiyyət istilikkeçirmə və istilikvermə əmsalları ilə xarakterizə olunur, onların qiyməti mümkün qədər böyük

olmalıdır. Bu da istilikdəyişmə aparatlarının (buxarlandırıcı, kondensator) işini yaxşılaşdırır, nətijədə istilikvermənin intensivliyi yüksəlir.

Əgər soyuduju agent yağıda həll olunmursa (ərimirsə), onda kompressorun silindrindən yağıın verilməsi azalır, buxarlandırıcıda köpük əmələ gəlir, sabit təzyiqdə qaynama temperaturu dəyişmir, bu zaman yağıda həll olan soyuduju agentin qaynama temperaturu onun kondensasiyasından asılı olur. İstilikdəyişmə aparatında soyuduju agentlə düşən yağı hərdən səthdə çökür və istilikkeçirməni pisləşdirir.

Əgər soyuduju agent yağıda həll olarsa, onda kompressorun yağlanması üçün əlverişli şərait yaranır, belə ki, kondensator və istilik buxarlandırıcıda istilikdəyişmə üçün soyuduju agentlə yağı çətin keçən yerə keçir və bunun nətijəsində istilikkeçirən səthdən yağı layı (təbəqəsi) təmiz yuyulur. Soyuduju agentin suda az həll olunması mənfi xüsusiyyət adlanır. Nəmliyin sistemə düşməsində o dona bilər, buz yığını yaradar və soyuduju agentin dövr etməsini pozar.

Soyuduju agent metallarda qəbul edilən metal və başqa materiallara münasibətə görə kimyəvi ətalətli olmalıdır. Soyuduju agent alışqan, partlayış təhlükəli olmamalıdır, aşağı və yuxarı temperaturda parçalanmamalıdır.

18.1.3. Fizioloci xüsusiyyət. Soyuduju agent insanların sağlamlığı üçün təhlükəli olmamalıdır və ərzaq məhsullarının keyfiyyətinə mənfi təsir göstərməməlidir. Soyuduju agentin qiyməti yüksək olmamalıdır.

İndiki vaxtda elə bir soyuduju agent yoxdur ki, soyutma texnikasının bütün tələblərinə javab versin. Ona görə də soyuduju agentin seçilməsində maşınların iş şəraitini və konstruktiv xüsusiyyətlərini mütləq nəzərə almaq lazımdır.

18.2. Soyuduju agentlərin əsas xassələri

İstifadə edilən soyuduju agentlərə ammonyak NH_3 , freonlar (xlorftor qarışqlı karbon anhidridi), karbon qazları, sular, hava və başqları aiddir. Bir neçə soyuduju agentlərin fiziki

xüsusiyyəti və onların şərti işarələri jədvəl 18.1-də verilmişdir.

Hal-hazırda daha geniş yayılmış soyuduju agentlərə ammonyak NH_3 və freonlar daxildir.

Freonlar – karbon anhidridi (kimyəvi birləşmə) hansı ki, hidrogen tam və ya hissə – hissə ftoru və xloru əvəz edir (xüsusi hallarda bromu). Bunlardan bir neçəsi satılmaq üçün “xladonlar” adlanır, 1930-ju ildən istifadə olunur.

Jədvəl 18.1

Soyuduju agentlərin fiziki xüsusiyyətləri

Soyuduju agent	Simvolik şərti işarələr	Kimyəvi forması	Molekulyar kütləsi	760 mm, j.st-da normal qaynama temperaturu, °J	Böhran temperaturu, °J	Böhran təzyiqi, MPa	Donma temperaturu, °J
Su	R718	H_2O	18,16	+100	374,15	22,11	0,1
Ammonyak	R717	NH_3	17,03	-33,3	132,4	11,28	-77,7
Karbon qazı	R744	CO_2	44,1	-78,9	31,0	7,36	-56,6
Xlormetil	-	$JHJl_3$	50,42	-23,74	143,1	6,68	-97,6
Freon-11	R11	$JFJl_3$	137,39	+23,7	198,0	4,37	-111,0
Xladon-12 (freon-12)	R12	JF_2Jl_2	120,92	-29,8	112,0	4,11	-155,0
Freon-13	R13	JF_3Jl	104,47	-81,5	28,78	3,85	-180,0
Xladon-22 (freon-22)	R22	JHF_2Jl	86,48	-40,8	96,0	4,13	-160,0
Freon-113	R113	$J_2F_3Jl_3$	187,37	+47,6	214,1	3,41	-36,6
Freon-142	R142	$J_2H_3F_2Jl$	100,48	-9,21	137,1	3,92	130,8
Freon-13B1	R13B1	JF_3B_2	148,88	-57,8	67,0	6,56	-143,2
Xladon-502 (freon-502)	R502	JHF_2Jl J_2F_5Jl	111,64	-45,6	90,1	4,1	-

Qeyd: R – refrigerant, yəni soyuduju agent deməkdir.

Freonların (xladonların) yaranmasında ilkin karbon anhidridinə metan JH_4 , etan J_2H_6 , propan J_3H_8 və butan J_4H_{10} daxildir. Freonların xüsusiyyətləri onlarda ftorun, xlorun və hidrogenin

atomlarının saxlanmasından asılıdır. Qısaja olaraq freonlar rəqəmlə ifadə olunur.

Metandan alınmış freonlar (xladonlar) iki rəqəmlə işaret olunur, bunlardan birinci – vahid, ikinci isə birləşmədə fторun atomlarının sayını ifadə edir. Məsələn, freon-11 – JFJ_3 , xladon (freon)-12 – JF_2J_2 , freon-13 – JFJ_3 . Əgər metanda törəyən hidrogen tam çıxmırsa, birləşmədə nə qədər hidrogen atomu qalırsa, bir o qədər vahid birinci rəqəmə əlavə edilir (üstə gəlinir). Məsələn, xladon (freon)-22 - JHF_2J_1 , freon-31 – JH_2FJ_1 .

Başqa karbon anhidridindən alınmış freonlar üç rəqəmlə ifadə olunur. Axırınçı rəqəm fтор atomlarının sayını göstərir. Birinci iki rəqəm birləşmə üçün etandan 11 (freon-113 – $J_2F_3J_3$), metandan-21, butandan-31 qəbul olunmuşdur.

Xlor atomlarının brom atomları ilə əvəz edilməsində freon-13B1 işaretisi istifadə edilir. Axırınçı rəqəm birləşmədə brom atomlarının sayını ifadə edir.

Beynəlxalq standartlarda bütün soyuduju agentlərin işaretləri simvolik olaraq R kimi qəbul olunmuşdur və (xladagent) sözündən götürülmüşdür (ingilis dilində Refrigerant), belə ki, xladon (freon)-12 beynəlxalq standartlara görə R12, xladon (freon)-22 – R22, freon-13B1 – R13B1 kimi ifadə olunur. Soyuduju agentlərin ifadələrində son iki rəqəmlər müvafiq olaraq onların molekulyar kütləsi ilə qeyri-üzvi birləşməni göstərir (ammoniyak R717, su R718, karbon qazı R744).

18.3. Ammoniyak və freonların istismar xüsusiyyətləri

Ammoniyak (R717) rəngsiz qaz olub kəskin iylidir. Yaxşı termodinamiki xüsusiyyətlərə malikdir. Amonyakın normal qaynama temperaturu $-33,3^{\circ}\text{J}$ -dir. Adı iş şəraitində buxarlaşdırılmışda təzyiq atmosfer təzyiqindən yüksək, qaynama temperaturunda vakuum isə $-33,3^{\circ}\text{J}$ -dən aşağı tələb olunur. Kondensatorda suyun soyudulmasında təzyiq $0,8\dots1,3\text{ MPa}$ -dır. Soyuduju agent kimi 1874-jü ildən istifadə olunur.

Ammoniyakın nisbətən böyük həjmi soyutma məhsuldarlığı kompressora daxil olan soyuduju agentin jüzi həjmindən asılı olur. Buna görə də ammoniyak maşınları yığjamdır.

Ammoniyak yağıda həll olmur, anjaq suda intensiv udularaq hopur. Qeyri kiplikdən keçən ammoniyakin azalmasında onu iyə görə asan müəyyənləşdirmək olur. Ammoniyakin axması (itməsi) xüsusi məhlul hopdurulmuş indikator ilə təyin edilir. İşlədilmədən qabaq kağız silinir və hardan ammoniyak axırsa ora yaxınlaşdırılır. Ammoniyakin artması ilə havada kağızin rəngi moruq rəngi alır. Qara metallarla (çuqun, polad) ammoniyak reaksiyaya girmir, nəmliyin əmələ gəlməsində isə sink, mis və onun xəlitəsini yeyir. Ona görə də ammoniyakla işləyən maşınların hissələri mis və onun xəlitəsindən olmalıdır.

Ammoniyak mühitinin çatışmamazlıqları insan orqanizminə mənfi təsir göstərməsidir. O kəskin xarakterli iyə malik olub, göz giləsini, mədəni, nəfəs yollarını qızışdırır və nəfəs orqanlarında ağrı, dəridə yanış əmələ getirir. Həjmi konsentrasiya 0,0005% olduqda havada onun artması hiss olunur. Əgər havada ammoniyak həjmə görə 0,5%-dən artıq olarsa, onda arasıksilmədən daxil olması zamanı zəhərlənmə ola bilər. Uyğun DÜİST-ə görə ammoniyakin qatılığı iş zonalarının, istehsalat sahələrinin havasında 0,02 m³/dir. Ammoniyak alışandır. O havada pis, oksigendə isə yaxşı yanır. Əgər havada ammoniyak 16...26,8% miqdarda həjmi tutursa və açıq alov olarsa, bu zaman partlayış ola bilər, qatılıq 22% olduqda isə daha güjlü partlayış olur.

Qazşəkilli ammoniyak havadan yüngüldür. Maye ammoniyak elektrik energisinin keçirijisidir. Ammoniyak əlverişli və ujuz soyuduju agentdir. Onun qaynama temperaturu -70°C-yə qədər və kondensasiyası 50%-də iş üçün seçilmiş porşenli kompressorlu və borukompressorlu, orta və iri soyuduju maşınlarda istifadə edilir.

Ammoniyakla işləyən soyuduju maşınlara xidmət zamanı təhlükəsizlik qaydalarına jiddi riayət etmək tələb olunur. Kiçik maşınlarda və elejə də kiçik ölçülü kompressorlarda ammoniyakin zəhərli və partlayış təhlükəsi olduğuna görə ondan istifadə edilmir.

18.3.1. Xladon-12 (R12) diftordixlormetan. Zəif iyi təsirsiz qaz, havadan xeyli ağırdır. Ən az zərərli agentlərdən

biridir. Normal qaynama temperaturu $-29,8^{\circ}\text{J}$ -dir. Kondensatorda təzyiq $1\dots1,2$ MPa, tropik iqlim zonasında onu istifadə etdikdə isə $1,3\dots1,5$ MPa olur.

Xladon12-nin hejmi soyutma məhsuldarlığı azdır, ona görə də R12-də işləyən kompressorun ölçüləri eyni soyutma məhsuldarlığında ammonyakdan təxminən 1,3 dəfə çoxdur.

Xladon-12-də daha çox sixılma onun dövr etməsində təzyiqliq böyük itkisinə səbəb olur, itkinin aşağı düşməsi üçün Xladon-12-nin hərəkət sürəti ammonyakin hərəkət sürəti ilə müqayisədə $2\dots2,5$ dəfə azalır, klapanların en kəsiyindən və ötürüyü boruların diametrindən keçərək onun sahələrinin artmasına səbəb olur. Xladon-12 və yaq qarşılıqlı həll olunurlar. Burada yaqın plastikliyi kəskin azalır. Etibarlı yağlama üçün DÜİST-in tələblərinə javab verən xüsusi plastik (özül) yaq istifadə olunur. Aşağı temperaturda ($-40\dots-50^{\circ}\text{J}$) hərdən Xladon-12-dən yaqın tökülməsi baş vera bilər.

Nəmlik olmadıqda maşınqayırmada istifadə edilən bütün metallara qarşı Xladon-12 neytraldır. Maye halda o maşın-aparatların daxili səthindən oksidi, pası, qumu yumaq qabiliyyətinə malik olub və müxtəlif üzvi maddələri həll edir (məsələn, adi rezini). Ona görə də R12 soyuduju agenti ilə işləyən soyuduju maşınlarda yalnız xladona davamlı rezinlərdən istifadə edilir. Ammonyakla müqayisədə Xladon-12 demək olar ki, suyu həll etmir. Həll olunmayan su soyuduju qurğularda, hətta jüzi miqdarda korroziya əmələ gətirir ki, bunlar dar keçidləri doldurur. Bunlara bütövlükdə daha çox drossel qurğularında rast gəlinir.

Kimya sənayesində Xladon-12 iki növdə buraxılır: 1) açıq kompressorlu soyuduju maşınlar üçün; 2) ev soyudujuları və germetik maşınlar üçün. Xladon-12 ilə işləyən maşınlarda nəmliyin kütlə payı $0,0025\%-dən$; ev soyudujuları və germetik maşınlar üçün- $0,0004\%-dən$ artıq olmamalıdır.

Xladon-12 çox axıjılıq qabiliyyətinə malikdir. O hava və ammonyak keçə bilməyən xırda boşluqlardan belə keçmək qabiliyyətinə malikdir. Xladonun axması çətin hiss olunur, belə ki, o çox zəif iyə malikdir. İyə o zaman hiss olunur ki, yalnız $20\%-dən$ çox olan havada xladon saxlanmış olsun. Xladonların

axma yeri haloid lampalarının və ya elektrik jərəyanı axtaranların köməyi ilə, eləjə də səthə yağ sürtməklə təyin edilir. Xladon elektrik jərəyanını keçirmir.

Xladon-12-nin istilikvermə əmsali ammonyakdan aşağıdır. Xladonun qiyməti ammonyakin qiyməti ilə müqayisədə xeyli yüksəkdir.

Xladon-12-nin üstünlüyü nisbətən zərərsizlidir, belə ki, anjaq onu həjmə görə 30%-dən yuxarı havada saxladıqda oksigenin çatışmamazlığından orqanizmin zəhərlənməsi əlamətləri əmələ gelir. Xladon-12 alışmir, hava ilə qarışığında alovlanmir və partlamır, anjaq 400°J-dən yuxarı temperaturda dağılır və nətijədə xlorlu fторlu hidrogen, eləjə də zəhərləyiji qaz yaranır. Ona görə də R12 ilə işləyən soyuduju maşınların yerləşdiyi maşın şöbələrində papiroş çəkmək və elektrik qızdırıcı avadanlıqların quraşdırılması qadağan edilir. Xladonun buxarı ərzaq məhsullarının rənginə və tamına təsir etmir.

Xladon-12 qaynama temperaturu -30°J və kondensasiyası 70°J-yə qədər olan soyuduju maşınlarda geniş qəbul edilir. O kiçik və orta soyuduju qurğularda geniş yayılaraq, böyük məhsuldarlıqlı qurğularda istifadə edilir.

18.3.2. Xladon-22 (R22) diftorxlormetan. Bu qazın fizioloji xüsusiyyətləri Xladon-12-nin fizioloji xüsusiyyətləri ilə təxminən eynidir, termodynamiki xüsusiyyətləri isə ammonyakin termodynamiki xüsusiyyəti kimidir. Xladon-22-nin normal qaynama temperaturu -40,8°J-dir. Xladon-22-də suyun həll olunması Xladon-12-də həll olunmasına nisbətən bir qədər çoxdur. Xladon-22-nin yağıla qarşılıqlı qeyri-üzvi həlli yalnız istənilən yüksək temperaturlarda ola bilər. Temperaturun -10...20°J-yə qədər düşməsində yağ töküle bilər.

Xladon-22-nin istilikvermə əmsali, Xladon-12-nin istilikvermə əmsalından 25-30% yuxarıdır, ona görə də istilikdəyişdirici aparatlarının ölçüləri kiçikdir.

Xladon-22 boşluqdan asan keçir. Nəmlik olmadıqda metallara qarşı neytraldır. Partlayış təhlükəli və alışqan deyil, metal iştirak etdikdə 550°J temperaturda dağılmağa başlayır. Xladon-12 ilə müqayisədə Xladon-22 elektrik jərəyanını keçirir.

İşçi təzyiqinə görə Xladon-22-nin həjmi soyutma məhsuldarlığı ammonyaka yaxındır.

Xladon-22 aşağı temperaturlu qaynama temperaturu -70°J -yə və kondensasiyası 50°J -yə qədər olan soyuduju qurğularda, eləcə də kiçik hava kondisioneri qurğularında istifadə edilməsi məsləhət bilinir.

18.3.3. Soyuduju agent R502. Soyuduju agent azeotrop məhluldur, yəni qaynama və kondensasiya etdikdə komponentlərin kütlə payı demək olar ki, dəyişmir. R22 kütlə payı 48,8%, amma R115 - 51,2%-ə qədər olur. Soyuduju agent partlayış təhlükəli deyil, az zəhərlidir, metallarla reaksiyaya girmir. R502 yağlarda qatışması, qaynamada və kondensasiyada istilikvermə əmsalı R22-nin müvafiq qiymətlərinə yaxındır. R502-nin xarakterik xüsusiyyəti suda az həll olunmasıdır. Havada buraxıla bilən qatlılığı 3000 mqm^3 -dir. Onun həjmi soyutma məhsuldarlığı R22-dən yuxarıdır, təzyiqlə doldurma temperaturu isə R22-dən 20°J azdır. Bu da germetik soyuduju kompressorun istismarında elektrik mühərrikinin sarğı temperaturuna müsbət təsir edir. R502 aşağı temperaturlu kompressorlu soyuduju qurğularında istifadə olunur.

18.3.4. Soyuduju agent R11. Bu soyuduju agent ftortri-klormetan, ağır qazdır, havadan 4,74 dəfə ağırdır, insan orqanizmi üçün zərərsizdir. Partlayış təhlükəli deyil, mineral yağlarda həll olunur. Suda R11 həll olunmur, nəmliyin buraxıla bilən kütlə payı 0,0025%-dir. Susuzlaşdırılmış soyuduju agent bütün metallara qarşı neytraldır, istisna olaraq yalnız tərkibində 20% maqnezium olan ərimələrdir. R11-in həjmi soyutma məhsuldarlığı azdır, o qaynama temperaturu -20°J -yə qədər olan soyuduju maşınlarda istifadə olunur.

18.4. Ozon təhlükəsi olmayan soyuduju agentlər

Son illər bir çox ölkələr tərəfindən ozon təhlükəsi olmayan soyuduju agentlərin hazırlanmasına diqqət yetirilir.

1987-ci ildə Montreal protokoluna əsasən ozon təbəqəsini

parçalayan maddələrin hazırlanmasına və istifadəsinə qadağalar qoymuşdur. 1988-ci ilin martında “Du Pont” firması halogenləşmiş freonların (JFJ) hazırlanmasının tam dayandırılması haqqında elan vermişdir.

Protokol 1 yanvar 1989-jü ildən qüvvəyə minmişdir. Həmin protokolu 127 ölkə qəbul etmişdir. 1990-ci ilin iyun ayında London konfransında inkişaf etmiş ölkələr tərəfindən bütün növ freonların istifadəsinin 2000-ci ilə qədər dayandırılması haqqında qərar qəbul edilmişdir.

Kopenhagendə 1992-ci ilin noyabr ayında isə Beynəlxalq Müşavirədə Montreal protokolu iştirakçıları tərəfindən ozon təhlükəsi olan R11, R12 və R502 soyuduju agentlərin istehsalının dayandırılması barədə qərar qəbul edilmişdir.

Ozon təbəqəsini parçalayan maddələrə soyudujuluq texnikasında geniş yayılan soyuduju agentlər daxildir. Onların ozon təbəqəsini parçalama aktivliyi molekullarda xlor atomunun olması ilə təyin edilir və JO_2 -yə nisbətən ozon parçalama potensialı (ODP – Ozon Depletion Potential) və “parnik effekti” potensialı (GWP – Global Warming Potensial) ilə qiymətləndirilir (jədvəl 18.2).

Soyuduju agentlər ozon parçalama aktivliyinə görə iki qrupa bölünür:

- ozon parçalayan yüksək aktivlikli soyuduju agentlər ($ODP \geq 1,0$) – xlorftorkarbonlardır (JFJ): R11, R12, R13, R113, R114, R115, R502, R503, R12B1, R13B1. Kaliforniya Universitetinin alimi Mario Molin 1974-jü ildə qeyd etmişdir ki, xlor oksidinin molekulu və xlor atomu ozon təbəqəsinin parçalanmasına gətirib çıxaran güjlü katalizatorlardır. Xlor molekulunun stratosferə çatması 1-2 il çəkir. Bura yalnız kimyəvi jəhətdən stabil molekullar çatır. JFJ molekulları da stabil molekullara daxildir. Stratosferə çatan bir xlor molekulu on mindən yüz minə kimi ozon molekullarını parçalamağa malikdir;

- ozon parçalayan aşağı aktivlikli soyuduju agentlər ($ODP < 0,1$) – hidrox xlorftorkarbonlardır (HJFJ): R21, R22, R141b, R123, R124.

Tərkibində xlor atomu olmayan (ftorkarbonlar FJ, bütün so-

yuduju agentlər hidroftorkarbonlar *HFJ*, karbohidrogenlər *HJ* ozon təhlükəli deyil (*ODP=0*). Bunlara R134, R134a, R152a, R143a, R125, R32, R23, R218, R116, RJ318, R290, R600, R600a, R717 aiddir.

Jədvəl 18.2

Soyuduju agentlərin ekoloji xarakteristikaları

Soyuduju agent		Qayna-ma tem-peratu-ru, °J	Ekoloji qiymətləndirmə parametrləri			Zəhərli olması	Yan-ması
Tipi	Markası		ODP	HGWP	GWP		
JFJ	R12	-29,8	1,0	3,0	8500	yox	yox
	R502 (R22R115)	-45,6	0,33	3,75	4300	yox	yox
HJFJ	R22	-40,8	0,05	0,34	1500	yox	yox
	MR39 (R401A)	-33,1	0,03	0,22	1400	yox	yox
	HP81 (R402B)	-47,4	0,03	0,52	2240	yox	yox
	HP80 (R402A)	-49,2	0,02	0,63	2570	yox	yox
	MP66 (R401B)	-34,7	0,04	0,24	1200	yox	yox
HFJ	R134A	-26,5	0	0,28	1300	yox	yox
	HP62 (R404A)	-47	0	1,0	3750	yox	yox
	KLEA60	-45-ə yaxın	0	0,415-ə yaxın	2000-ə yaxın	yox	yox
	Ammonyak (R717)	-33,4	0	0	0	hə	hə

Qeyd: HGWP-*JO₂* nisbətən 100 il vaxt müddətində qəbul edilmişdir (Halojarlon Global Warminq Potensial).

Yoxlama sualları

1. Soyuduju agentlərə hansı tələblər var? 2. Soyuduju agentlərin termo-dinamiki xüsusiyyətləri hansılardır? 3. Həjimi soyutma məhsuldarlığı nəyə deyilir? 4. Soyuduju agentlərin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə nələr daxildir? 5. Fizioloji xüsusiyyətlər hansılardır? 6. Hansı kimyəvi birləşmələr freon adlanır? 7. Freonlar nejə işarə olunur və onlar hansılardır? 8. Freonların istismar xüsusiyyətləri hansılardır və bir-birindən nə ilə fərqlənirlər? 9. Ammonyakin istismar xüsusiyyətləri hansılardır? 10. Ammonyak və freonların hansı fərqli jəhətləri var? 11. Ammonyak və freonlar hansı temperatur hündüdündə istifadə edilir? 12. Ammonyak və freonların ozon təbəqəsinə təsiri. 13. Ozon təhlükəsi olmayan soyuduju agentlər hansılardır? 14. Soyuduju agentlər ozon təbəqəsini parçalama aktivliyinə görə hansı qruplara bölünür? 15. Ozon təbəqəsini parçalama aktivliyi soyuduju agentlərin tərkibində hansı maddənin olması ilə təyin edi-

lir?

XIX FƏSİL
**KOMPRESSORLU BUXAR SOYUDUJU MAŞININ
 NƏZƏRİ İŞÇİ TSİKLİNİN HESABATI**

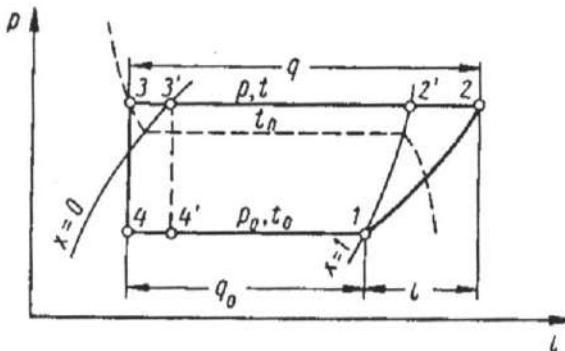
19.1. Tsiklin verilən işçi parametrlərlə qurulması

Kompressorlu buxar soyuduju maşının nəzəri işçi tsiklinin hesabatı üçün aşağıdakı temperaturları bilmək lazımdır: buxar-landırıjıda soyuduju agentin qaynama temperaturu t_0 , nizamlayıcı ventildən əvvəl mayenin kondensasiya t və çox soyuma t_n temperaturu.

Soyuduju agentlə bilavasitə soyutmada qaynama temperaturu t_0 soyudulan kameraların havasının temperaturundan $8\text{--}10^{\circ}\text{C}$ aşağı olur. Kondensasiya temperaturu kondensatora verilən suyun temperaturundan $8\text{...}10^{\circ}\text{C}$, çox soyuma teperatur isə verilən suyun temperaturundan $3\text{...}4^{\circ}\text{C}$ yuxarı olmalıdır.

Əsas temperaturları qeyd edərək nəzəri tsikli qurmaq və hesablaması olar, yəni 1 kq soyuduju agentin nəzəri soyutma məhsuldarlığını təyin etmək olar.

Hesabatlar üçün ən məqsədə uyğun $i-p$ -diaqramıdır (şək. 19.1). Bu diaqramda absis oxunda entalpiya i , ordinat oxunda isə mütləq təzyiq p verilir.



**Şək. 19.1. Kompressorlu buxar soyuduju maşının
i-p - diaqramında nəzəri tsikli**

Soyuduju maşının nəzəri işçi tsikli $i-p$ -diaqramında aşağıdakı kimi qurulur. Verilmiş qaynama temperaturu t_0 və ona

uyğun olan p_0 təzyiqi ilə sağ sərhəd əyrisində kompressorun girişində (quru doymuş buxar) soyuduju agentin halını təyin edən 1 nöqtəsini tapırıq. Kompressorda sıxılma adiabat üzrə yerinə yetirilir. 1 nöqtəsindən çox doymuş buxar sahəsində (əyri) verilən kondensasiya temperaturuna müvafiq p izobarı ilə kəsişənə kimi adiabat xəttini çəkirik. Alınmış nöqtə kompressorun çıxışında soyuduju agentin halını təyin edir. Kondensatorda proses sabit təzyiqdə gedir və diaqramda 2-3 üfiqi xətlə verilir. 2-2' sahəsində çox qızmış buxarın kondensasiya temperaturuna (t) kimi soyuması baş verir, soyuduju agent kondensasiya edir (2'-3' xətti) və sonra kondensasiya temperaturuna nisbətən daha çox soyuyur (3'-3 xətti).

3 nöqtəsi soyuduju agentin nizamlayıcı ventildən əvvəl halını xarakterize edir. O p izobarının maye sahəsində t_n izotermi ilə kəsişməsilə təyin edilir. Məlum olduğu kimi, drossellənmə prosesində xariji işin olması və xariji mühitlə istilik mübadiləsi baş vermir. Diaqramda bu 3-4 şaquli xətti ilə verilir $i=jonst$ ($i_3=i_4$). Beləliklə, $i-p$ -diaqramında kompressorda sıxma prosesindən başqa nəzəri işçi tsiklin bütün prosesləri düz xətlərlə göstərilir. Əsas hesabat kəmiyyətləri absis oxunda olan kəsiklərlə ölçülür.

19.2. Tsiklin hesabatı

Diaqlamlardan istifadə edərək (şək. 17.7 və şək. 19.1) nəzəri işçi tsikli hesablayırıq.

1 kq agentin soyutma məhsuldarlığı 1 və 4 nöqtələrində olan entalpiyalar fərqli nəzərdə tutulmalıdır:

$$\varrho_0 = \dot{u} - \dot{u}_0, \kappa \dot{B}oy \mathcal{N} / \kappa . \quad (19.1)$$

Entalpiya diaqramında soyutma məhsuldarlığı 4-1 izobarı ilə verilir. Çox soyuma olmadıqda o 4-4' kəsiyi qədər az olardı, yəni 4'-1 xətti ilə təyin edilərdi.

Kompressorda 1 kq agentin adiabat sıxılmasına sərf olunan nəzəri iş 2 və 1 nöqtələrində entalpiya fərqi ilə təyin edilir.

$$\pi = \dot{u}_2 - \dot{u}_1, \kappa \dot{B}oy \mathcal{N} / \kappa . \quad (19.2)$$

Qrafiki olaraq $i-p$ -diaqramında 1 işinə 1-2 adiabatının absis

oxuna proyeksiyası uyğun gelir.

Kondensatorda 1 kq soyuduju agentin su və ya havaya verdiyi istilik (izobar 2-3) $q=q_0+l$ kJoulkq kimi olur. Bu soyuduju agentin 2 və 3 nöqtələrində entalpiyalar fərqi kimi də təyin edilə bilər:

$$\varepsilon = u_2 - u_1, \text{ kJoy/l/kz} \quad (19.3)$$

i-p- diaqramında bu istilik 2-3 kəsiyi ilə ifadə edilir.

Aşağıdakıları hesablayırıq:

a) Tsiklin soyutma əmsalını

$$\varepsilon_n = \frac{q_0}{l} \quad (19.4)$$

b) 1 saat ərzində kompressorla sorulan soyuduju agentin miqdarı (dövr edən soyuduju agentin saatlıq miqdarı)

$$\mathcal{E} = 3,6 \cdot \frac{\Gamma_0}{\varepsilon_0}, \text{ kz/caan}, \quad (19.5)$$

burada Q_0 - maşının verilmiş soyutma məhsuldarlığı, Vt
(1 Vt=0,86 kkalsaat).

j) 1 saat ərzində kompressorla sorulan buxarın həjmi

$$B = \mathcal{E} \varepsilon_1, \text{ m}^3/\text{caan} \quad (19.6)$$

və ya (4.5) tənliyini nəzərə alsaq

$$B = 3,6 \frac{\Gamma_0}{\varepsilon_0} \varepsilon_1 = 3,6 \frac{\Gamma_0}{\varepsilon_0}, \text{ m}^3/\text{caan}, \quad (19.7)$$

burada ν_f - sorulan buxarın xüsusi həjmi (m^3/kq) olub, diaq-
ramdan (l nöqtəsindən keçən izoxor) və ya
doymuş buxar jədvəlinən (Əlavə 4, 5) təpilir;

$q_v = q_0 \nu_0$, kJoul/ m^3 - soyuduju agentin həjmi soyutma
məhsuldarlığı (Əlavə 6, 7).

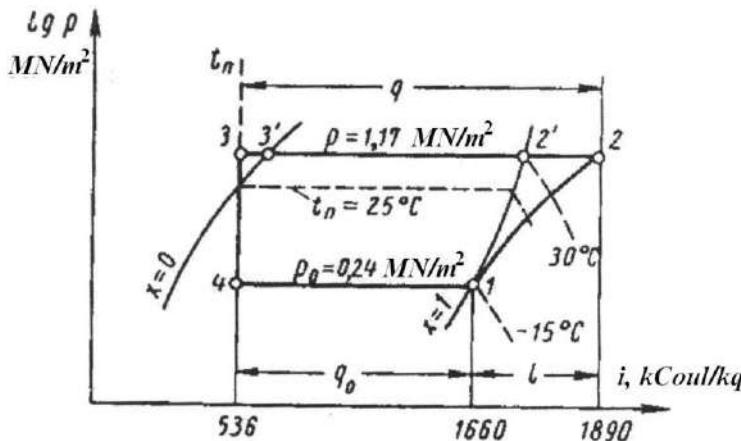
V-nin qiymətinə görə kompressorun ölçüləri təyin edilir.

d) Kompressordə sərf olunan nəzəri güj

$$N_n = \frac{Gl}{3600} = \frac{Q_0}{1000 \varepsilon_n}, \text{ kWt} \quad (19.8)$$

e) Kondensatorun istilik yükünü istilik balansı tənliyindən
təyin edirik

$$Q = Q_0 + N_n \cdot 1000 = Q_0 + \frac{Q_0}{\varepsilon_n} = Q_0 \frac{\varepsilon_n + 1}{\varepsilon_n}, Vt \quad (19.9)$$



Şək. 19.2. Ammonyaklı soyuduju maşının nəzəri tsikli

Məsələ 1. Ammonyakla işləyən soyuduju maşının istilik hesabatı (şək. 19.2).

Maşının məhsuldarlığı $Q_0=25000$ $Vt=21500$ kkalsaat; $t_0=-15^{\circ}\text{J}$, $t=30^{\circ}\text{J}$, $t_n=25^{\circ}\text{J}$.

a) kompressorla soyudulan quru doymuş buxarın entalpiyası $\underline{u}=397,0 \text{ ккал/кг} = 1660 \text{ кДж/кг}$;

b) sıxılmanın sonunda entalpiya

$\underline{u}=452,5 \text{ ккал/кг} = 1890 \text{ кДж/кг}$;

j) çox soyumuş maye ammonyakin entalpiyası

$\underline{u}=\underline{u}=128,0 \text{ ккал/кг} = 536 \text{ кДж/кг}$;

d) sorulan buxarın xüsusi həjmi

$\sigma_i=0,509 \text{ м}^3/\text{кг}$;

1) 1 kq ammonyakin soyutma məhsuldarlığı

$\sigma_0=\underline{u}-\underline{u}=1660-536=1124 \text{ кДж/кг}$;

2) kompressorda sıxılmanın nəzəri işi

$\lambda=\underline{u}-\underline{u}=1890-1660=230 \text{ кДж/кг}$;

3) kondensatorda 1 kq amonyaka verilən istilik

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \lambda = 1124 + 230 = 1354 \text{ к}Жоул\text{кг} ;$$

4) tsiklin soyutma əmsali

$$\varepsilon_n = \frac{q_0}{l} = \frac{1124}{230} = 4,88 ;$$

5) 1 saat ərzində dövr edən ammonyakın miqdarı

$$\mathcal{E} = 3,6 \frac{I_0}{\varepsilon_0} = 3,6 \frac{25000}{1124} = 80 \text{ кг/саат};$$

6) kompressorla sorulan ammonyak buxarının həjmi

$$B = \mathcal{E} \varepsilon_1 = 80 \cdot 0,509 = 40,7 \text{ м}^3 / caar;$$

7) kompressordada sərf olunan nəzəri güj

$$N_n = \frac{Q_0}{1000 \varepsilon_n} = \frac{25000}{1000 \cdot 4,88} = 5,12 \text{ kWt}$$

və ya

$$H_n = \frac{\mathcal{E} \cdot \lambda}{3600} = \frac{80 \cdot 230}{3600} = 5,12 \text{ кВт};$$

8) kondensatorun istilik yükü

$$Q = Q_0 \frac{\varepsilon_n + 1}{\varepsilon_n} = 25000 \frac{4,88 + 1}{4,88} = 30100 \text{ Vt}.$$

Məsələ 2. Freon R12 ilə işləyən maşının istilik hesabatı.

1) quru doymuş buxarın entalpiyası

$$\psi = 135,3 \text{ ккал/кг} = 567 \text{ к}Жоул\text{кг} ;$$

2) sıxılmanın sonunda freon buxarının entalpiyası

$$\psi_2 = 141,5 \text{ ккал/кг} = 593 \text{ к}Жоул\text{кг} ;$$

3) nizamlayıcı ventilin əvvəlində maye freonun entalpiyası

$$\psi_3 = \psi_4 = 105,8 \text{ ккал/кг} = 444 \text{ к}Жоул\text{кг} ;$$

4) sorulan buxarın xüsusi həjmi

$$\varrho_1 = 0,0925 \text{ м}^3 / кг ;$$

5) 1 kq freonun soyutma məhsuldarlığı

$$\varepsilon_0 = \psi - \psi_4 = 567 - 444 = 123 \text{ к}Жоул\text{кг} ;$$

6) kompressordada sıxılmanın nəzəri işi

$$\lambda = \psi_2 - \psi_1 = 593 - 567 = 26 \text{ к}Жоул\text{кг} ;$$

7) kompressorda 1 kq freona verilən istilik

$$\varrho = u_2 - u_1 = 593 - 444 = 149 \text{ к} \overset{\circ}{\text{Ж}} \text{оулык;}$$

8) tsiklin soyutma əmsalı

$$\varepsilon_n = \frac{q_0}{l} = \frac{123}{26} = 4,74;$$

9) 1 saat ərzində buxarlandırıcıya verilən freonun miqdarı

$$\mathcal{E} = 3,6 \frac{\Gamma_0}{\varepsilon_0} = 3,6 \frac{25000}{123} = 732 \text{ кг/саат;}$$

10) kompressorla sorulan freon buخارının həjmi

$$B = \mathcal{E} \varepsilon_1 = 732 \cdot 0,0925 = 67,7 \text{ м}^3 / \text{саат;}$$

11) kompressorda sərf olunan nəzəri güj

$$N_n = \frac{Q_0}{1000 \varepsilon_n} = \frac{25000}{1000 \cdot 4,74} = 5,27 \text{ кВт;}$$

12) kondensatorun istilik yükü

$$Q = Q_0 \frac{\varepsilon_n + 1}{\varepsilon_n} = 25000 \frac{4,74 + 1}{4,74} = 30300 \text{ Вт.}$$

19. 3. Maşının iş reciminin soyutma məhsuldarlığına təsiri

V kəmiyyətinə görə (19.7) tənliyindən kompressorun nəzəri həndəsi ölçülərini müəyyən etmək olar, saatlıq işçi həjm $V_h = V$ (itkisiz).

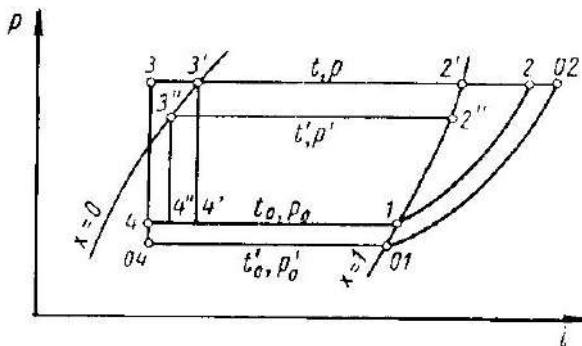
Məsələni eks istiqamətdə həll etdikdə verilmiş saatlıq həjinə V_h və ya nəzəri kompressorun ölçülərinə görə maşının soyutma məhsuldarlığını təyin etmək olar:

$$\Gamma_0 = 0,278 \varrho B_{u'} B n. \quad (19.10)$$

q_v və Q_0 qiymətləri sabit olmayıb maşının işinin temperatur şəraitindən asılıdır.

Buxarlandırıcıda soyuduju agentin eyni qaynama temperaturunda t_0 (şək. 19.3) və mayenin temperaturunun nizamlayıçı ventildən əvvəl azalmasında, yəni mayenin çox soyuması nətijəsində və ya kondensasiya təzyiqinin p' qədər azalmasında

1 kq soyuduju agentin soyutma məhsuldarlığı artır ($q_0 = i_1 - i_4 > i_1 - i_4' > i_1 - i_4''$). Bu halda həjmi soyutma məhsuldarlığı $q_v = q_0 v_1$ və uyğun olaraq maşının soyutma məhsuldarlığı da artır.



Şək. 19.3. Dəyişən parametrlı kompressorlu buxar soyuduju maşının tsikli

Əgər qaynama temperaturunu azaltsaq $t'_0 < t_0$, onda nizamlayıçı ventildən əvvəl eyni temperaturda q_0 qiyməti bir o qədər dəyişmir ($q_0 = i_1 - i_4 \approx i_{01} - i_{04}$), anjaq sorulan buxarın xüsusi həjmi nəzərə çarpajaq qədər artır ($v_{01} > v_1$). Nətijədə həjmi soyutma məhsuldarlığı azalır ($q_v = q_0 v_{01} < q_0 v_1$). Bununla yanaşı maşının da soyutma məhsuldarlığı Q_0 azalır.

Beləliklə, maşının soyutma məhsuldarlığı, onun həjmi soyutma məhsuldarlığı kimi iş recimindən asılıdır. O isə adətən soyuduju suyun temperaturu və kameranın saxlanılan temperaturunun dəyişməsi ilə dəyişir. Soyuduju suyun temperaturu nə qədər yüksək və kameranın (soyudulan yer) temperaturu nə qədər az olarsa, onda bir o qədər maşının soyutma məhsuldarlığı az olar.

Kataloq və pasportlarda adətən maşının standart recimdə yaranan «standart» soyutma məhsuldarlığı verilir ($t_0 = -15^\circ\text{J}$; $t = 30^\circ\text{J}$; $t_n = 25^\circ\text{J}$). Fərz edilir ki, maşın sorulan buxarın çox qızması ilə işləyir (ammonyak üçün $t_s = -10^\circ\text{J}$, freon üçün $t_s = 15^\circ\text{J}$). Hərdən soyutma məhsuldarlığı «normal» recimdə göstərilir ($t_0 = -10^\circ\text{J}$; $t = 25^\circ\text{J}$ və $t_n = 15^\circ\text{J}$). Belə məhsuldarlıq "normal" ad-

lanır.

Maşınların soyutma məhsuldarlığını yalnız eyni şəraitdə müqayisə etmək olar. Nəzəri kompressorlu машınlar üçün «standart» və işçi soyutma məhsuldarlıqları arasındaki asılılığı aşağıdakı kimi təyin edək:

İşçi şəraitdə

$$\Gamma_{ou} = 0,278 \varepsilon_{ou} B_{u\ell}$$

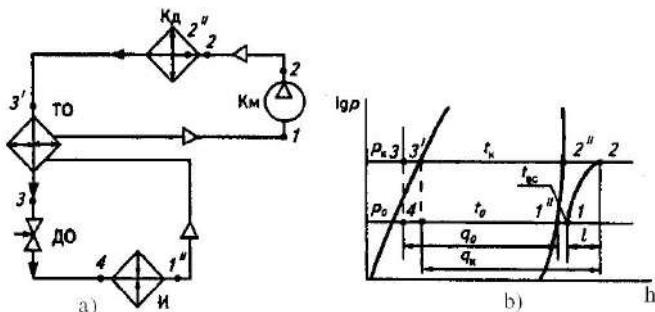
standart şəraitdə

$$\Gamma_{oc} = 0,278 \varepsilon_{oc} B_{u\ell}$$

Bu tənliklərdən aşağıdakı ifadəni tapırıq:

$$\frac{\Gamma_{ou}}{\varepsilon_{ou}} = \frac{\Gamma_{oc}}{\varepsilon_{oc}}. \quad (19.11)$$

Şəkil 19.4-də istilikdəyişənli soyuduju машının prinsipial sxemi və tsikli verilmişdir. Bu sxemdən göründüyü kimi soyuduju машının tsikli aşağıdakı proseslərdən ibarətdir.



Şək. 19.4. İstilik dəyişənli soyuduju машının prinsipial sxemi (a) və tsikli (b)

1''-1 - $p_0=const$ şərtində buxarın kompressora sorulması zamanı çox qızması;

1-2 - $s=const$ şərtində kompressorda p_0 -dan p_k -ya kimi adiabatik sıxılma;

2-2'' - $p_k=const$ şərtində kondensatorda qızmanın aşağı salmaq;

2''-3' - $p=const$ şərtində kondensatorda buxarın kondensasiyasının təsviri.

yası;

3'-3 - $p=const$ şərtində mayenin çox soyuması;

3-4 - $h=const$ şərtində p_k -dan p_0 -a kimi drossellənmə;

4-1" - $p_0=const$ və $t_0=const$ şərtlərində mayenin buxarlandırıjıda qaynaması.

Hər bir başlıja nöqtələr üçün bütün termodynamiki parametrlər təyin edilir və onların qiymətlərinin jədvəli qurulur. Nöqtələrin parametrlərini bildikdə nəzəri tsiklin parametrlərini təyin etmək olar.

Soyuduju agentin xüsusi kütləsinin soyutma məhsuldarlığı (kJoulkq)

$$\varepsilon_o = u_f - u_i \quad (19.12)$$

kompressorda sıxılmanın xüsusi işi (kJoulkq)

$$\pi_n = u_f - u_i \quad (19.13)$$

kondensatorda xüsusi istilik yükü (kJoulkq)

$$\varepsilon_k = u_f - u_i \quad (19.14)$$

tsiklin soyutma əmsalı

$$\varepsilon_n = \frac{q}{l}. \quad (19.15)$$

Soyutma əmsalı ε tsiklin faydalı iş əmsalını (f.i.ə.) xarakterizə edir və müxtəlif kompressorlu maşınların səmərəli işini müqayisə etmək üçün istifadə olunur: ε nə qədər yuxarı olarsa, tsiklin effektivliyi bir o qədər yuxarı olur. Soyuduju maşının istismarı zamanı çalışırlar ki, mümkün qədər yüksək qaynama temperaturu saxlaşınlar, çünkü t_0 temperaturunun hər bir dərəjə aşağı düşməsi mexaniki iş sərfini 2...4% artırır.

Nəzəri tsiklin məlum parametrlərindən istifadə edərək həqiqi soyuduju maşının əsas parametrlərini tapmaq olar. Kompressorun nəzəri həjmi soyutma məhsuldarlığı V_n (m^3 san) aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$V_n = \frac{\pi D^2}{4} Szn,$$

burada D – silindrin diametri, m;

S - porşenin gedişi, m;

z – silindrlerin sayı;

n – fırlanma tezliyi, san^{-1} .

Kompressorun həqiqi həjmi soyutma məhsuldarlığı

$$B_u = \lambda B_n,$$

burada λ - həjmi itkiləri nəzərə alan kompressorun verim əmsalıdır, $\lambda \approx 0,5 \dots 0,75$;

V_n -nin alınmış qiymətləri əsasında jədvəllərdən kompressor seçilir.

Kompressorun nəzəri həjmi məhsuldarlığını aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar:

$$B_n = \frac{M_{km} V_{BJ}}{\lambda},$$

burada V_{BJ} – sorulan buxarın xüsusi həjmi, m^3/kq ;

$M_{km} = \sum Q/q$ - lazımlı istilik axınlarının jəmini ($\sum Q$) seçmək üçün soyuduğu agentin kütlə sərfi.

Kompressorun soyutma məhsuldarlığı

$$\Gamma_0 = \sum \Gamma \quad \text{və ya} \quad \Gamma_0 = M_{km} \varepsilon_0.$$

Kondensatorda yük

$$\Gamma_k = M_{km} \varepsilon_k.$$

Kondensatorun nəzəri güyü

$$H_h = M_{km} l_h,$$

burada l_h - sıxılmanın xüsusi işi.

Həqiqi tələb olunan güj (şəbəkədən)

$$H_e = H_h / \eta_e,$$

burada η_e - kompressorun faydalı iş əmsalıdır (kompressorun həqiqi tsikli nəzəri tsikldən fərqləndikdə itkiləri nəzərə alır: sürtünmədə olan itkilər və elektrik mühərrikində olan itkilər).

Həqiqi soyutma əmsali

$$\varepsilon_u = \frac{\Gamma_0}{H_e}.$$

ε_h – in həqiqi qiyməti $\varepsilon_{nəz}$ -in nəzəri qiymətindən təxminən 2 dəfə azdır.

Yoxlama sualları

1. Kompresorlu buxar soyuduju maşının nəzəri işçi tsiklinin hesabatı üçün hansı temperaturları bilmək lazımdır? 2. Soyuduju maşının nəzəri iş tsikli hansı diaqramla və nejə qurulur? 3. Tsiklin soyutma əmsali, soyuduju agentin saatlıq miqdarı, kompressorlər sorulan buxarin hejmi nejə teyin olunur? 4. Kompressorda sərf olunan nəzəri güj, kondensatorun istilik yükü nejə ifadə olunur? 5. Maşının soyutma məhsuldarlığı nədən asılıdır? 6. Soyuduju maşının tsiklinə hansı proseslər aiddir? 7. Soyuduju maşının əsas parametrləri hansılardır?

XX FƏSİL

KOMPRESSORLU BUXAR SOYUDUJU MAŞININ HƏQİQİ TSİKLİ

Kompressorlu buxar soyuduju maşının həqiqi tsikli nəzəri tsikldən kompressorda və onun xarijində həjmi və energi itkilərinin olması ilə fərqlənir. Həjmi itkilər soyuduju maşının məhsuldarlığını azaldır, energi itkiləri isə nəzəri ilə müqayisədə güj sərfini artırır. Göstərilən itkilər çoxdur, istilik hesabatlarında onların başlanğıç düzəliş əmsalını nəzərə almaq lazımdır. Ayrı-ayrı faktorların həjmi və energi itkilərinə təsirini nəzərdən keçirək.

20.1. Həqiqi tsikldə həjmi itkilər

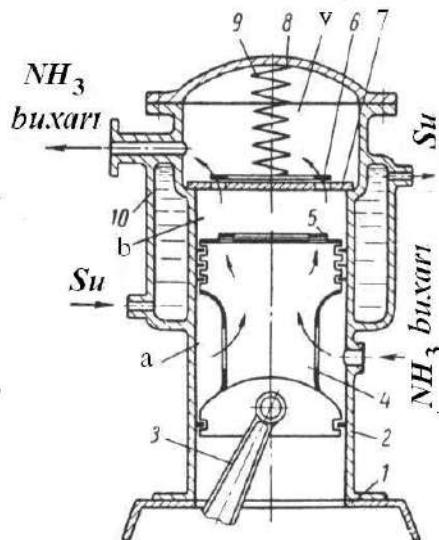
Maşının soyutma məhsuldarlığını azaldan həjmi itkilər əsasən kompressorda yaranır. Soyudujuluq texnikasında porşeni düzxətli – irəliləmə hərəkəti edən porşenli kompressorlar geniş yayılmışdır. Bu tip kompressorlardan biri də VP tipli şaquli – düzaxınlı kompressordur (şək. 20.1).

VP tipli şaquli-düzaxınlı kompressor aşağıdakı əsas hissələrdən ibarətdir: maşının konstruktiv əsası olan karterdən; silindrəndən hansı ki, burada soyuduju agentin buxarlarının sıxılması baş verir; çarxqolu-sürgüqolu mexanizmindən; porşenlərdən; soruju və qovuju klapanlardan; sürtünən hissələri yağlamaq üçün qurğudan; qoruyuju qurğulardan və başqa hissələrdən.

Şaquli-düzaxınlı kompressorda işçi proses aşağıdakı kimi gedir. Porşen aşağı hərəkət etdikdə porşen və onun üstündə yerləşən yalançı qapaq arasında boşalma məsafəsi yaranır. Nətijədə porşenin yuxarı hissəsində yerləşən soruju klapan açılır və soyuduju agent soruju borudan porşendəki deşikdən keçərək silindrin işçi həjminə daxil olur.

Sorulma prosesi porşen aşağı hərəkət edənə kimi davam edir. Porşen istiqamətini dəyişən kimi, eks təzyiq və ətalət qüvvələrinin təsirindən soruju klapan bağlanır, silindrə soyuduju agentin sıxılması baş verir. Silindrəeki təzyiq kondensatordakı

təzyiqdən yuxarı olduqda, qovuju klapan açılır və soyuduğu agentin buxarları yalançı qapağın yuxarısında yerləşən qovuju kameraya sıxışdırılır və sonra qovuju borudan kondensatora verilir.



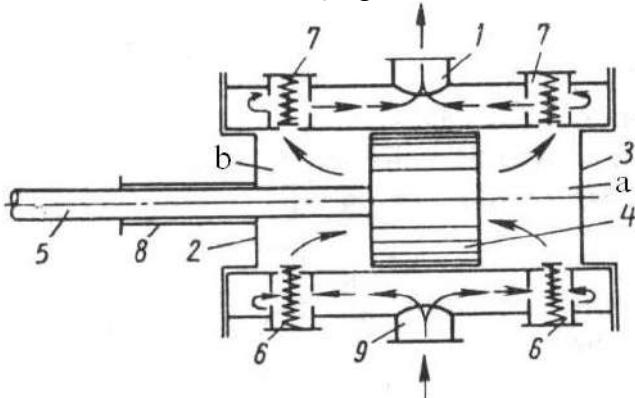
Şek. 20.1. Şaquli – düzaxınlı kompressorun sxemi:

1-karter; 2-silindr; 3- sürgüqolu; 4-porşen; 5-soruju klapan; 6-qovuju klapan; 7-yalançı qapaq; 8-üst qapaq; 9-bufer yayı; 10-soyuduğu su köyəyi; a) silindrin soruju həjmi; b) silindrin işçi həjmi; v) qovuju kamerası

Porşen heç vaxt qapağa tam yaxınlaşmır. Porşenin üstündə kompressorun «ölü» məsafəsi yaranır. Porşenin əks hərəkəti zamanı «ölü» məsafədə qalan buxarlar buxarlandırıcıda təzyiq qədər genişlənir. Buna porşenin gedişinin bir hissəsi sərf olunur. Bundan sonra yenidən buxarlandırıcıdan buxarın sorulması prosesi başlayır.

Bu tip şaquli kompressorda sorulmada, sıxılmada və qovulmada soyuduğu agentin buxarları bir istiqamətdə aşağıdan yuxarıya doğru hərəkət edirlər. Odur ki, bu tipli kompressor şaquli – düzaxınlı kompressor adlanır. Bu kompressor sadə və ya bir təsirlidir, çünki burada iş prosesi porşenin bir tərəfində baş verir.

QD tipli üfiqi iki təsirli kompressorda (şək. 20.2) silindrde işçi proses porşenin hər iki tərəfində baş verir. Porşenin bir tərəfdən o biri tərəfə, məsələn soldan sağa hərəkəti zamanı, silindrin sol boşluğununda «ölü» məsafədə qalan buxarın buxarlandırılmışındaki təzyiqindən bir qədər aşağı təzyiqə qədər genişlənməsi baş verir. Sonra soruju klapan 6 açılır və soyuduğu agentin buxarları silindrin sol boşluğununa sorulur.



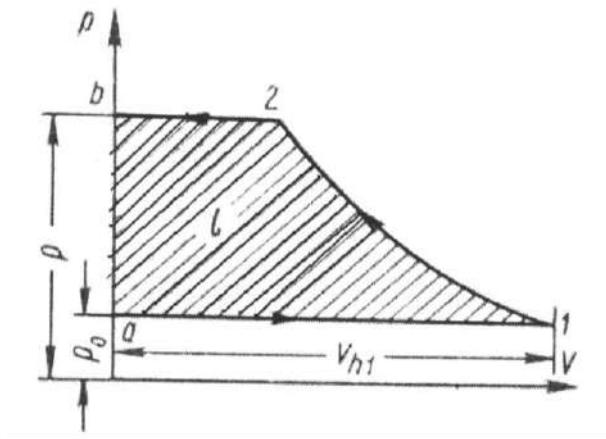
Şək. 20.2. İki təsirli üfiqi kompressorun silindrinin sxemi:

1-qovuju qısa boru; 2-qabaq qapaq; 3-arxa qapaq; 4-porşen; 5-ştok; 6-soruju klapanlar; 7-qovuju klapanlar; 8-kipgəj (araqatı); 9-soruju qısa boru (a və b- silindrin işçi boşluqları)

Porşenin əks hərəkətində sol soruju klapan bağlanır, buxar kondensatorundakı təzyiqdən bir qədər yüksək təzyiqə qədər sıxlır, sonra qovuju klapandan 7 kondensatora itələnir. Sağ boşluqda da həmin proseslər baş verir. Silindrin sol boşluğununda sıxlılma yarandıqda sağ tərəfdə sorulma baş verir. İki təsirli üfiqi silindrde soyuduğu agentin silindrde hərəkəti bir istiqamətdə baş vermir, porşenin hərəkəti ilə istiqamətini dəyişir. Bu kompressor düzaxınlı deyil.

Şəkil 20.3-də itkisiz kompressorun nəzəri indikator diaqramı verilir. Fərz edilir ki, kompressorun «ölü» məsafəsi yoxdur. Kompressordan əvvəl sorulan buxarın saatlıq həjmi porşenin saatlıq işçi həjminə bərabərdir. $a-l$ xətti buxarlandırılmışının təzyiqinə bərabər olan, p_0 sabit təzyiqdə baş

verən buxarın sovrulma prosesidir; 1-2 xətti – adiabatik sıxılma xətti və 2-b xətti – kondensatorun təzyiqinə bərabər olan sabit təzyiqdə baş verən itələmə prosesidir.



Şək. 20.3. Nəzəri indikator diaqramı

«Ölü» məsafə kompressorun işçi prosesini dəyişir və bir çox itkilərə gətirib çıxarrı. Bu itkilər həqiqi indikator diaqramında aydın görünür (şək. 20.4). Diaqramda J kəsiyi (parçası) ilə verilən «ölü» məsafədə həmişə sıxılmış buxar qalır. Qalan buxar porşenin əks gedişində sorulma təzyiqinə (xətt da) kimi genişlənərək əlavə J_1 həjmini tutur. Yalnız bundan sonra soruji klapan açılır və buxar buxarlandırıcıdan kompressorun silindrinə sorulur (xətt ab). Deməli «ölü» məsafə sorulan soyuduju agentin miqdarını azaldır və kompressorun məhsuldarlığını aşağı salır. Həjm itkisi J_1 ilə göstərilir və aşağıdakı bərabərlikdən təyin edilir.

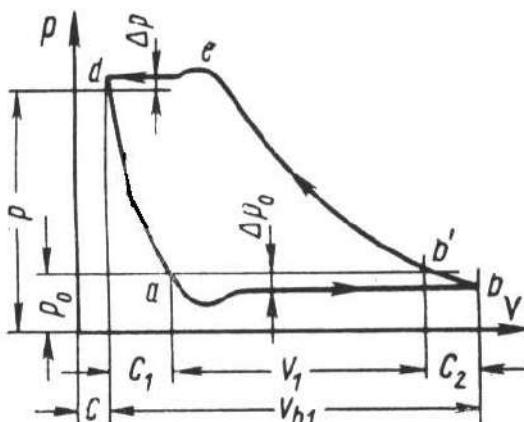
$$\frac{J_1 + J}{B} = \left(\frac{n}{n_0} \right)^{\frac{1}{m}},$$

burada m - genişlənmə prosesinin politrop göstərijisidir.

«Ölü» məsafənin itkiləri həjmi göstərijilərlə nəzərə alınır

$$\lambda_b = \frac{B_{ul} - B_1}{B_{ul}} = 1 - B_0 \left[\left(\frac{n}{n_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right], \quad (20.1)$$

burada V_{h1} - kompressorda silindr boşluğunun işçi həjmi;
 $J_0 = JV_{h1}$ - zərərli (ölü) məsafənin nisbi qiyməti,
kompressordan asılı olaraq $J_0 = 0,02 \dots 0,08$
olur.



Şək. 20.4. Həqiqi indikator diaqramı

Kompressorda «ölü» məsafə lazımdır, o çarxqolu – sürgüqolu mexanizminin qızmadan uzanması zamanı kompressoror qəzadan qoruyur və «nəmli gediş» halında isə hidravlik zərbə təhlükəsini azaldır. Bütün konstruktiv xüsusiyyətləri nəzərə almaqla kompressorun «ölü» məsafəsinin ölçüsü minimal olmalıdır.

Klapnlarda, silindrin kanallarında və boru kəmərlərində yaranan hidravlik müqavimət kompressordakı həjmi itkilərə təsir edir. Hidravlik müqavimətlər nətiyəsində sorulma zamanı təzyiq (xətt ab) buxarlandırıjıdakı təzyiqdən Δp_0 qədər aşağı olur, qovma zamanı isə (xətt ed) kondensatordakı təzyiqdən Δp qiyməti qədər yüksək olur. Sorma zamanı təzyiqin aşağı düşməsi sorulan buxarin sıxlığını və miqdarını azaldır.

Hidravliki müqavimətlərin təsirindən itki J_2 hissəsinə uyğun gəlir və bu hissə boyunja silindrəki buxar buxarlandırıçıdağı p_0 təzyiqinə qədər sıxlıq (b nöqtəsindən b' nöqtəsinə kimi). Təzyiqlər fərqinin artması Δp_0 və sorulma təzyiqinin azalması ilə, yəni qaynama temperaturu t_0 aşağı düşdükdə J_2 -nin qiyməti uyğun olaraq artır.

Sorulma zamanı müqavimətlər nətijəsində həjmi itkilər drossellənmə əmsalı ilə qiymətləndirilir.

$$\lambda_{op} = \frac{B_{ul} - B_1 - B_2}{B_{ul} - B_1}.$$

$J_0=4\%$ olduqda müxtəlif qaynama temperaturları üçün λ_{dr} -nın təxminini qiymətləri aşağıdakılardır:

Temperatur t_0 °J	0	-15	-30
λ_{dr}			
$\Delta p_0 = 0,005 \text{ MNm}^2 (\sim 0,05 \text{ kqsm}^2)$	0,99	0,98	0,95
0,86			
λ_{dr}			
$\Delta p_0 = 0,01 \text{ MNm}^2 (\sim 0,10 \text{ kqsm}^2)$	0,97	0,95	0,91
0,72			

J_1 və J_2 itkiləri indikator sorulma əmsalı ilə nəzərə alınır:

$$\lambda_u = \lambda_b \lambda_{op}.$$

Silindrin divarları və soyuduju agent arasında daxili istilik mübadiləsindən yaranan itkilər də həqiqi kompressor üçün xarakterikdir.

Sıxılma prosesində buxarın temperaturu nisbətən qalxır və istilik buxardan silindrin divarlarına, porşen və başqa hissələrə keçir. Sorulma zamanı, əksinə, soyuq buxar isinmiş hissələrə dəyərək özü isinir. Nətijədə silindrə az buxar daxil olur, çünki isinmə zamanı onun xüsusi həjmi artır. Buxarlandırıçıdan nəqli buxar daxil olduqda daxili istilikdəyişmənin mənfi təsiri daha da böyüyür, maye hissəjiklərinin silindrin daxilində buxara çevrilməsi bilavasitə buxarlandırıçıdan sorulan buxarın miqdarnı azaldır.

İstilik mübadiləsi nətijəsində itki qızdırma (isitmə) əmsalı

ilə (λ_ω) nəzərə alınır. Təzyiqlər nisbəti pp_0 nə qədər çox olarsa və ya sorulmanın əvvəlindən sıxılmanın sonunadək temperatur hüdudu nə qədər çox olarsa, buxar və divarlar arasındaki istilik mübadiləsi bir o qədər çox olar. Kompressorun dirsəkli valının fırlanma tezliyi artdıqda gediş vaxtı azalır və nətijədə istilik mübadiləsi də azalır. İstilik mübadiləsi zamanı itkilər təjrubi yolla təyin edilir. Şəquli tipli düzaxınlı kompressorlar üçün (İ.İ.Levinin emprik düsturu):

$$\lambda_\omega = \frac{T_0}{T}, \quad (20.2)$$

burada T_0 və T – uyğun olaraq qaynama və kondensasiyanın mütləq temperaturlarıdır.

Kompressorda həmçinin qeyri kiplik nətijəsində soruju və qovuju klapanlarda, porşen halqalarında, kipgəjdə, qapaqlarda itkilər baş verir. Bu itkilər sıxlıq əmsalı (λ_s) ilə xarakterizə edilir, maşının konstruksiyası və köhnəlmə dərəjəsindən asılıdır. Düzgün texniki istismar zamanı birləşmələrdə yaranan qeyri kipliklərdə itkilər jüzi olur.

Praktiki şəraitdə bütün növ həjmi itkilər vermə (verim) əmsalı ilə nəzərə alınır:

$$\lambda = \lambda_u \lambda_\omega \lambda_c. \quad (20.3)$$

Vermə əmsalı silindrin işçi həjmindən istifadə dərəjəsini xarakterizə edir. Bu əmsal kompressorla həqiqi sorulan buxar həjminin (V , m^3/saat) saatlıq işçi həjminə nisbəti ilə təyin edilir:

$$\lambda = \frac{B}{B_{uq}}. \quad (20.4)$$

Əgər sorulan buxarın həjmi məlumdursa, onda kompressörün uyğun saatlıq işçi həjmi

$$B_{uq} = \frac{B}{\lambda}. \quad (20.5)$$

Vermə əmsalı təjrubi yolla təyin edilir. O, kompressorun konstruksiyası və ölçülərindən, təzyiqlər nisbətindən pp_0 , temperaturlar nisbətindən TT_0 , «ölü» məsafədən, sorulmadan əvvəl buxarın çox qızmasından, silindrin soyudulması üçün qurğunun

olmasından və s. faktorlarından asılıdır. Müəyyən tip ammonyaklı və freonlu kompressorlar üçün λ -nın qiyməti jədvəllərdə və qrafiki asılılıqlar $\lambda=f(pp_0)$ şəklində verilir (şək. 20.5).

Şaquli və V-şəkilli ammonyaklı soyuduju köynəkli kompressorların «quru gediş» şəraitində vermə əmsalı İ.Badılkesin düsturu ilə təyin edilir:

$$\lambda = \left(0,012 + 0,473B_0 \right) \left(1 - \frac{n}{n_0} \right). \quad (20.6)$$

Su soyuduju köynəyin istifadəsi quru gedişdə vermə əmsalını təxminən 5 % artırır. Kondensatorun «nəm gediş» işində suyun temperaturu köynəkdən keçidikdə aşağı düşür və kompressorun işçi əmsalları əksinə azalır.

Kompressorla sorulan buxarın həjminə $V_h = V_h \lambda$ (m^3/saat) və q_v (kJoul/m^3) qiymətinə əsaslanaraq maşının həqiqi soyutma məhsuldarlığı təyin edilir:

$$G_0 = 0,278 \varepsilon B_u \lambda, \quad \text{Vt}; \quad (20.7)$$

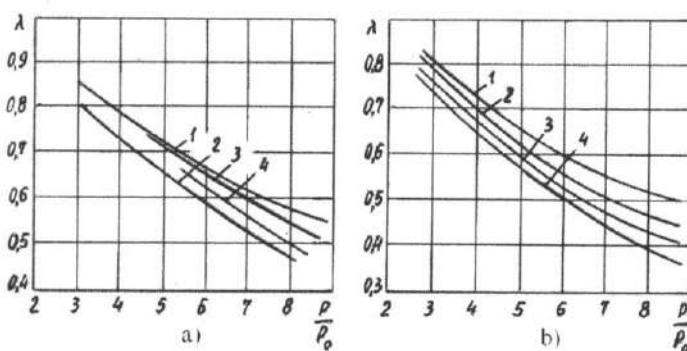
$$\left. \begin{aligned} B_u &= \frac{\pi D^2}{4} G_0 z \cdot 60 \quad (\text{cədət məsirlək kompressorlər üçün}) \\ B_{uu} &= \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) G_0 z \cdot 60 \quad (\text{ikiməsirlək kompressorlər üçün}) \end{aligned} \right\}, \quad (20.8)$$

burada D - kompressorun silindrinin diametri, m;

S - porşenin gedisi, m;

d - ştokun diametri, m;

z - silindrlerin sayı.



Şək. 20.5. Sadə təsirli düzaxınlı kompressorların λ -nın pp_0 -dan asılılığı:

- a) $n=480$ dövrdəq-də (1 və 2- 4AU-15 kompressor üçün $J_0=5,35\%$ və $J_0=7,63\%$ olduqda; 3 və 4- 2AB-27 kompressor üçün $J_0=3,92\%$ və $J_0=4,92\%$ olduqda); b) müxtəlif firlanma tezliyində (1 və 2- 4AU-8 kompressor üçün $J_0=5,85\%$ və $n=960$ dövrdəq və $n=750$ dövrdəq olduqda; 3 və 4 - 2AU-8 kompressor üçün $J_0=6,27\%$ və $n=950$ dövrdəq və $n=720$ dövrdəq olduqda).

(20.7) tənliyinin köməyi ilə həqiqi prosesdə «işçi» və «standart» soyutma məhsuldarlıqları arasındaki asılılıqları müəyyən etmək olar.

İşçi və standart şərait üçün

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_{ou} &= 0,278 \varepsilon_{eu} B_{uf} \lambda_u \\ \Gamma_{oc} &= 0,278 \varepsilon_{ec} B_{uf} \lambda_c \end{aligned} \right\}, \quad (20.9)$$

buradan

$$\frac{\Gamma_{ou}}{\varepsilon_{eu} \lambda_u} = \frac{\Gamma_{oc}}{\varepsilon_{ec} \lambda_c}$$

və ya

$$\Gamma_{ou} = \Gamma_{oc} \frac{\varepsilon_{eu} \lambda_u}{\varepsilon_{ec} \lambda_c}, \quad (20.10)$$

burada λ_i , λ_s - işçι və standart şəraitdə vermə əmsalları;

q_{vi} , q_{vs} - həmin şəraitdə nəzəri həjmi soyutma məhsuldarlıqları.

Maşının istehsal etdiyi soyuqluğun hamısı məhsulların soyudulmasına və ya soyuduju kameralarda aşağı temperaturun saxlanmasına sərf olunmur. Soyuqluğun bir hissəsi soyuduju maşının özündə (borularla istilik axını nətijəsində) və başqa köməkçi mexanizmlərdə itir. Belə mexanizmlərə mayenin dövr etməsi üçün nasoslar, qarışdırıjilar və soyuduju kameralarda ventilyatorlar aiddir.

Məhsulların soyudulması və kameralarda aşağı temperaturun saxlanması üçün lazım olan soyutma məhsuldarlığı faydalı və ya «netto» soyutma məhsuldarlığı adlanır. Maşının istehsal etdiyi ümumi soyuqluğun miqdarı «brutto» soyutma

məhsuldarlığı adlanır.

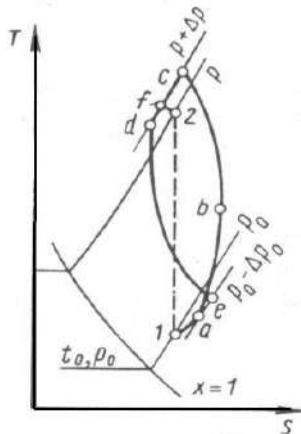
İtki əmsalı $\varphi = \frac{Q_{onetto}}{Q_{obrutto}}$ boru kəmərlərinin izolyasiya keyfiyyətindən, uzunluğundan, soyutma sistemindən, maşının məhsuldarlığından, işin temperatur recimindən və s. asılıdır. Duzlu məhlulla soyutmada $\varphi=0,85...0,9$; bilavasitə soyutmada $\varphi=0,9...0,95$ olur.

5.2. Enerci itkiləri

Nəzəri proses ilə müqayisədə həqiqi prosesdə sıxılma işinin artması əsasən kompressorun silindrində istilik mübadiləsinin və buxarın sorulması və qovulması zamanı hidravlik Müqavimətlərin olması nətijəsində baş verir.

Həqiqi kompressorun silindrində işçi maddə halının dəyişməsi və itkiləri *s-T*- diaqramında göstərilmişdir (şək. 20.6). Fərz edək ki, buxarlandırılmışdan kompressora bir qədər çox qızmış buxar daxil olur, onun həli p_0 izobarında l nöqtəsi ilə təyin edilir. Nəzəri sıxma prosesi adiabat ($s=const$) l - 2 düz xətti ilə göstərilir. Həqiqi prosesdə silindrə sıxılmadan əvvəl soyuduju agentin həli a nöqtəsi ilə göstərilir. Sorulma zamanı hidravlik Müqavimətlər nətijəsində a nöqtəsində l nöqtəsinə nisbətən buxarın təzyiqi az olacaq (Δp_0 qiymətinə qədər). Temperatur isə, əksinə, silindrin isti divarları ilə toxunmasından, eləjə də «ölü» məsafədəki buxarla sorulan buxarın silindrə qarışması zamanı ($t_a > t_l$) isinməsindən bir qədər yüksək olacaqdır.

Həqiqi prosesdə buxarın sıxılması *a-b-j* əyrisi üzrə gedir ki, bu da m dəyişən göstərijili politropdur. Onun miqdarı buxar və silindrin divarları arasındaki daxili istilik mübadiləsi intensivliyindən və istilik axınının istiqamətindən asılıdır.



Şək. 20.6. Həqiqi kompressordə proseslər

a-b sahəsində sıxılma prosesi silindrin isti divarlarından agentə istilik axını ilə xarakterizə edilir; bununla əlaqədar politrop göstərijisi m bu sahədə adiabat göstərijisi k -dan böyük ola-jaq – politrop sağa əyilir. *b-j* sahəsində temperaturun yenidən artması nətijəsində istilik eks istiqamətə, yəni soyuduju agentdən silindrin divarlarına keçir. Bununla əlaqədar sıxılma politropu sola meyillənir, çünkü onun göstərijisi adiabat göstərijisindən az olur ($m < k$).

Kompressorun basqı (qovma) tərəfindəki müqavimətlərə görə (qovuju klapanlarda və boru kəmərlərində) silindrəki buxarın təzyiqi kondensatordakı təzyiqdən bir qədər yüksək təzyiqə Δp qiymətinə qədər sıxılır. Sıxılmanın sonunda buxar hali *j* nöqtəsi ilə təyin edilir. Bundan sonra sıxılmış buxar silindrən kondensatora qovulur, bu zaman silindrin daxilindəki istilikdəyişmə davam edir, silindrin divarları qızdırılır, buxar isə qismən soyudulur. Ölü məsafədə qalan buxar halına *d* nöqtəsi uyğun gelir və buradan genişlənmə prosesi başlayır (*d-e* xətti). Genişlənmənin sonunda (*e* nöqtəsi) buxarın temperaturu sorulan buxarın temperaturundan yüksək olub, bu da onun sıxılmasından əvvəl isinməsinə səbəb olur.

Göstərilən hadisələr nətijəsində həqiqi prosesdə istifadə

edilən iş nəzəri ilə müqayisədə artır. $s-T$ - diaqramında işin artması $a-b-j$ həqiqi sıxma prosesi xətti ilə və $l-2$ adiabat arasındaki sahəyə bərabərdir.

Həqiqi prosesdə işin artması indikator faydalı iş əmsalının köməyi ilə nəzərə alınır və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\eta_i = \frac{l}{l_h}, \quad (20.11)$$

burada l - 1 kq soyuduju agentin adiabatik sıxılmasına sərf edilən nəzəri iş;

l_h - 1 kq agentin sıxılmasına sərf olunan həqiqi iş.

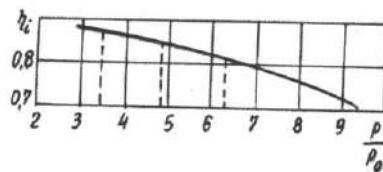
η_i əsasən kompressorda daxili istilikdəyişmənin intensivliyindən, sorulma (Δp_0) və qovma (Δp) zamanı təzyiqlər fərqiinin dəyişməsindən asılıdır. İstilikdəyişmə intensivliyi kompressorda sıxılma dərəjəsindən və başqa faktorlardan asılıdır.

η_i -nin artırılması üçün kompressorların silindrlerinin soyudulması üçün qurğulardan: su soyuduju köynəklərdən, soyuduju qabırğalardan istifadə edilir. Bunlardan istifadə zamanı soyuduju agent və silindrin divarları arasındaki daxili istilik mübadiləsi azalır.

İndikator güjü aşağıdakı tənliklə hesablanır.

$$N_i = \frac{N_n}{\eta_i}. \quad (20.12)$$

Hər növ kompressor üçün $p p_0$ nisbətindən asılı olaraq η_i -nin qiyməti eksperimental tədqiqatlar yolu ilə müəyyən edilir. Ammoniyaklı VP və UP tipli kompressorlar üçün (silindrlerin şaquli və maili yerləşməsi) η_i -nın təxminini qiymətləri şəkil 20.7-də verilmişdir.



Şək. 20.7. η_i əmsalının sıxılma dərəjəsindən asılılığı

η_i -nın təxmini qiymətinin hesablanması üçün professor İ.İ.Levinin empirik düsturundan istifadə edilir:

$$\eta_u = \lambda_\omega + \delta\eta, \quad (20.13)$$

burada λ_ω - isinmə əmsalı;

t_0 - qaynama temperaturu;

b- əmsal (üfiqi ammonyaklı maşınlar üçün $b=0,002$, şaquli üçün $b=0,001$, şaquli freonlu maşınlar üçün $b=0,0025$).

Mexaniki faydalı iş əmsalı η_m kompressorun hərəkət edən hissələrində sürtünmədən yaranan itkiləri nəzərə alır və kompressorun indikator güjünün onun effektiv güjünə olan nisbətini ifadə edir:

$$\eta_m = \frac{N_i}{N_e} = \frac{N_i}{N_i + N_s}. \quad (20.14)$$

Sürtünmə güyü N_s əsasən kompressorun ölçülərindən asılıdır. Buna görə də mexaniki faydalı iş əmsalı verilən kompressor üçün əsasən onun yüklənməsindən asılıdır. Yükün artması ilə η_m artır. Müasir şaquli və maili silindrli kompressorların mexaniki faydalı iş əmsalı $\eta_m=0,85\dots0,9$, üfiqilərdə isə $\eta_m=0,8\dots0,85$ -dir.

Kompressora lazımlı olan tam və ya effektiv güj

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_m} = \frac{N_n}{\eta_i \eta_m} = \frac{N_n}{\eta_e}, \quad (20.15)$$

burada η_e - effektiv faydalı iş əmsalıdır.

Məsələ. Ammonyaklı soyuduju maşınının 4AU-15 kompressorunda $V_h=285 \text{ m}^3/\text{saat}$ ($n=480$ dövrdəq).

Standart şəraitdə və aşağıdakı iş recimində maşının soyutma məhsuldarlığını və kompressorun mühərrikinin güjünü təyin edin.

Qaynama temperaturu $t_0=-20^\circ\text{J}$; kondensasiya temperaturu $t=30^\circ\text{J}$; çox soyuma temperaturu $t_\zeta=25^\circ\text{J}$.

Maşının soyutma məhsuldarlığını hesablamaq üçün (20.9) tənliyindən istifadə edirik.

Ammonyakin nəzəri xüsusi həjmi soyutma məhsuldarlığını jədvəldən götürürük(Əlavə 3). Standart şərait üçün ($t_0=-15^\circ\text{J-də}$ və $t_n=25^\circ\text{J-də}$) $q_{vs}=528,9 \text{ kkalm}^3=2210 \text{ kJoulm}^3$, işçi şərait üçün ($t_0=-20^\circ\text{J-də}$ və $t_n=25^\circ\text{J-də}$) $q_{vi}=428,8 \text{ kkalm}^3=1800 \text{ kJoulm}^3$.

Standart və işçi şəraitdə vermə əmsalını qrafikdən (şək. 20.5.a) tapırıq. Əvvəljədən ammonyakin doymuş buxar jədvəlindən (Əlavə 4) təzyiqlər nisbətini pp_0 tapırıq.

Standart şərait üçün ($t=30^\circ\text{J}$ və $t_0=-15^\circ\text{J}$)

$$\frac{n}{n_0} = \frac{11,895}{2,41} = 4,94 .$$

İşçi şərait üçün ($t=30^\circ\text{J}$ və $t_0=-20^\circ\text{J}$)

$$\frac{n}{n_0} = \frac{11,895}{1,94} = 6,13 .$$

Vermə əmsallarının müvafiq qiymətləri

$$\lambda_s=0,72 \text{ və } \lambda_i=0,66.$$

Maşının standart və işçi soyutma məhsuldarlığını təyin edirik:

$$\Gamma_{oc} = 0,278 \cdot 2210 \cdot 285 \cdot 0,72 = 126000 \text{ Bn};$$

$$\Gamma_{ou} = 0,278 \cdot 1800 \cdot 285 \cdot 0,66 = 94000 \text{ Bn}.$$

Standart şərait üçün (19.15) tənliyindən

$$\varepsilon_{nəzə} = \frac{\varrho_0}{\varrho} = \frac{u - u_4}{u_2 - u} = \frac{397 - 128}{452,5 - 397} = 4,86 ;$$

$$H_{nəzə} = \frac{126000}{1000 \cdot 4,86} = 25,8 \text{ kBn}.$$

Verilmiş işçi recimdə

$$\varepsilon_{nəzə} = \frac{\varrho_0}{\varrho} = \frac{395 - 128}{459 - 395} = 4,2 ;$$

$$H_{nəzə} = \frac{94000}{1000 \cdot 4,2} = 22,4 \text{ kBn}.$$

Qrafikdən indikator faydalı iş əmsali (şək. 20.7) təyin edilir: standart recim üçün ($pp_0=4,94\text{-də}$) $\eta=0,84$; verilmiş işçi

rejim üçün ($pp_0=6,13$ -də) $\eta_i=0,81$. Mexaniki faydalı iş əmsalı $\eta_m=0,85$ qəbul edirik.

Kompressorun intiqalı üçün lazım olan tam güj:

Standart recimdə

$$H_e = \frac{25,8}{0,84 \cdot 0,85} = 36,1 \text{ kBn.}$$

Verilmiş işçi recimdə

$$H_e = \frac{22,4}{0,81 \cdot 0,85} = 32,5 \text{ kBn.}$$

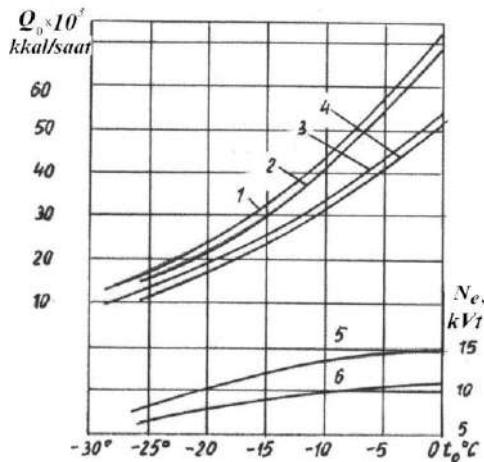
20.3. Soyuduju maşının xarakteristikaları

Maşının soyutma məhsuldarlığı Q_0 (20.7) tənliyindən görünüşü kimi tək kompressorun ölçülərindən (V_h -dan) deyil, həmçinin istifadə edilən agentin həjmi soyutma məhsuldarlığından q_v və vermə əmsalından λ asılıdır. Axırınçı iki qiymətlər soyuduju maşının iş recimindən, yəni qaynama, kondensasiya və çoxsoyuma temperaturlarından asılıdır.

Maşının işinə sərf olunan güj də dəyişən qiymətə malik olub, p və p_0 təzyiqlərinin (və ya t və t_0 temperaturlarının) nisbətindən asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, soyuduju agentlərin əksəriyyəti üçün soyuduju maşında maksimal güj sərfi $p_0=13p$ təzyiqləri nisbətində alınır. Kondensasiya təzyiqi artdıqja güj sərfi müvafiq olaraq artır.

Kompressorun soyutma məhsuldarlığının və istifadə edilən güjün temperatur recimindən asılılıqları soyuduju maşının xarakteristikaları adlanır. Hər bir maşına konstruktiv xüsusiyyətlər, işçi maddənin xassələrini nəzərə alan müəyyən xarakteristikalar aiddir.

Şəkil 20.8-də ammonyaklı AU-30 (4AU-8) kompressorlu AKAU-30 soyuduju maşının xarakteristikası verilmişdir.



Şək. 20.8. AU-30 (4AU-8) kompressorlu AKAU-30 kompressor-kondensator aqreqatlı ammonyaklı soyuduju maşının xarakteristikası:

Maşının soyutma mənsuldarlığı, Q_0 :

1 - $n=960$ dövrdəq və $t=25^\circ\text{J}$;

2 - $n=960$ dövrdəq və $t=30^\circ\text{J}$;

3 - $n=720$ dövrdəq və $t=25^\circ\text{J}$;

4 - $n=720$ dövrdəq və $t=30^\circ\text{J}$;

Kompressorun güsü, N_e :

5 - $n=960$ dövrdəq və $t=30^\circ\text{J}$;

6 - $n=720$ dövrdəq və $t=30^\circ\text{J}$.

Absis oxu ilə qaynama temperaturu, ordinat oxu ilə maşının soyutma məhsuldarlığı Q_0 və kompressorun valının güßü N_e verilir.

Xarakteristikalardan istifadə edərək soyuduju maşının müxtəlif işçi şəraitdə əsas göstərişiləri haqda müəyyən fikirlər söyləmək olar.

Yoxlama sualları

1. Kompressorlu buxar soyuduju maşının həqiqi tsikli nədir? 2. Kompressorlu buxar soyuduju maşının həqiqi tsikli nəzəri tsikldən nə ilə fərqlənir? 3. Şaquli-düzaxınlı kompressorlar hansı kompressorlardır və hansı hissələrdən ibarətdir? 4. Şaquli-düzaxınlı kompressorda işçi proses nejə gedir? 5. Kompressorun «ölü» məsafəsi nədir və harada yaranır? 6. Şaquli-

düzaxınlı kompressorun iki təsirli üfiqi kompressordan fərqi nədədir? 7. İstilik mübadiləsi zamanı itkilər nejə təyin edilir? 8. Həjmi itkilər nejə təyin olunur? 9. İtki əmsali nədən asılıdır? 10. η_i əmsalının sıxılma dərəjəsindən asılılığı nejə müəyyən edilir?

XXI FƏSİL
ÇOXPİLLƏLİ SOYUDUJU MAŞINLAR

21.1. Çoxpilləli maşınların istifadə edilmə sahələri

Soyuduju maşınlar tez-tez aşağı qaynama temperaturunda qida məhsullarının dondurulmasında, dondurma hazırladıqda, sublimasiyalı qurutmada və s. işləyirlər. Bununla bərabər soyuduju agentin kondensasiya temperaturu yüksək ola bilər. Belə olduqda soyuduju maşının iş recimi böyük pp_0 nisbəti ilə və $p-p_0$ böyük təzyiqlər fərqi ilə xarakterizə edilə bilər. Bu şəraitdə birpilləli maşından istifadə etmək sərfəli deyil. Təjrübə göstərir ki, çoxpilləli – əsasən iki və üçpilləli maşınların istifadəsi daha məqsədə uyğundur.

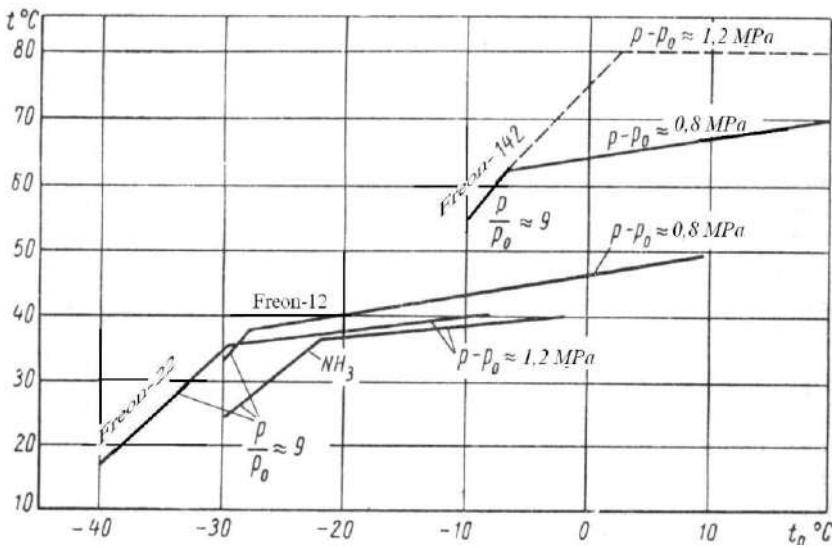
İkipilləli maşınlarda buxarlandırıjıdan buxar birinji pillə kompressora sorulur, adiabatik sıxılır və aralıq çənə verilərək su və ya maye soyuduju agentlə soyudulur. Soyudulan buxar ikinji pillə kompressorla sıxılıraq kondensatora qovulur. Üçpilləli maşınlarda üç pilləli sıxılmadan istifadə olunur.

Termodinamiki jəhətdən çoxpilləli maşın birpilləlidən sərfəlidir. Buxarın pillələr arasında soyuması onun həjminin azalması ilə müşahidə edilir, bu da sonrakı pillələrdə iş sərfinin azalmasına gətirib çıxarır.

Çoxpilləli maşının üstünlükləri əsasən həqiqi tsikldə görünür. Hər pillədə işçi təzyiqlərin azalması vermə əmsalının və indikator faydalı iş əmsalının artmasına səbəb olur.

Birpilləli ammonyaklı maşınlar qaynama temperaturu 0- dan -30°C-yə və kondensasiya temperaturu 40°C-dən yuxarı hüdudda, $pp_0 \leq 9$ və $(p-p_0) \leq 1,2 \text{ MHm}^2$ olduqda işləyə bilər. Birpilləli freon-12 ilə işləyən maşınlar qaynama temperaturu 10-dan -30°C-yə kimi, kondensasiya temperaturu 0°C-yə kimi, təzyiqlər nisbəti $pp_0 \leq 9$ və təzyiqlər fərqi $(p-p_0) \leq 0,8 \text{ MHm}^2$ olduqda işləyə bilər.

Şəkil 21.1-də temperaturlar sahəsini zonalara bölən xətlər verilmişdir. Xətlərin aşağıdakı zonalar üçün birpilləli maşınlardan, xətlərin üstündəki zonalar üçün isə iki və ya üçpilləli maşınlardan istifadə etmək lazımdır.

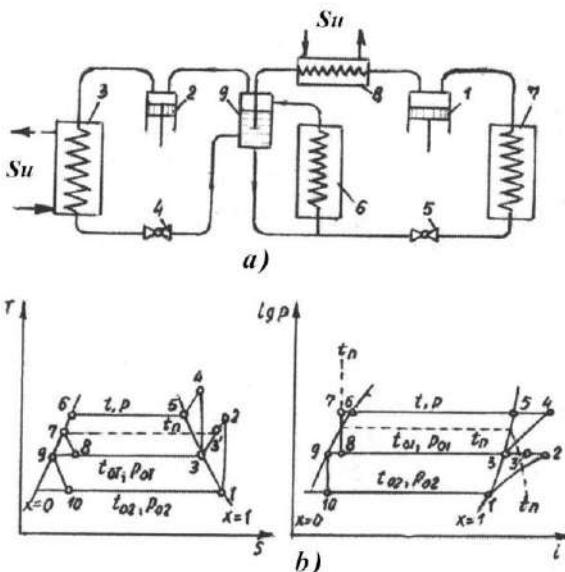


Şək. 21.1. Bir və çoxpilləli kompressoroların istifadə zonalarının təyin edilməsi üçün sərhəd xətləri

İkipilləli maşınlar -60°J qaynama temperaturunda istifadə olunur. Burada buxarın pillələr arasında soyuması tam və ya natamam ola bilər. Birinci halda buxar əvvələjə soyuq su ilə, sonra isə doymuş buxar halına kimi soyuduju agentlə soyudulur. İkinjidə soyudulmaq üçün yalnız sudan istifadə olunur. Soyudulan buxar doymuş hala gətirilir. Maye nizamlayıçı ventildən əvvəl su ilə çox soyudulur və daha çox maye soyuduju agentlə soyudulur.

Şəkil 21.2-də ikipilləli maşının sxemi və işçi tsikli verilmişdir. Sxemdə müxtəlif qaynama temperaturlu iki buxarlandırıcı nəzərdə tutulur. Aşağı p_{02} təzyiqqli t_{02} temperaturlu quru buxar buxarlandırıjıdan aşağı təzyiqqli kompressorla sorulur (diaqramda nöqtə 1) və adiabatik olaraq aralıq p_{01} təzyiqqə kimi sixılır (proses 1-2). Çox qızmış buxar (nöqtə 2) aralıq su soyudujusuna verilir və burada p_{01} sabit təzyiqdə 3' nöqtəsi ilə təyin edilən hala kimi soyudulur (proses 2-3'). Sonra həmin təzyiqdə buxar aralıq çəninə verilərək maye soyuduju agentlə t_{01} temperaturuna

kimi soyudulur (proses 3'-3), yəni doymuş halını (nöqtə 3) alır.



Şək. 21.2. Tam aralıq soyudujulu və iki pillədə nizamlanan ikipilləli soyuduju maşın:

a) soyuduju maşın: 1-aşağı təzyiq kompressoru; 2-yüksək təzyiq kompressoru; 3-kondensator; 4,5-nizamlayıcı ventillər; 6,7-aralıq və aşağı təzyiq buxarlandırıcıları; 8-su soyudujusu; 9-aralıq çəni; b) işçi tsiklin istilik diaqramları

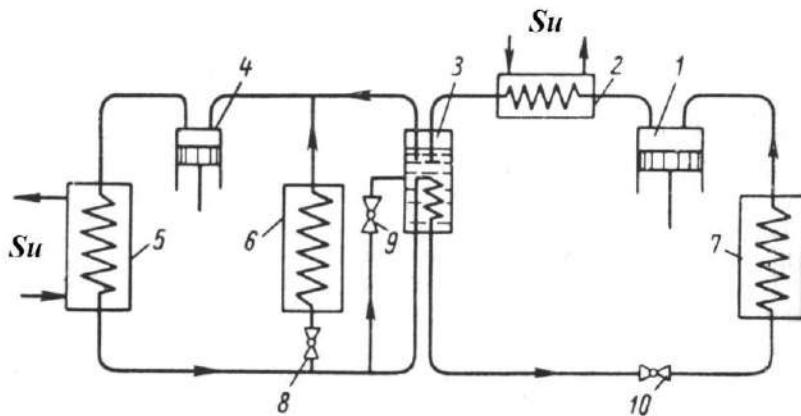
Yüksək təzyiqli kompressor aralıq çəndən doymuş halda: a) aşağı təzyiqli kompressordan verilən və çəndə soyudulan buxarı; b) aralıq təzyiqli buxarlandırıcıdan verilən buxarı; j) birinji nizamlayıcı ventilde drossellənmədən sonra ayrılan buxarı; d) soyudulan buxarın istiliyi hesabına bilavasitə aralıq çəndə yaranan buxarı sorur.

Müəyyən miqdarda buxar 3-4 adiabati ilə p təzyiqinə kimi (nöqtə 4) sıxlılır və çox qızmış halda kondensatora verilir. Burada $p=const$ -da buxarin doymuş halına kimi soyuması (proses 4-5), sonra isə kondensasiyası (proses 5-6) və mayenin çox soyuması (proses 6-7) baş verir. Çox soyumuş maye

kondensatordan birinji nizamlayıcı ventillə aralıq çəninə p_{01} təzyiqə və t_{01} temperaturuna kimi drossellənir (proses 7-8, nöqtə 8).

Drossellənmədən sonra aralıq çənində ayrılan quru doymuş buxar yüksək təzyiq kompressoru ilə sorulur, çənin alt hissəsində çökən maye (nöqtə 9) isə oradan iki istiqamətdə çıxır. Bir axın aralıq təzyiq buxarlandırıcıya, o biri isə nizamlayıcı ventildən (proses 9-10) aşağı təzyiqli buxarlandırıcıya verilir. Soyudulan jisimlərdən istiliyin alınması ilə müşahidə olunan mayenin qaynama prosesi müvafiq izotermrlər (izobarlarla) 9-3 və 10-1 xarakterizə olunur. Hər buxarlandırıcıının soyutma məhsuldarlığı və onlara verilən mayenin miqdarı texnologiya şərtlərlə təyin edilir.

Yuxarıda göstərilən maşının çatışmayan jəhətləri bunlardır: buxarlandırıcılar yağ ilə çırklənir; aralıq çənindən buxarlandırıcı sistemə mayenin verilməsinin nizamlanma çətinliyi. Ammonyaqla işləyən maşınlar üçün tam aralıq soyudujulu və bir pillədə nizamlanan iki pilləli soyuduju geniş yayılmışdır (şək. 21.3). Bu sxemdə birinji pillənin kompressor ilə sixilmiş buxar su soyudujusundan aralıq çənə verilir. Bura drossellənmədən sonra kondensatordan bir qədər maye daxil olur.



Şək. 21.3. Maye soyuduju agentlə işləyən iki pilləli soyuduju maşın:

1-aşağı təzyiq kompressoru; 2-su soyudujusu; 3-aralıq çəni; 4-yüksək

təzyiq kompressororu; 5-kondensator; 6,7-aralıq və aşağı təzyiq buxarlandırıcıları; 8, 9,10-nizamlayıcı ventillər

Bu maye buxarlanaraq çox qızmış buxarı soyudur, həmçinin ilanvari borudan keçən mayenin əsas hissəsini çox soyudur. Soyudulmuş buxar çəndən yüksək təzyiq kompressoruna verilir və kondensasiya temperaturuna kimi sıxlır, ilanvari boruda çox soyumuş maye isə ikinji nizamlayıcı ventillə tam drossellənərək soyuqluq istehsalı üçün aşağı təzyiqli buxarlandırıcıya verilir.

İlanvari borulu aralıq çəni mayenin soyudulması üçün çox vajibdir. Aşağı təzyiq kompressorundan yağ buxarlandırıcıya keçməyərək, aralıq çəndən çökdürülür və vaxtaşırı oradan çıxarılır. Buxarlandırmadan qabaq drossellənmədə təzyiqlərin tam fərqi buxarlandırıcıların yerləşdiyi səviyyədən asılı olmayaraq mayenin verilməsinin nizamlanmasını asanlaşdırır. Sistem rahat avtomatlaşdırılır.

21.2. İkipilləli maşının hesabatı

Ammonya klə işləyən ikipilləli maşının hesabatı aşağıdakı kimi aparılır.

Maşının hesabatı üçün verilənlər:

t_{bl} - aralıq təzyiq buxarlandırıcısı ilə soyudulan mühitin temperaturu;

t_{b2} - aşağı təzyiq buxarandrıcısı ilə soyudulan mühitin temperaturu;

t_{ω} - aralıq su soyudujusunun, maye ammonya kılç çox soyudanın və kondensatorun soyudulması üçün istifadə olunan suyun temperaturu;

Q_{01} - aralıq təzyiq buxarandrıcısının qaynama temperaturunda maşının soyuqluq məhsuldarlığı, Vt ;

Q_{02} - aşağı təzyiq buxarandrıcısının qaynama temperaturunda maşının soyuqluq məhsuldarlığı, Vt ;

Verilmiş soyudulan mühitlərin və suyun temperaturlarından asılı olaraq soyuduğu maşının işçi recimini müəyyən edirik. Qəbul edirik:

t_{01}, p_{01} - aralıq təzyiq buxarandrıcısında qaynama temperaturu və təzyiq;

t_{02} , p_{02} - aşağı təzyiq buxarlandırıjisində qaynama temperaturu və təzyiq;

t , p - kondensasiya temperaturu və təzyiqi;

t_n - nizamlayıcı ventildən əvvəl mayenin temperaturu;

t_{on} - aralıq su soyudujusundan sonra soyudulan buxarın temperaturu.

Qəbul olunur ki, soyuduju maşın eyni qaynama temperaturunda işlədikdə aşağı və yüksək təzyiqli kompressorolarda sixılma dərəjəsi eynidir, yəni

$$\frac{n_{01}}{n_{02}} = \frac{n}{n_{01}},$$

buradan

$$n_{01} = \sqrt{n \rho_{02}}. \quad (21.1)$$

Aşağı təzyiqli buxarlandırıjıda dövr edən ammonyakın miqdарını hesablamaq olar:

$$\Theta_{02} = 3,6 \frac{\Gamma_{02}}{\varphi_{02}} = 3,6 \frac{\Gamma_{02}}{u - u_0} \text{ kg/caan.} \quad (21.2)$$

Aralıq təzyiq buxarlandırıjisində dövr edən ammonyakın miqdarı:

$$\Theta_{01} = 3,6 \frac{\Gamma_{01}}{\varphi_{01}} = 3,6 \frac{\Gamma_{01}}{u_s - u} \text{ kg/caan.} \quad (21.3)$$

Buxarın əlavə soyudulması üçün aralıq çəndən buxarlanan ammonyakın miqdarı:

$$\Theta_o = \frac{\Theta_{02}(u_s - u)}{u_s - u} \text{ kg/caan.} \quad (21.4)$$

Aralıq çəndə sərf olunan mayenin ümumi miqdarı:

$$\Theta_b = \Theta_{02} + \Theta_{01} + \Theta_o \text{ kg/caan.} \quad (21.5)$$

Yüksək təzyiqli kompressorlarda dövr edən ammonyakın miqdarı:

$$\Theta = \frac{\Theta_b}{1 - x_1} = \frac{\Theta_{02} + \Theta_{01} + \Theta_o}{1 - x_1} \text{ kg/caan,} \quad (21.6)$$

burada x_1 - birinci drossellənmədən sonra ammonyakın buxar tutumu.

Aşağı və yüksək təzyiq kompressorlarına daxil olan ammon-yak buxarının həjmi

$$\left. \begin{array}{l} B_{III} = \Theta_{02} \theta_I \\ B_{\delta} = \Theta \theta_3 \end{array} \right\} m^3/caam, \quad (21.7)$$

burada v_I - aşağı təzyiq kompressorundan əvvəl buxarın xüsusi həjmi (nöqtə 1, şək.6.2);

v_3 - yüksək təzyiq kompressorundan əvvəl buxarın xüsusi həjmi (nöqtə 3).

Kompressorların saatlıq həndəsi həjmləri

$$\left. \begin{array}{l} V_{hH} = \frac{V_H}{\lambda_H} \\ V_{hb} = \frac{V_b}{\lambda_b} \end{array} \right\} m^3/ saat, \quad (21.8)$$

burada λ_H , λ_b - aşağı və yüksək təzyiq kompressorlarda vermə əmsalları

$$\begin{aligned} \lambda_{III} &= \phi \left(\frac{n_{0I}}{n_{02}} \right); \\ \lambda_{\delta} &= \phi \left(\frac{n}{n_{0I}} \right). \end{aligned}$$

V_{hH} və V_{hb} qiymətlərinə əsasən hər iki pillənin kompressorlərinin miqdarı və markası seçilir.

Kompressorların elektrik mühərrikinin nəzəri güjü

$$\left. \begin{array}{l} N_{n_{III}} = \frac{G_{02}(i_2 - i_1)}{3600} \\ N_{n_{\delta b}} = \frac{G(i_4 - i_3)}{3600} \end{array} \right\} kWt. \quad (21.9)$$

Kompressorların vallarında olan güj

$$\left. \begin{array}{l} H_{eIII} = \frac{H_{n_{III}}}{\eta_{III} \eta_{mIII}} \\ H_{e\delta} = \frac{H_{n_{\delta b}}}{\eta_{\delta b} \eta_{m\delta}} \end{array} \right\} kBn, \quad (21.10)$$

burada η_i və η_m - indikator və mexaniki faydalı iş əmsalı.

İstilik yükləri:
su soyudujusunun

$$\Gamma_{\delta 0} = \frac{\Theta_{02}}{3,6} (u_2 - u_1) Bn; \quad (21.11)$$

kondensatorun

$$\Gamma = \frac{\Theta}{3,6} (u_2 - u_1) Bn. \quad (21.12)$$

Aralıq çəninin ilanvari borusunun istilik yükü:

$$\Gamma_3 = \frac{\Theta_{02}}{3,6} (u_3 - u_2) Bn. \quad (21.13)$$

21.3. Üçpilləli və kaskadlı soyuduju maşınlar

Qaynama temperaturu -55°C -dən -70°J -yə qədər olduqda üçpilləli soyuduju maşınlardan istifadə olunur. Üçpilləli maşın üç buxarlandırıcı ilə işləyə bilər.

Əgər maşın bir qaynama temperaturunda bir buxarlandırıcı ilə işləyirsə (şək. 21.4), onda aralıq təzyiqlər:

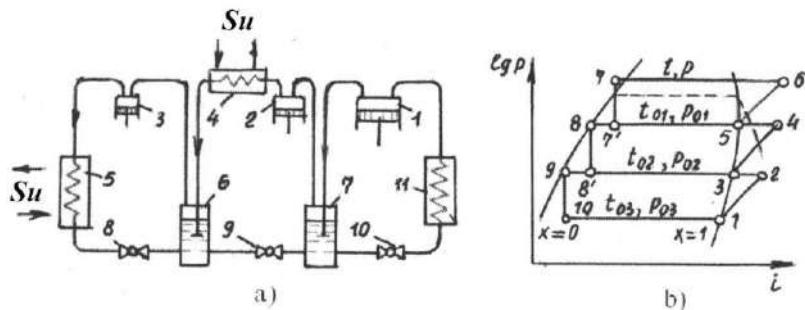
$$\frac{n}{n_{01}} \approx \frac{n_{01}}{n_{02}} \approx \frac{n_{02}}{n_{03}}. \quad (21.14)$$

Üçpilləli soyuduju maşınların tsiklləri ikipilləli maşınların tsikli ilə eynidir. İş aralıq soyudulma, pilləli drossellənmə və aralıq çəndən buخارın çıxarılması ilə yerinə yetirilir.

Bir soyuduju agentlə, hətta çox pilləli maşınlarda aşağı temperaturun alınması hərdən mümkün olmur və ya əlverişli olmur. Aşağı təzyiqdə ammonyakin qaynama və donma ($-77,9^{\circ}\text{J}$) temperaturları yaxın olduğundan onun istifadəsi -70°J temperatura kimi mümkün olur. Yüksək təzyiqli soyuduju agent (freon-13, freon-23) buxarlandırıcı tərəfdən yüksək təzyiq təmin edə bilərlər. Bu soyuduju agentlərə aşağı kritiki temperaturlar məxsusdur. Adi temperaturlu soyuduju sularda bunların istifadəsi mümkün olmur.

Bu halda kaskadlı soyuduju maşınlardan istifadə olunur. Kaskadlı soyuduju maşın müxtəlif qaynama temperaturunda

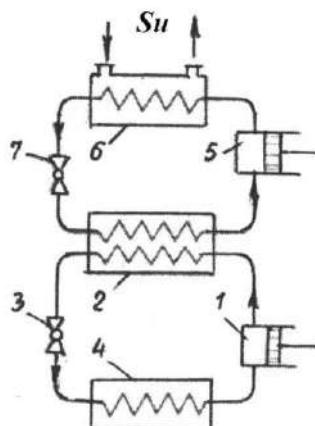
işləyən iki maşından ibarətdir (şək. 21.5).



Şək. 21.4. Eyni qaynama temperaturlu və aralıq üçpilləli maşının sxemi (a) və $i-lgp$ diaqramında tsikli (b):

1,2,3-aşağı, orta və yüksək təzyiqli kompressorlər; 4-su soyudujusu; 5-kondensator; 6,7-aralıq çənləri; 8,9,10-nizamlayıcı ventillər; 11-buxarlandırıcı.

Hər maşında özünəməxsus qapalı bir və ya ikipilləli soyutma tsikli baş verir. Maşınlar ümumi istilikdəyişənlə birləşir. Bu istilikdəyişən buxarlandırıcı-kondensator adlanır. Hər budaq üçün lazım olan işçi maddədən istifadə olunur.



Şək. 21.5. Kaskadlı soyuduju maşın:

1,5-alt və üst kaskadların kompressorları; 2-buxarlandırıcı kondensator; 3,7-nizamlayıcı ventillər; 4-alt kaskad buxarlandırıcı; 6-üst kaskad kon-

densatoru

Alt budaqda qaynama və donma temperaturu aşağı olan soyuduju agentdən istifadə etmək məqsədə uyğundur. Bu, buxarlandırılarda atmosfer təzyiqinə yaxın təzyiq almağa imkan verir. Bundan başqa nəzəri həjmi soyutma məhsuldarlığının artması hesabına kompressorların ölçülərini azaltmağa imkan verir. Alt kaskadın işçi maddəsi çox da yüksək olmayan kritiki temperatura malik ola bilər, çünki bu kaskadda kondensasiya su ilə deyil buxarlandırıcı-kondensatorda baş verir.

Üst budaq üçün orta təzyiqli soyuduju agentlər daha əlverişlidir. Adətən birpilləli maşınlarda istifadə edilən ammonyak, freon-12, freon-22-dən istifadə olunur.

Alt budağında freon-13, üst budağında freon-22 ilə işləyən kaskadlı soyuduju maşınlar geniş yayılmışdır. Kaskadlı soyuduju maşınlarının hesabatı alt budağın verilən soyuqluq məhsuldarlığı ilə aparılır.

Yoxlama sualları

1. Çoxpilləli maşınlar hansı maşınlardır? 2. Hansı şəraitdə çoxpilləli maşınlardan istifadə edilir? 3. Hansı temperaturu əldə etmək üçün çoxpilləli maşınlardan istifadə olunur? 4. Bu maşınların çatışmamazlıqları hansılardır? 5. Ammonyakla işləyən ikipilləli maşının hesabatına hansı parametrlər daxildir? 6. Soyudulan mühitlərin və suyun temperaturlarından asılı olaraq soyuduju maşının işçi recimi nejə müəyyən edilir? 7. Kaskadlı soyuduju maşınlardan nə zaman istifadə olunur?

XXII FƏSİL

**BUXAR SOYUDUJU MAŞINLARIN
KOMPRESSORLARININ KONSTRUKSIUALARI**

Kompressor – soyuduju maşının əsas hissələrindən biridir. O soyuduju agentin buxarlarının buxarlandırıjıdan sorulması, sıxılması və kondensatora qovulması üçündür.

Soyuduju maşının səmərəli işinə əsas energi istehlakçısı olan kompressorun işi təsir edir. İstifadə olunan kompressorlar sərfəli, etibarlı, sadə və ujuz olmalıdır.

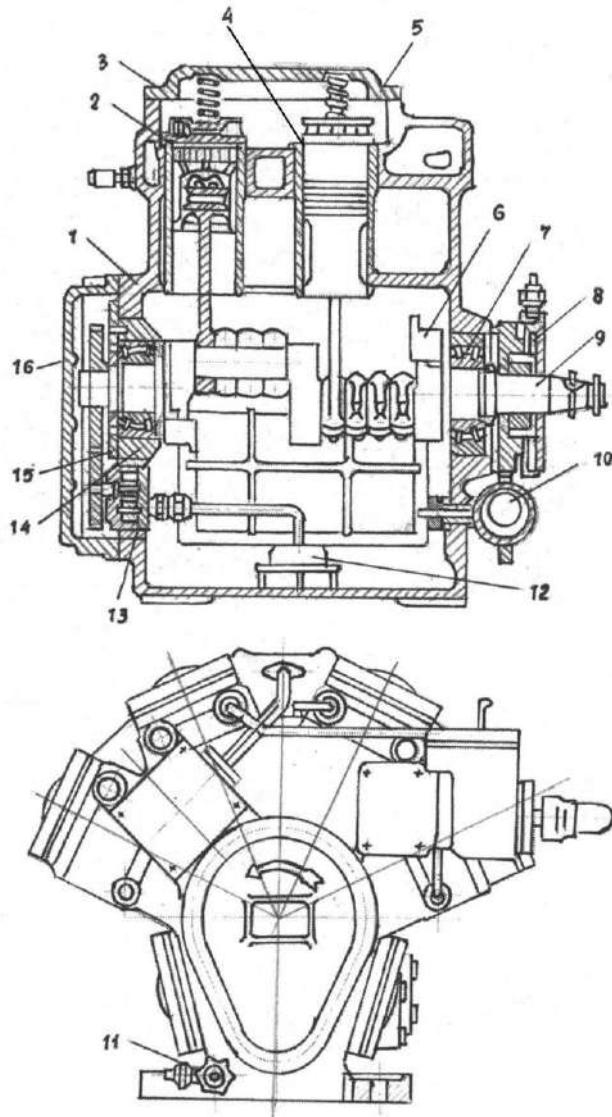
Soyudujluq texnikasında a) porşenli; b) rotorlu; j) mərkəzdənqəçma və ya turbokompressorlardan istifadə olunur. Qida sənayesində ən geniş yayılmış kompressorlar porşenli kompressorlardır.

22.1. Porşenli kompressorlar

Kompressorlar soyuduju qurğular sistemində qaynama temperaturu $+5^{\circ}\text{C}$ -dən -30°C -yə kimi və kondensasiya temperaturu $+40^{\circ}\text{C}$ -yə kimi olan hüdudda işləmək üçün nəzərdə tutulur. Bu halda porşenin qovma və sorma təzyiqlərinin fərqi 1,2 MPa və bu təzyiqlərin nisbəti 9-dan yuxarı olmamalıdır.

Kompressorların avtomatik qoruyujuları olurlar: sovurma təzyiqinin artmaması üçün təzyiq relesi, yaqlamanın verilməsi dayandıqda yaqlama üçün nəzarət relesi, sorma təzyiqi artdıqda temperatur relesi. Kompressorlar iki vakuummetrlə təjhir olunur ki, onlar karterdəki təzyiqə və yağın təzyiqinə nəzarət edirlər. Sorma və qovmaya nəzarət etmək üçün manometr və manovakuummetr üçün yerlər nəzərdə tutulur.

Kompressorun blok-karteri 1 çuqundan tökmə şəklində hazırlanır (şək. 22.1). Blok-karterdə soruju və qovuju boşluqlar olur. Burada bağlayıcı ventillər yerləşir. AU45, AUU90, 22FU45 və 22FUU90 kompressorlarda qovuju boşluqlar xariji kollektorla birləşir. Bu da maşının ümumi qızmasını və sorulan buxarın zərərli işinməsini azaldır. Blok-karterdə çarxqolu-sürgülu mexanizminə baxmaq üçün yan qapaqları olur.

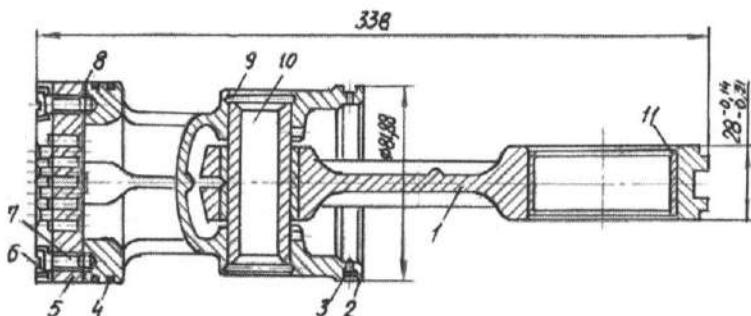


Şək. 22.1. 22 FUU 90 tipli kompressor:

1-blok-karter; 2-klapan; 3-silindrin qapağı; 4-gilz; 5-porşen; 6-əks yük; 7-yastıq; 8-kipgəj; 9-dirsəkli val; 10-yağ süzgəji; 11-buraxılı ventil; 12-torlu süzgəj; 13-yağ nasosu; 14-yastığın gövdəsi; 15-dayaq flənsi; 16-qapaq

Ön qapaq yağ nasosunun intiqalının dişli çarxlarına baxmaq üçün, üst qapaq isə kompressorun sorma və qovma klapanlarına baxmaq üçündür. Qapaqların birində yağıñ səviyyəsinə nəzarət üçün baxış aynası yerləşir. Silindrin üst hissəsində su köynəkləri olur. Dirsekli val 9 iki dirsekli, iki dayaqlıdır. Dirsekler bir müstəvidə 180° bujaq altında yerləşir. Val iki yastıqda dayanır.

Sürgüqolu 1 poladdan hazırlanır (şək. 22.2). Onun alt başlığında polad içliklər yerləşir. Onlar babbittə örtülür. Çəp kəsikli üst başlıq aylılıq oymaqlar preslənir. Porşenin 2 üst hissəsində iki kipləşdiriji yağ sıyırı, alt hissəsində isə bir üzük olur. Bunlar silindrlerin sıxma kamerasından qazın çıxmasının və karterdən silindrə yağıñ axmasının qarşısını alır. Üzüklər qıflı hazırlanır. Soruju klapan 5 lentlidir, vintlərlə porşenə bərkidilir.



Şək. 22.2. Kompressorların porşen-sürgüqolu qrupu:

1-sürgüqolu; 2-porşen; 3-yağ üzüyü; 4-təzyiq üzüyü; 5-soruju klapan; 6-qıflı; 7-vint; 8-araqatı; 9-yaylı üzük; 10-barmaq; 11-sürgüqolunun içliyi

Porşen barmağının 10 içi boşdur, ox boyunja hərəkətdən onu təsbitediji üzüklər saxlayır. Barmaq və silindrin divarları püs-kürmə ilə yağılanır.

Süzgəj 12 kompressorun karterində, yağı süzgəji 10 isə kompressorun xarijində kipgəjin altında yerləşir. Qoruyuju klapan kompressorun soruju boşluğununda qurulur, açılmada təzyiq 1,6 MPa-a, bağlanmada isə 1,5 MPa-a

nizamlanır. Qovma boşluğununda təzyiq artdıqda soyuduju agentin buxarları qovma boşluğundan sorma boşluğunna keçir.

Şaquli və V şəkilli ammonyaklı və freonlu kompressorların texniki xarakteristikası jədvəl 22.1 və 22.2-də verilmişdir.

Jədvəl 22.1

Ammonyaklı porşenli bir pilləli düzaxınılı blok karterli kompressorların texniki xarakteristikaları

Göstərijilər	AV100D	AV103D	AV22	AU45	AUU90	P110
Soyutma məhsuldarlığı, kJoulsaat: qayna ma temperaturu-15°C, kondensasiya +30°C ol dunda	42000	315000	69300 98700	138600 197400	277200 394800	462000
Silindrlərin sayı	2	2	2	4	8	4
Silindrin diametri, mm	150	150	82	82	82	150
Rotorun fırlanma tezliyi, dövrdəq	960	720	960 1440	960 1440	960 1440	1470
Kompressorun kütləsi	1105	1105	525	745	1335	1050

İki pilləli sıxılan aqreqatlar (ADS) iki ədəd birpilləli rotorunun fırlanma tezliyi 1440...1460 dövrdəq (aşağı təzyiqli kompressor) olan AB100 (AB22, AU45, AUU90) və fırlanma tezliyi 970 dövrdəq-dən yüksək təzyiqli AB22 (AU45) kompressorlarla komplektləşir. Aqreqata iki yağıyırıcı və bir aralıq çəni daxildir.

Məişət soyudujuları və dondurujularında birsilindrli porşenli germetik kompressorlardan (motor-kompressorlardan) istifadə olunur (şək. 22.3). XKB, DX və FQ tipli kompressorlar R12 və ozon təhlükəsi olmayan soyuduju agentlə işləyir və elektrik mühərriki ilə bir valda birləşir. DX tipli kompressorların çarxqolu-sürgüqolu mexanizmi, üfiqi valı və daxili asqısı, FQ, XKB tipli kompressorların isə çarxqolu-sürgüqolu mexanizmi, şaquli valı və daxili asqısı olur.

Kompressorun elektrik mühərrikinin işə düşməsi və

müdafisi rele ilə yerinə yetirilir. DX və FQ tipli kompressorların texniki xarakteristikası jədvəl 22.3-də verilmişdir.

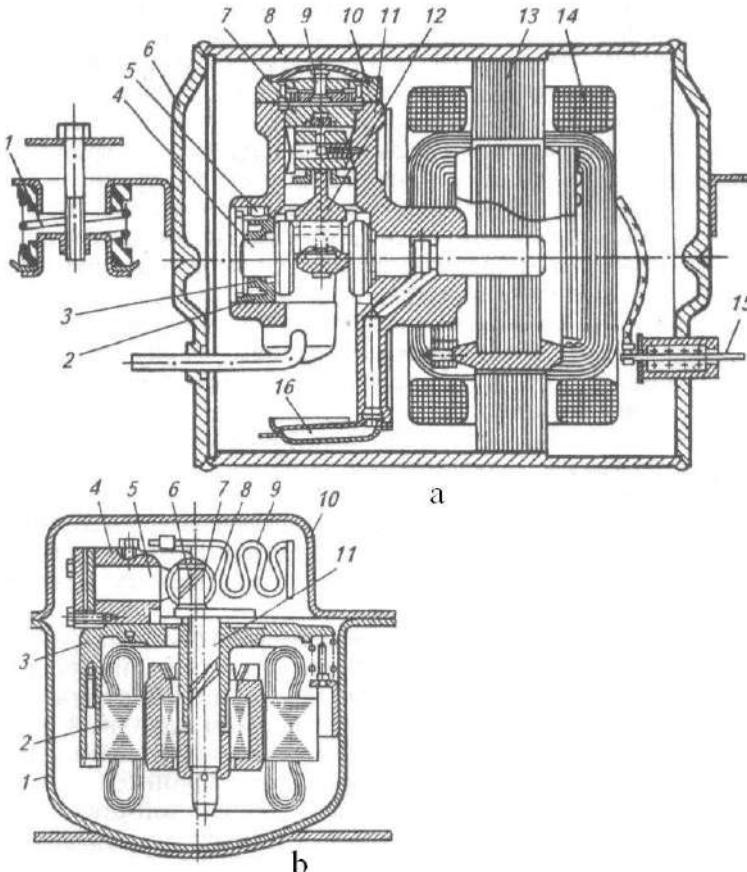
Jədvəl 22.2

Freonlu porşenli birpilləli düzaxınlı blok – karterli kompressorların texniki xarakteristikası

Göstərijilər	FV6	FU40	FU40RG	FUU80	22FV22	22FU45	22FUU90
Soyutma məhsuldarlığı, kJoulsaat: -qaynama temperaturu-15 °J, ətraf hava temperaturu +20°J olduqda -qaynama temperaturu +5°J, soyudan suyun temperaturu +22°J olduqda	11970	134400	178500	336000	100800	201600	403200
Silindrlərin sayı	2	4	4	8	4	4	8
Silindrlərin diametri, mm	41	82	82	82	82	82	82
Rotorun firlanma tezliyi, dövrdəq	1430	970	1450	1460	1440	1440	1440
Freonun kütləsi, kq	10	140	160	315	140...170	300...340	350
Yağın kütləsi, kq	3,4	20	20	30	5	5	35
Kütle, kq	35	270	270	450	265	515	455

Asqı daxilində olduqda kompressor və elektrik mühərrikinin statoru 14 ümumi silindrik köynəyə 8 yerləşdirilir və vintlərlə çəkilir (şək. 22.3.a). Köynək iki tərəfdən metal

silindrə qaynaq edilmiş qapaqlarla örtülür.



Şək. 22.3. Germetik kompressorlar:

- a) xariji asqlı: 1-yaylı asqı; 2-qifili üzük; 3-valin qabaq yastiğı; 4-dir-səkli val; 5-yastığın stoporu; 6-köynəyin qapağı; 7-porşen; 8-köynək; 9-pərçim; 10-başlıq; 11-gövdə; 12-sürgüqolu; 13-rotor; 14-elektrik mühərrikinin statoru; 15-keçid kontaktları; 16-yağ qəbulədijisi; b) FQ-0,100: 1-köynək; 2-stator; 3-gövdə; 4-silindr; 5-porşen; 6-çarxqolu; 7-kulis; 8-sürünəgəj; 9-borulu səsboğan; 10-köynəyin qapağı; 11-val

Elektrik mühərrikinə gərginlik vermək məqsədilə 15 və soyuduju aqreqatı yağıla və soyuduju agentlə doldurmaq üçün qapaqların birinə keçid kontaktları və ştuser (və ya doldurma

borusu) lehimlənir.

Jədvəl 22.3

Kompressorların texniki xarakteristikası

Göstərijilər	DX-1010	DX2-1010	FQ-0,100	FQ-0,225
Soyutma məhsuldarlığı, Vt	165	140	116	145
İstifadə olunan güj, Vt	180	160	135	150
Rotorun firlanma tezliyi, dəq ⁻¹	1450	1450	2920	2920
Silindrin diametri, mm	27	27	21	23
Porşenin gedisi, mm	16	14	14,2	14,2
Həcmi məhsuldarlıq, V·10 ⁵ , m ³ san	22,2	19,4	12,2	14,4
Kütle :				
yağın, qr	430	430	350	350
kompressorun, kq	14	14	9	9,5

Kompressorun köynəyi çərçivəyə yaylarla 1 asılır. Yaylı asıq soyuduju şkafın silkələnməsini dəf edir, çünkü kompressor nə qədər tarazlansa elektrik mühərrikinin işə düşmə və əsasən dayanması zamanı titrəmələr baş verir.

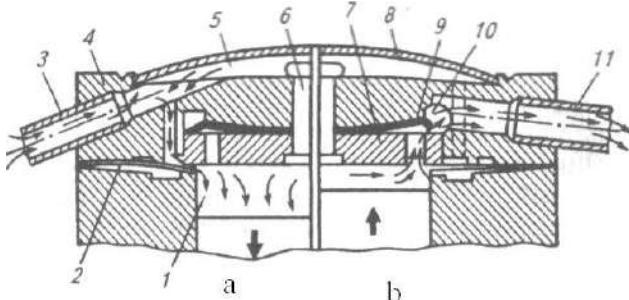
DX tipli kompressorlarının əsas hissəsi çuqundan tökülmüş gövdədir 11. Gövdənin üst hissəsində silindr yerləşir. Onun bir tərəfində altdan dirsəkli valın 4 yastığı, o biri tərəfdən isə qabaq yastığın 3 yuvası yerləşir. Yastıq yuvaya stoporla 5 və qıflı üzük ilə 2 bərkidilir.Dirsəkli vala elektrik mühərrikinin rotoru 13 geydirilir. Silindrin yuxarısına isə klapan qurğusu və səsboğanlı başlıq 10 vintlərlə bərkidilir.

Polad başlığın gövdəsi iki kameradan ibarətdir (şək. 22.4). Sorma kamerası 5 soruju qısaboru 3 və soruju səsboğanla köynəklə birləşir. Sorma kamerasının üstündə səsboğanı olur.

Qovma kamerasından çıxan qovuju qısa boru 11 səsboğan silindrə yəhərdə 7 dairəvi yerləşən deşiklər vasitəsilə birləşə bilər. Yəhər başlığın 4 gövdəsinə preslənir və qovuju klapanla birgə ortasında gövdə ilə pərçim 6 vasitəsilə birləşir. Klapanın hər ikisi lövhəlidir və yüksək karbonlu poladdan hazırlanır.

Kompressorun klapanları aşağıdakı kimi işləyir: porşenin aşağı hərəkətində silindrde 1 yaranan seyrəkləmə nətiyəsində yəhərə 2 dairəvi sıxılan soruju klapan 2 açılır (şək. 22.4.a). Soyuduju agentin buxarları kompressorun köynəyindən soruju

qısa boru 3 və səsboğandan keçərək sorma kamerasına 5 və sonra başlığın yarıqlarından keçərək silindrə daxil olur. Porşenin eks gedişində soruju klapan soyuduju agentin qovma kamerasına çıxmasına mane olur (şək. 22.4,b).



Şək. 22.4. Klapanların işləmə sxemi:

a-sorma; b-qovma; 1-silindr; 2-soruju klapan; 3-soruju qısa boru; 4-başlığıñ gövdəsi; 5-sovuruju kamera; 6-pərçim; 7-klapanların yəhəri; 8-sorma kamerasının səsboğanı; 9-qovuju klapan; 10-qovma kamerası; 11-qovuju qısa boru

Soyuduju agentin sıxlımlı buxarları çevrə boyunja qovuju klapanı 9 qaldıraraq qovma kamerasına 10 daxil olur və oradan isə qovuju qısaboru 11 və səsboğandan keçərək qovuju borujuğa daxil olur.

Sorma və qovma tərəflərində səsboğanın olması kompresso-run işi zamanı onun səsini azaldır. Sorma səsboğanı iki, qovma səsboğanı isə dörd kameradan ibarətdir.

Soyuduju agentin buxarları köynəkdən səsboğana iki boru vasitəsilə verilir. Bu hər borunun en kəsiyini azaltmağa imkan verir, bu da səsin azalmasına gətirib çıxarır.

Soruju, qovuju borular və həmçinin səsboğan silindrin başlığının gövdəsinə mislə lehimlənir.

Kompressorun porşeni poladdan hazırlanır və iki kipləşdiriji yarığı olur. Sürgüqolu isə çuqundan hazırlanır. Alt başlıq sökülləndir. Sürgüqolunun alt və üst başlıqları iki boltla birləşir. Sürgüqolunun üst başlığına stopor vasitəsilə porşen barmağı bərkidilir.

Dirsəkli val poladdan hazırlanır, iki dayaqlıdır. Arxa ana boynunda ekssentrikli hazırlanmış oymaq olur. Bura yay vasisilə plunger sıxlıır. Yarıq rotor, plunger isə yaq nasosunun pəri kimi xidmət edir.

Kompressorun yağlanması aşağıdakı kimi baş verir. Köynəyin alt hissəsində yerləşən yaq nasosla yaqəbulediji və giriş kanallarından yastığın yarığına verilir. Yaq valın yarığından keçərək qabaq yastığa verilir, eyni zamanda sürgüqolunun alt başlığı yağlanır. Qabaq yastıqdan yaq silindrin yarığına keçir. Poşen hərəkət etdikdə silindirdəki yaq yarıqdan keçərək barmağı yağlayır. Yaq nasosunun normal işləməsi üçün yaqəbulediji həmişə yaqın içində olmalıdır.

Daxili asqlı çarxqolu-kulis tipli kompressorların fırlanma tezliyi 50 san^{-1} -dir. Belə kompressorların üstünlükləri kiçik kütlə və qabarit ölçülərinə malik olması, səsin və titrəmənin az olmasına.

Çarxqolu-kulis mexanizmlı FQ-0,100 (şək.7.3.b) tipli kompressoru şaquli vallı olaraq 11 qapalı 10 polad köynəkdə 1 yerləşir. Elektrik mühərikkinin statoru 2 boltlarla gövdəyə 3 bərkidilir. Rotor kompressorun valında 11 yerləşir. İş prinsipi: çarxqolu 6 sürgüngəji 8 kulisdə 7 hərəkətə gətirir. Sürgüngəj porşenə 5 lehimlənmişdir. Val 11 eyni zamanda mərkəzdənqəçma tipli yaq nasosunun rolunu da yerinə yetirir. Yaq şaquli yarığa daxil olaraq mərkəzdənqəçma qüvvəsinin təsirindən çarxqolunun ana boynunda olan spiralvari yarığa keçir. Səsin azalması üçün sorğu, qovuju və borulu 9 səsboğanlar nəzərdə tutulur.

Germetik kompressorun örtüyü 2 MPa təzyiqdə möhkəmliyini qoruyub saxlamalıdır. İş recimində kompressorun səs səviyyəsi 43 dBA-dan çox olmamalıdır.

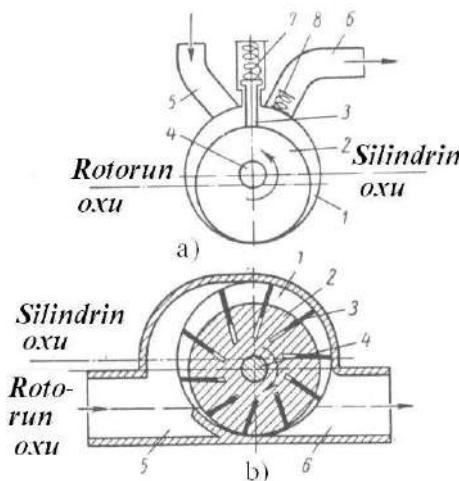
22.2. Rotorlu kompressorlar

Soyudujuluq texnikasında əsasən iki tip rotorlu kompresorlardan istifadə olunur: diyirlənən rotorlu-porşenli və fırlanan rotorlu-lövhəli kompressorlar. Rotorlu kompresorların əsas hissələri tərpənməyən silindr-stator, diyirlənən və ya

fırlanan porşen-rotor, lövhələr, rotorun intiqal valı və klapanlardan ibaretdir (şək. 22.5).

Diyirlənən rotorlu kompressorun porşen-rotoru silindrin oxuna nəzərən eksentrik yerləşir və silindrin gövdəsində yerləşən mərkəzi valın eksentrikinin köməyi ilə işə salınır. Porşenin diametri silindrin diametrindən azdır. Eksentrik firlandıqda porşen fırlanır, silindrin daxili səthi üzrə diyirlənir. Bu zaman oraqsəkilli məsafə yaranır. Silindr və porşen-rotor arasındaki bu məsafə lövhə ilə soruju və qovuju boşluğa bölünür. Rotor yuxarıya doğru hərəkət etdikdə soruju boşluq artır. Buxarlandırıjıdan gələn buxar bu boşluğu tədrijən doldurur. Bu vaxt rotor qovuju boşluqdakı buxarı sıxaraq kondensatora verir. Eksentrik valın bir dövründə kompressorun tam iş tsikli, yəni buxarın sorulması, sıxılması, kondensatora qovulması baş verir.

Diyirlənən porşenli RKF-0,9 kompressoru soyutma məhsuldarlığı 1050 Vt (~900 kkalsaat) olan soyuduju qurğular üçün nəzərdə tutulur (şək. 22.6).

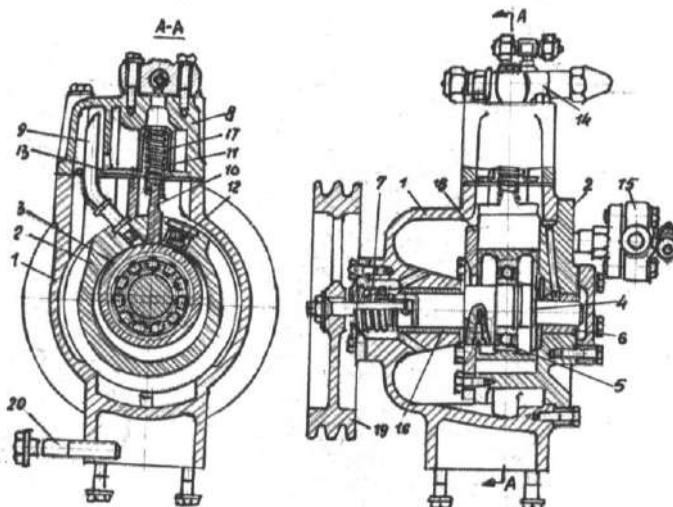


Şək. 22.5. Rotorlu kompressorların sxemi:

- a) diyirlənən rotorlu kompressor; b) fırlanan rotorlu kompressor (lövhəli); 1-silindr, 2-rotor, 3-lövhələr, 4-val; 5-soruju qısa boru; 6-qovuju qısa boru; 7-yay; 8-qovuju klapası

Eşer Fiss firması (İsveçrə) diyirlənən rotorlu Rotasko tipli kompressorlar buraxır. Bunların soyutma həjmi məhsuldarlığı 10- dan 2800 m^3/saat kimiidir. Diyirlənən porşenli kompressorlar enerji göstərişilərinə görə müasir porşenli kompressorlara yaxındır. Bu kompressorlar aşağı sürtünmə işi ilə, kiçik qabarit ölçüləri və az metal tutumluluğu ilə fərqlənirlər.

Fırlanan rotorlu kompressorda silindrdə ekssentrik yerləşən rotor-porşen öz oxu istiqamətində fırlanır.

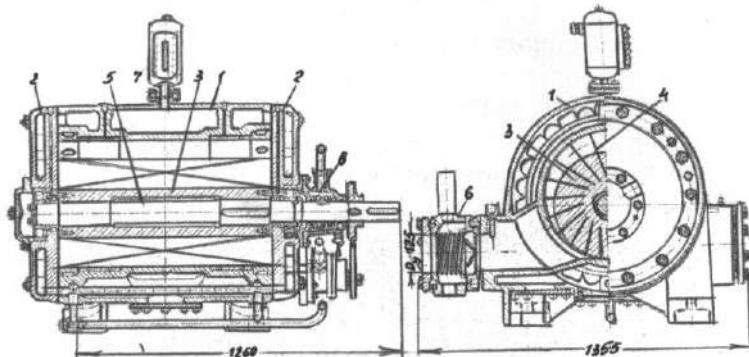


Şək. 22.6. Diyirlənən porşenli RKF-0,9 freonlu rotorlu kompressorun sxemi:

1-kompressorun gövdəsi; 2-silindr; 3-rotor; 4-ekssentrik val; 5-kürəli yastıq; 6-silindrin bürünj tixajı; 7-silfon kipgəj; 8-kompresssorun başlığı; 9-soruju boru; 10-pər; 11-pərin yayı; 12-qovuju klapan; 13-yağayırlıjsının qapağı; 14-soruju ventil; 15-qovuju ventil; 16-gövdənin bürünj tixajı; 17-yayın dayaq stəkanı; 18-silindrin qapağı; 19-nazimçarx; 20- sixij bolt

Rotorda radial istiqamətdə yarıqlar olur. Bu yarıqlara sürüşən lövhələr yerləşdirilir. Rotor firlandıqda onlar mərkəzdənqəçmə qüvvəsinin təsiri nətijəsində silindrin səthinə sıxlılır. Bunun hesabına buxarin sorulması və sıxlılması baş verir,

eyni ölçü və fırınma tezliyində bu kompressorların həjmi məhsuldarlığı diyirlənən rotorlu kompressorların həjmi məhsuldarlığından 2 dəfə yuxarı olur. Lövhəli rotorlu kompressorlar böyük həjmədə buxarı hərəkətə gətirmək üçün çox əlverişlidirlər (şək. 22.7). Rotorlu kompressorlar hərəkətediji hissələrinin az olması ilə sadə olmaqla, istismarı etibarlıdır.



Şək. 22.7. Rotorlu çoxlövhəli buster-kompressor:

$$Q_0=300 \text{Mkalsaat}, t_0=-40^\circ\text{J}, V_h=2050 \text{m}^3\text{saat}, n=720 \text{ dövrdəq}$$

1-silindr-stator; 2-yastıqlı qapaq; 3-rotor; 4-lövhələr; 5-val; 6-qovuju klapa; 7-yağ çəni; 8-kıpgəj

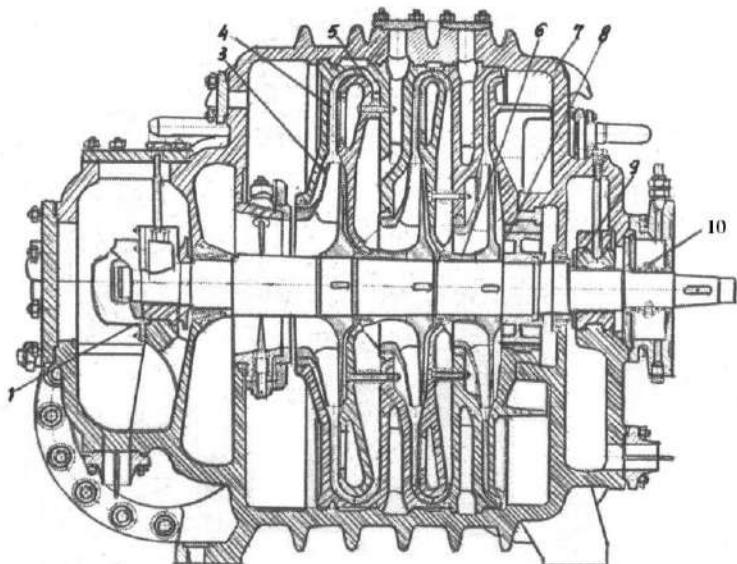
RAB-300 ammonyaklı rotorlu kompressorun soyutma məhsuldarlığı $Q_0=350000 \text{ Vt} \approx 300000 \text{ kkalsaat}$, iki pilləli qurğularda alt pillə kimi işlədikdə $V_h=530 \text{ m}^3\text{saat}$ dır. Bu kompressor -60°J temperaturda da işləyə bilir.

22.3. Mərkəzdənqaçma kompressorları (turbokompressorlar)

Mərkəzdənqaçma tipli kompressorun əsas hissələri gövdə, vala geyindirilmiş işçi pərlər, diffuzor, əks istiqamətləndirilən aparatlar, ilbis, yastıqlar, yağlayıcı və kipləşdirici qurğulardan ibarətdir (şək. 22.8).

Kompressor aşağıdakı kimi işləyir.

Buxarlandırıjıdan buxar soruju kameraya verilir və oradan fırlanan pərlərlə yaranan kanallara keçir. Mərkəzdənqacma qüvvəsinin təsiri nətijəsində buxar işçi çarxın kənarlarına verilir, qazın təzyiqi və mütləq sürəti artır. İşçi çarxdan buxar diffuzora verilir. Keçid kəsiyinin böyüməsi nətijəsində diffuzorda qazın sürəti düşür. Burada kinetik energi potensial enerciyə çevrilir və qazın təzyiqi artır. Sonra əks istiqamətləndiriji aparatin kanalları ilə buxar o biri işçi çarxa tərəf ötürülür. Buxar bir neçə işçi çarxdan keçərək lazımı təzyiqə kimi sıxılır. Bir işçi çarxi, diffuzor və əks istiqamətləndiriji aparat kompressorun bir pilləsidir. Axırınkı pillədən sonra ilbis yerləşir. O, buxarın qovuju boru kəmərinə verilməsinə xidmət edir. İlbində buxarın sürəti tədrijən azalır, statiki basqı isə əlavə olaraq artır.



Şək. 22.8. Freonlu turbokompressor:

1,9-yastiqlar; 2-fırlanan pərlər mexanizmi; 3-işçi çarx; 4- pərsiz diffuzor; 5-əks istiqamətləndiriji aparat; 6-labirint; 7-ilbis; 8-boşaldığı porşen; 10-kipgəj

Kompressorun işçi çarxlar geyindirilmiş valı dayaq yastıqla-

rında yerləşir. Valın o biri tərəfi örtüyün çıxışında kipgəj vasi-təsilə kipləşdirilir. Yastıqlar və kipgəj xüsusi yağı nasosu ilə yağılanır.

Mərkəzdənqəçma kompressorunun pillələrinin sayı bir çarxla yaradılan basqıdan asılıdır. Axırınkı isə öz növbəsində işçi çarxin fırlanma sürətindən, pərlərin formasından və soyuduju agentin fiziki xassələrindən asılıdır. Adətən $n=3500\dots1500$ dövrdəq və xətti sürəti $200\dots300$ msan olduqda pillələrin sayı 4-dən yüksəri olmur.

İşçi çarxlarının sayı az olan kompressorlarda yüksək molekulalar kütləli və pp_0 az olan soyuduju agentdən istifadə olunur. Ağır soyuduju agentlərdən istifadə etdikdə ($\mu=22,4$) bir pillədə yaranan sıxılma dərəjəsi artır. Misal üçün çevrə boyunja sürəti $u=200$ msan olan çarxdə havanı ($\mu=29$) sıxdıqda bir pillənin sıxılma dərəjəsi $\varepsilon=1,3$; freon-12 ($\mu=121$) sıxdıqda isə $\varepsilon=2,6\dots2,8$ olur. Freon-12 ilə işləyən kompressorlarda qaynama temperaturu 0-dan 5°J -yə kimi və kondensasiya temperaturu $t=30^{\circ}\text{J}$ olduqda buxarı bir pillədə sıxmaq kifayətdir, qaynama temperaturu $t_0=-40^{\circ}\text{J}$ üçün isə üç pillə tələb olunur.

Kiçik mərkəzdənqəçma kompressorlarında az həjmi soyutma məhsuldarlıqlı q_v soyuduju agentlərdən istifadə etmək sərfəlidir. Bu halda kompressorda sorulan buxarın həjmi və keçid kəsikləri artır, bu da onun faydalı iş əmsalının artmasına səbəb olur.

Göstərilən tələblərə bir çox freonlar javab verir. Qaynama temperaturu 5 -dən -10°J -yə qədər olduqda, məsələn, havanın soyudulması və ya istilik nasosları üçün freon-11, freon-113, freon-142-dən istifadə olunur. Daha aşağı temperaturlar üçün -20 -dən -30°J -yə kimi olduqda freon-114 və freon-21-dən istifadə olunur, -30 -dan -60°J -yə kimi freon-12, -50 -dən -80°J -yə kimi freon-22 və -80 -dən -120°J -yə kimi olduqda freon-13-dən istifadə olunur.

Yüksək faydalı iş əmsalı olan mərkəzdənqəçma kompressorunun işləməsi üçün ($n=5000\dots10000$ dövrdəq) axırınkı pillənin çarxından çıxan buxarın həjmi $800\dots1000 \text{ m}^3\text{saat}$ olmalıdır. Bu halda freon-11 istifadə etdikdə mərkəzdənqəçma kompressoru-

nun işi sərfəli olur: freon-11 ilə işlədikdə 200000 kkalsaat; freon-21-də 300000 kkalsaatdan çox; freon-142-də 600000 kkalsaatdan yuxarı; freon- 12-də isə 800000 kkalsaatdan yuxarı.

Porşenlilərlə müqayisədə mərkəzdənqaćma kompressorlarının aşağıdakı üstünlükleri vardır: maşının nisbətən az kütləyə və kiçik qabarit ölçülərinə malik olması, maşının yüksək tarazlığı, tez yeyilən hissələrin olmaması, soyuduju agentdə yağlama materialının olmaması, soyutma məhsuldarlığının geniş hüdüddə nizamlanması imkanının olması, çöxpilləli sıxmanın rahatlığı. Göstərilən üstünlükler soyuduju istehsalında mərkəzdənqaćma kompressorlarından geniş istifadə edilməsinə səbəb olur.

Yoxlama sualları

1. Soyudujuluq texnikasında hansı kompressorlardan istifadə olunur?
2. Kompressorların hansı avtomatik qoruyucuları olur? 3. Hansı porşenli kompressorlar var? 4. Rotorlu kompresorlar hansı tipdə olur? 5. Diyirlənən rotorlu kompressorlar hansı hissələrdən ibarətdir? 6. Fırlanan rotorlu kompressorlar hansı hissələrdən ibarətdir? 7. Diyirlənən rotorlu kompressorlar fırlanan rotorlu kompressorlardan nə ilə fərqlənir? 8. Mərkəzdənqaćma tipli kompressorun quruluşu və iş prinsipi nejədir? 9. Porşenli kompressorlarla müqayisədə mərkəzdənqaćma kompressorları hansı üstünlük'lərə malikdir?

XXIII FƏSİL
SOYUDUJU MAŞINLARIN İSTİLİK MÜBADİLƏSİ
APARATLARI

23.1. Soyuduju aparatlarda istilik ötürmə

Soyuduju aparatlarda (kondensatorlarda, buxarlandırıjlarda, soyuduju batareyalarda və s.) gedən proseslər istiliyin yüksək temperaturlu mayelərdən aşağı temperaturlu mayelərə ötürülməsi ilə bağlıdır. İstilik mübadiləsi mayeləri ayıran arakəsmədən keçərkən və ya başqa hallarda bilavasitə toxunma nətijəsində baş verir.

Arakəsmə ilə ayrılan mayelər arasında istilik mübadiləsi.
 Eyni jinsli F sahəli səthlə ayrılan t_1 və t_2 temperaturlu mayenin istilik axını (şək. 23.1)

$$\Gamma = \kappa \Phi (\vartheta - \vartheta_2), Bn, \quad (23.1)$$

burada k – istilikötürmə əmsalıdır, $Vt(m^2\text{dər.})$.

Xüsusi istilik axını

$$\varepsilon_\phi = \frac{\Gamma}{\Phi} = \kappa (\vartheta - \vartheta_2) = \frac{\vartheta - \vartheta_2}{P}, Bm/m^2. \quad (23.2)$$

Xüsusi istilik axını temperaturlar basqısına düz mütənasib və tam termiki müqavimətə tərs mütənasibdir.

Tam termiki müqavimət

$$R = \frac{1}{k} = R_1 + R_d + R_2 = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}, m^2 \text{ dər } Vt. \quad (23.3)$$

$P_1 = 1/\alpha_1$ və $P_2 = 1/\alpha_2$ (istilikvermə əmsallarının tərsi) qızdırılan və qızdırılan mayelər tərəfindən termiki müqavimətlərdir. $P_d = \sum \delta/\lambda$ - divarın termiki əmsalıdır, materialın qalınlığı və istilik keçirməsi ilə təyin edilir.

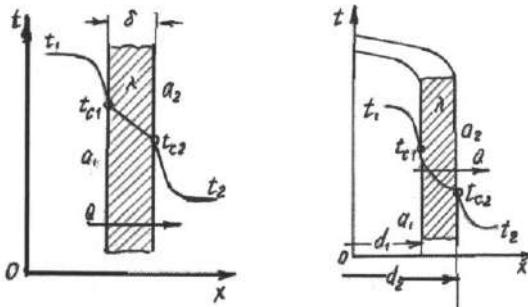
Ümumi termiki müqavimət bunların hər birindən böyükdür, yəni

$$\frac{1}{\kappa} > \frac{1}{\alpha_1}; \quad \frac{1}{\kappa} > \sum \frac{\delta}{\lambda}; \quad \frac{1}{\kappa} > \frac{1}{\alpha_2}; \quad \kappa < \alpha_1; \quad \kappa < \frac{\lambda}{\delta}; \quad \kappa < \alpha_2.$$

Yəni istilikötürmə əmsali həmişə istilikvermə (α_1 və α_2)

əmsallarından kiçikdir:

$$\kappa = \frac{I}{\frac{I}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{I}{\alpha_2}}.$$



Şək. 23.1. Mayelərdə və onları ayıran divarda temperaturun dəyişmə əyrisi

Şək. 23.2. Mayelərdə və onları ayıran silindriksid divarda temperaturun dəyişmə əyrisi

Divarların temperaturlarını təyin etmək üçün $m_l = \bar{m} - \frac{\varepsilon \phi}{\alpha_1}$;

$$m_2 = \bar{m} - \varepsilon \phi \left(\frac{I}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} \right);$$

$$m_2 = \bar{m} + \frac{\varepsilon_m}{\alpha_2}. \quad (23.4)$$

Divarın temperaturu həmişə α əmsalı yüksək olan mayenin temperaturuna yaxındır.

Əgər mayelər arasındakı istilik mübadiləsi borunun divarından keçərək baş verirsə, (şək. 8.2) onda 1 m borunun uzunluğuna xüsusi istilik axını

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{\Gamma_{\lambda}}{\lambda} = \kappa_{\lambda} (\bar{m} - m_2) = \frac{\bar{m} - m_2}{P_{\lambda}}, \text{ Bm/λ}, \quad (23.5)$$

burada k_{λ} – istilikötürmə əmsalı, $Vt(m \cdot dər)$;

R_{λ} – termiki müqavimət, $m \cdot dər Vt$;

R_ℓ müqaviməti mayelərin istilikvermə və boru divarının müqavimətləri jəmindən ibarətdir:

$$P_\ell = P_{\ell,1} + P_{\ell,\partial} + P_{\ell,2};$$

$$P_{\ell,1} = \frac{I}{\alpha_1 \Phi_1} = \frac{I}{\alpha_1 \pi \partial_1};$$

$$P_{\ell,2} = \frac{I}{\alpha_2 \Phi_2} = \frac{I}{\alpha_2 \pi \partial_2};$$

$$P_{\ell,\partial} = \frac{I}{2\pi\lambda} \pi H \frac{\partial_2}{\partial_1},$$

burada d_1 , d_2 - borunun daxili və xariji diametrləri, m . Beləliklə,

$$P_\ell = \frac{I}{\pi \partial_1 \alpha_1} + \frac{I}{2\pi\lambda} \pi H \frac{\partial_2}{\partial_1} + \frac{I}{\pi \partial_2 \alpha_2}.$$

Istilikötürmə əmsalı

$$\kappa_\ell = \frac{1}{\frac{I}{\pi \partial_1 \alpha_1} + \frac{I}{2\pi\lambda} \pi H \frac{\partial_2}{\partial_1} + \frac{I}{\pi \partial_2 \alpha_2}}, Bm/(m \cdot \partial H). \quad (23.6)$$

Bütün boru boyunja ötürülən istilik miqdarı

$$\Gamma_\ell = \kappa_\ell \ell (m - m_2) = \frac{\ell (m - m_2)}{\frac{I}{\pi \partial_1 \alpha_1} + \frac{I}{2\pi\lambda} \pi H \frac{\partial_2}{\partial_1} + \frac{I}{\pi \partial_2 \alpha_2}}, Bn. \quad (23.7)$$

Çoxlaylı (örtüklü) borudan istiliyin ötürülməsində borunun divarlarının termiki müqaviməti

$$P_\ell = \sum_{u=1}^n \frac{I}{2\pi\lambda} \pi H \frac{\partial_{u+1}}{\partial_u}.$$

Silindrik divarın səthinin temperaturları

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= m - \varepsilon_\ell P_{\ell,1} = m - \frac{\varepsilon_\ell}{\pi \partial_1 \alpha_1} \\ m_2 &= m + \varepsilon_\ell P_{\ell,2} = m + \frac{\varepsilon_\ell}{\pi \partial_2 \alpha_2} \end{aligned} \right\}. \quad (23.8)$$

Maye ilə bərk jisimlər arasında konvektiv istilikdəyişmə in-

tensivliyini xarakterizə edən α istilikvermə əmsalının təyini soyduju aparatların hesabatında müəyyən çətinliklər yaradır.

Istilikvermə əmsalı çoxdəyişənli mürəkkəb funksiya olub istilikdəyişmə səthinin ölçülərindən, formasından, temperaturlarından, mayenin hərəkət sürətindən və fiziki xüsusiyyətlərdən, yəni özlülüyündən, istilikkeçirmə qabiliyyətdən, sıxlığından, istilik tutumundan asılıdır.

Təjrübə göstərmüşdür ki, istilikvermə əmsalının qiyməti müxtəlif istilikdəyişmə şəraitlərində çox geniş hüdudda dəyişir (jədvəl 23.1).

Jədvəl 23.1

Müxtəlif istilikdəyişmə şəraitlərində istilikvermə əmsalının qiyməti

İstilikdəyişmə şəraitləri	Qiyməti, α , $Vtm^2 \cdot dər$
Havanın qızdırılması və soyudulmasında	1...60
Cox qızdırılmış buxarın qızdırılması və soyudulmasında	60...1200
Üzvi mayelərin qızdırılması və soyudulmasında	60...1800
Suyun və duz qarışığının qızdırılması və soyudulmasında	250...12000
Mayelərin qaynamasında	600...50000
Su buxarının kondensasiyasında	4500...18000
Ammoniyak buxarının kondensasiyasında	2000...10000
Üzvi maye (freonlar) buxarının kondensasiyasında	600...2500

İstilikvermə əmsalının (α) analitik təyini ilə çox mürəkkəb və bir çox həllədilməz məsələlər qarşıya çıxır. Ona görə də istilikvermə əmsalı α eksperimental yolla və oxşarlıq nəzəriyyəsindən istifadə edərək konkret hal üçün təyin edilir. Maye və bərk jismin səthi arasındaki konvektiv istilikdəyişmə intensivliyini Nusselt (Nu) oxşarlıq kriteriyası xarakterizə edir, bu da oxşarlıq nəzəriyyəsində tapılan kəmiyyət olub Reynolds (Re), Prandtl (Pr), Qraşqof (Gr), Qaliley (Ga) kriteriyalarından asılıdır.

Əgər Nusselt kriteriyası tapılırsa, onda

$$\alpha = \frac{Nu\lambda}{l_0}, \quad (23.9)$$

burada λ - mayenin istilikkeçirijiliyi, $Vt(m \cdot d\sigma)$;

l_0 - təyinediji ölçü, m.

Stasionar recimdə oxşarlıq kriteriyaları arasındaki əlaqə funksiyalı asılılıq şəklində verilir.

Sərbəst hərəkətdə

$$Hy = \phi(\mathcal{E}p, \Pi p).$$

Məjburi turbulent hərəkətdə

$$Hy = \phi(Pe, \Pi p).$$

Məjburi hərəkətdə və sərbəst hərəkətin nisbətən aşağı sürətlərində əhəmiyyətli təsir olur:

$$Hy = \phi(Pe, \mathcal{E}p, \Pi p).$$

Biratomlu qazlar üçün $Pr=0,67$; ikiatomlu üçün $Pr=0,72$; üçatomlu üçün $Pr=0,8$; dörd və çoxatomlular üçün $Pr=1$. Sərbəst hərəkətdə bu qazlar üçün $Nu=f(Gr)$, məjburi hərəkətdə $Nu=f(Re)$.

Oxşarlıq kriteriyaları arasındaki empirik asılılıqlar aşağıdakı şəkildədir:

$$Hy = J \mathcal{E}p^m \Pi p^n; \quad Hy = J Pe^m \Pi p^n,$$

burada J , m , n – sabitlərdir.

Soyuduju maşınların aparatlarının hesabatı zamanı α əmsali-nın təyini üçün qəbul edilən bir neçə kriteriya tənliklərini qeyd edək.

Böyük həjmdə mayenin sərbəst hərəkəti zamanı konvektiv istilikvermə əmsali Prandtl və Qrasqof kriteriyalarının, funksiyaları olub, jismin ölçü və formasından zəif asılıdır.

Laminar recimdə, $(Gr \cdot Pr)_m = 1 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^2$ olduqda

$$Hy_m = 1,18 (\mathcal{E}p \cdot \Pi p)_m^{\frac{1}{8}}. \quad (23.10)$$

Keçid recimində $(Gr \cdot Pr)_m = 5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^7$ olduqda

$$Hy_m = 0,54 (\mathcal{E}p \cdot \Pi p)_m^{\frac{1}{4}}.$$

Burulğanlı recimdə $(Gr \cdot Pr)_m > 2 \cdot 10^7$ olduqda

$$Hy_m = 0,135 (\mathcal{E}p \cdot \Pi p)_m^{\frac{1}{3}}.$$

Nusselt və Qrasqof kriteriyalarının hesabatı zamanı təyin

olunan xətti ölçü konvektiv axın istiqamətində götürülür.

23.2. Kondensatorlar və buxarlandırıjılar

Soyuduju aqreqatın kondensatoru – soyuduju maşının əsas elementi olub, istiliyin kənarlaşdırılması və soyuduju agentin kondensasiyası üçün nəzərdə tutulur. Qurğunun xarakteristikası və iş recimi kondensatorun istilik mübadiləsinin effektivliyi ilə müəyyən edilir. Belə ki, kondensatorda temperaturun 1°J aşağı düşməsi $3\ldots 4\%$ enerciyə qənaət edir və kompressorun hissələrinin ömrünü artırır.

Kondensatorun istilik halına ən çox təsir edən ətraf havanın temperaturudur.

Məişət soyudujularının kondensatorları soyuqluq üsuluna, qabırğaların tip və konstruksiyasına görə siniflərə bölündür.

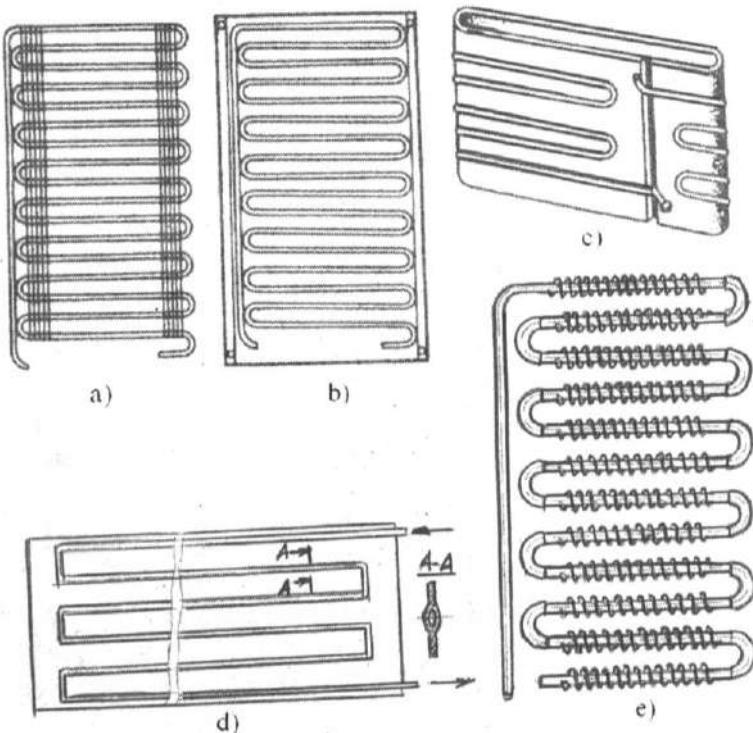
23.2.1. Təbii konveksiyalı kondensatorlar. Bu növ kondensatorlar üç qrupa bölündür: qabırğalı – borulu (təbəqəli qabırğalarla); naqilli- borulu (naqilli qabırğalarla), təbəqli borulu.

Qabırğalı – borulu (təbəqəli boruları olan) kondensator bir jərgəli, hərdən ikijərgəli ilanvari borudan və ona perpendikulyar oturdulmuş düzbujaqlı formasında olan qabırğalardan ibarətdir. İlanvari borunun oxu üfiqi yerləşir. Qabırğalanma əmsali $7\ldots 20$ olub istilikkeçirmə səthlərinin ümumi sahəsinin borunun xariji səthinin sahəsinə nisbətidir. Bəzi konstruksiyalarda ilanvari boru U- şəkilli boru kimi hazırlanır. Kondensatorların əksəriyyəti xariji diametri $6\ldots 12$ mm və $6\ldots 10$ mm olan ilanvari boru polad borudan, qabıqgaları isə polad lentdən hazırlanır. Bəzi firmalar ilanvari borunu $6\ldots 16$ mm diametrlı misdən, qabırğaları isə $0,2\ldots 0,3$ mm qalınlığında alüminiumdan hazırlayır.

Qabırğalı – borulu kondensatorlar (şək. 23.3.e) “Jalex” (Çexiya), “Bosjh” və “Konti Elejhtro” (Almaniya), “Qlügn”, “Tekumseh” (ABŞ), “Danfoss” (Danimarka) firmalarında istehsal olunur və həmin firmaların məişət soyudujularında istifadə edilir.

İkinji qrup kondensatorlar (şək. 23.3.a) – naqilli-borulu (na-

qilli qabırğalarla) bir jərgəli ilanvari borudan ibarətdir. İlanvari borunun hər iki tərəfindən elektrik qaynağı ilə 1,2...2,5 mm və 1,5...1,6 mm diametrində polad naqillər qaynaqlanmışdır. İlanvari borunun addımı 40...60 mm, qabırğalarının addımı 6...9 mm, qabırğalanma əmsali 3...10 olur.

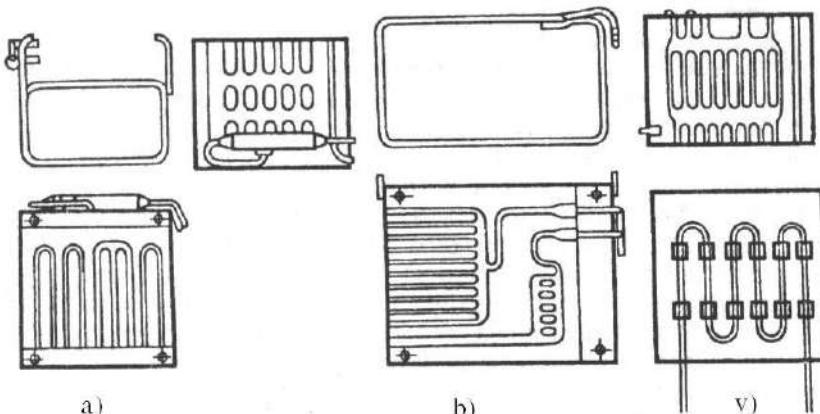


Şək. 23.3. Soyuduju aqreqatın kondensatorları:

a-naqilli borulu; b-təbəqəli borulu; j-qaynaqlı hazır; d-üfiqi yerləşən qaynaqlı-borulu; e-spiral-dolaqlı qabırğalı

Üçünjü qrup kondensatorlar – təbəqəli boruludur (şək. 23.3. b, j, d). Burada borulara qabırğa rolü oynayan təbəqə bərkidilir. Hal-hazırda bu qrup kondensatorlardan istifadə olunmur, çünki materialın qiyməti və kondensatorun hazırlanması onların maya dəyərinin 80 %-ni təşkil edir.

23.2.2. Buxarlandırıjılar. Buxarlandırıjılar soyudulan ob-yektdən qaynayan soyuduju agentə istiliyin ötürülməsi üçün nə-zerdə tutulur, yəni buxarlandırıjılar soyudulan mühitin istiliyini udur. Buxarlandırıjılar təbii konvektiv və havası məjburi hərəkət edən istilikdəyişənlə olurlar (şək. 23.4).



Şək. 23.4. Buxarlandırıjılar:

a) U- şəkilli; b) O- şəkilli; v) təbəqəli borulu

Absorbsiyalı soyudujularda (“Kristal-4”) buxarlandırıjinin konstruksiyası qabırğalı – borulu polad səthdən hazırlanır. Bu-xarlandırıjıda mayenin qaynaması deyil buxarlanması baş verir, çünki orada ammonyak buxarının təzyiqi aparatdakı ümumi təzyiqdən aşağıdır.

Buxarlandırıjinin səthi aşağıdakı tənliklə hesablanır.

$$\Phi_y = \frac{G_{\text{oşpymmo}}}{\kappa\theta} \cdot M^2,$$

burada Q_{obrutto} - lazım olan işçi brutto soyuqluq məhsuldarlığı, V_t ;

k – istilikkeçirmə əmsalı, $Vt(m^2 \cdot dər)$;

θ - orta loqarifmik temperaturlar fərqi, adətən $\theta=5^\circ J$ qəbul edilir;

$q_f = k\theta$ - xüsusi istilik yükü (jədvəl 23.2).

Verilənlərdən istifadə edərək buxarlandırıjinın istilikkeçirmə səthini təyin edirik

$$\Phi_y = \frac{\Gamma_{0\delta p y m m}}{\varepsilon_\phi}.$$

Jədvəl 23.2

Buxarlandırıjıların istilikkeçirmə əmsalları və xüsusi istilik yükləri

Buxarlandırıjıların növü	İstilikkeçirmə əmsalları, k		Xüsusi istilik yükü, q_f		Qeydlər
	Vt($m^2 dər$)	kkal ($m^2 saat dər$)	Vtm ²	kkal($m^2 saat$)	
Ammoniyaklı					
Şaquli borulu	470...580	400...500	2300...2900	2000...2500	$\theta=5^\circ J$ olduqda
Təbəqəli-borulu	520...580	450...500	2000...2900	2200...2500	$\theta=5^\circ J$ olduqda
Köynəkli-borulu	470...520	400...450	2300...2600	2000...2200	$\theta=5-6^\circ J$ olduqda
Freonlu					
Köynəkli-borulu və köynəkli-ilanvari borulu	1100...1400	1000...1200	5800...7000	5000...6000	$\theta=5-6^\circ J$ olduqda

Soyudujuluq texnikasında havanın soyudulmasında da buxarlandırıjlardan istifadə olunur. Bu batareyalar, hava soyudujuları və kondisionerlərdir.

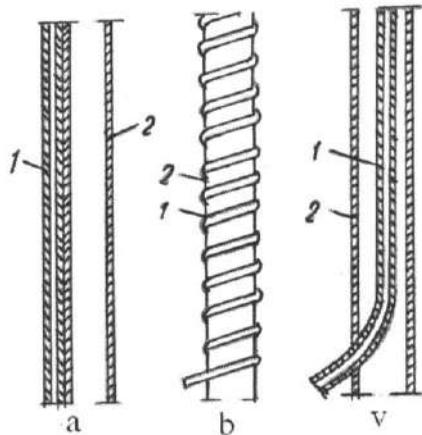
23.3. İstilikdəyişənlər və süzgəj-qurudujular

23.3.1. İstilikdəyişənlər. Soruju boru kəmərindən və kapılıyar borularından ibarət olan əks axınlı istilikdəyişən aparat regenerativ istilikdəyişən aparat adlanır.

Buxarlandırıjıdan çıxan yağı – freon məhlulunun hissəjiklərinin buxarlanması və kompressorda sorulmaya verilən buxarın çox qızması üçün istilikdəyişən aparat lazımlı ki, bu da so-

yuduju maşının xüsusi və mütləq soyutma məhsuldarlığını artırır və soyudujuda enerci sərfini azaldır.

İstilikdəyişənlərin konstruksiyaları sadədir və onlar əsasən konstruktiv və texnologiya jəhətdən fərqlənirlər. Şəkil 23.5-də istilikdəyişənlərin konstruksiyalarının üç variantı verilmişdir.



Şək. 23.5. Müxtəlif növ istilikdəyişənlər:

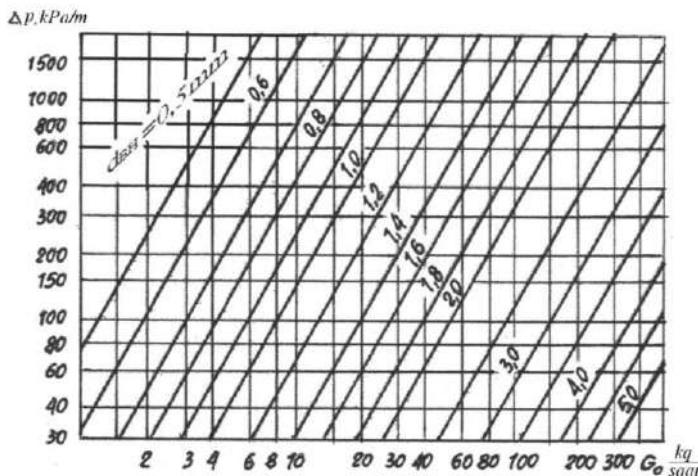
a) kapilyar borusu 1 soruju borunun uzunu boyunca lehimlənib; b) kapilyar boru soruju boruya sarınıb; v) kapilyar boru soruju borunun içindən keçir

Birinci variant çox vaxt orta və yüksək məhsuldarlıqlı soyudujularда istifadə edilir. Burada kapilyar və soruju borular 1...1,5 m uzunluğunda lehimlənmişdir. Şəkil 23.5 b-də verilmiş istilikdəyişənlər hündür olmayan soyudujularda istifadə edilir. Kapilyar borunu soruju boruya sarıyaraq lehimləyirlər. Üçüncü variantda kapilyar boru soruju borunun içərisi ilə keçir.

Əgər kapilyar borunun əvvəlində çox soyuma məlumdursa, onda 1 m uzunluqda soyuduju agentin basqı itkisini şəkil 23.6-dakı qrafik ilə təyin etmək olar. Deməli, kondensatordan başlayaraq kapilyar borunun buraxılabilən uzunluğunu təyin etmək olar. Buxarlanmanın istilikdəyişən aparatdan əvvəl başlaması üçün bu sahənin uzadılması tövsiyə edilmir.

Qısaltmaq da olmaz, çünkü maye soyuduju agent istiliyi ətraf mühitə verməkdə davam edir və havanın temperaturuna kimi soyuyur.

Kompressorda qızdırılan isti hava axını ilə kapilyar boruların üfürülməsinin qarşısını almaq lazımdır. Kondensasiya temperaturu 40°C olduqda hər bir çox soyuma dərəjəsinə doyma təzyiqinin $0,24 \text{ MPas m}^2$ azalması uyğun gəlir.

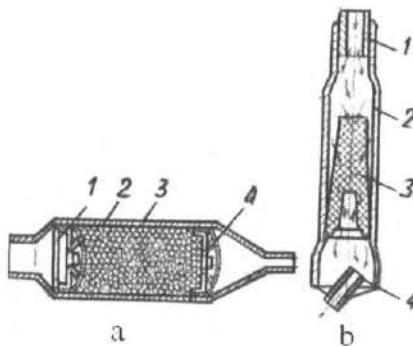


Şək. 23.6. Bir metr uzunluğunda kapilyar boru ilə maye soyuduju agent (R12) axlığda təzyiqin Δp qədər aşağı düşməsinin təyini qrafiki

23.3.2. Süzgəj-qurudujular. Süzgəj-qurudujular soyuduju agentdən nəmliyin udulmasına xidmət edir və nizamlayıcı qurğuda (kapilyar borularında) suyun donmasının qarşısını alır. Süzgəj gövdəsi 2 (şək. 23.7.a) uzunluğu 103...135 mm və 18...22 mm diametri olan metal borudan ibarətdir. Onun deşiklərinə soyuduju agentin müvafiq boru kəmərləri lehimlənir. Süzgəjin və çıxışında quraşdırılan torlar və daraqlar arasında gövdəsi adsorbent 3 (sintetik seolit) yerləşir.

Quruduju element gövdəsi polad, mis və ya alüminium borulardan hazırlanır. Seolitli quruduju elementlər kapilyar

borunun girişində, yəni süzgəj olan yerdə yerləşdirilir. Bu halda quruduju element süzgəjlə birləşdirilir (süzgəj - quruduju).



Şək. 23.7. Süzgəj – quruduju:

- a) metalkeramikasız: 1-süzgəjin torlu darağı; 2-gövdə; 3-adsorbent; 4-süzgəjin toru; b) metalkeramikalı: 1-kondensatorun borusu; 2-gövdə; 3-süzgəj; 4-kapilyar boru.

Mis tor ilə yanaşı metal keramikadan da istifadə olunur. Süzgəj 0,25 mm diametrli çox sayda bürunj kürəjiklərdən ibarət olub, bir-biri ilə birləşərək konus formalı sütun yaradır (şək. 23.7.b). Kürəjiklər arasındaki məsafələr çox saylı labirintlər yaradır və bunlarla maye soyuduju agent axır. Süzgəjin səthinin artırılması üçün konusun böyük oturajağında bir tərəfli deşik olur. Süzgəjin girişinə 2 kondensatorun borusu 1, çıxışına isə – kapilyar boru 4 lehimlənir.

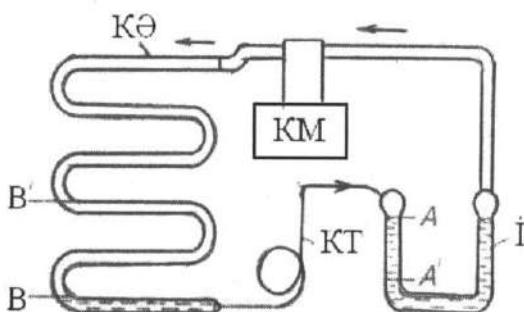
23.3.3. Kapilyar borular. Sabit kəsikli drosseldə, yəni kapilyar boruda soyuduju agentin qaynama və kondensasiya təzyiqlərinin fərqi hidravlik müqavimət hesabına yaranır. DKPXT, DKPXM, DKRBT, B-M2-T, HDM2 və s. borularından istifadə olunur.

Kapilyar boru daxili diametri 0,66 mm və uzunluğu 2800...8500 mm olan mis boru kəməridir. O, soyuduju aqreqat sistemində aşağı və yuxarı təzyiqli tərəfləri birləşdirir. Kapilyar borunun buraxış qabiliyyəti 3,5...8,5 ldəq təşkil edir və havaya

görə buraxış qabiliyyəti $\pm 5\%$ DÜİST-ə uyğun normallaşır.

Kapilyar borudan istifadə etdikdə nizamlayıcı təsir tərəfindən təzyiqin əlavə olaraq öz-özünə bərabərləşməsi baş verir (şək. 23.8). Kompressor dayandırıldıqda mayenin hamısı buxarlandırıjıya axır (sistem buxarlandırıjinin 90 % həjminə qədər soyuduğu agentlə doldurulur).

Borunun ölçüləri və onun buraxış qabiliyyəti kompressорun kütlə məhsuldarlığına bərabər soyuduğu agentin axmasını təmin edir. Kapilyar borunun keçidi həmişə açıq olur və nizamlanmır.



Şək. 23.8. Buxarlandırıjinin kapilyar borudan keçən agentlə dolması:

KM- kompressor; KT- kapilyar boru; Kθ- kondensator; I- buxarlandırıcı

Recimdən kənara çıxdıqda, məsələn ətraf havanın temperaturunun azalmasında, t_h 25°C -dən 15°C -yə kimi və kondensatorda müvafiq olaraq temperaturun və təzyiqin aşağı düşməsində, kapilyar borudan keçən maye sərfi azalır. Kompressorun soyuqluq məhsuldarlığı əksinə artır, buxarlandırıjıda mayenin səviyyəsi azalmağa başlayır. Bu halda buxarlandırıjıya istilik axını, qaynama təzyiqi p_0 azalajaq və kompressorun məhsuldarlığı aşağı düşəjəkdir. Eyni vaxtda buxarlandırıjinin səviyyəsi A-dan A'-ə düşdükdə kondensatorun səviyyəsi B-dən B'-ə kimi artır. Buxarından kondensasiya səthi azalır, kondensasiya təzyiqi p_k və kapilyar borudan mayenin

verilməsi $p_k - p_0$ fərqi hesabına artır (nizamlayıcı təsir tərəfindən öz-özünə bərabərləşmə). Səviyyənin sonrakı aşağı düşməsi dayanır. Maşın, buxarlandırılmışın tam dolmamış yeni recimində işləyir.

Məsələ 1. Quru ammonyakla işləyən hava soyudujusunun istilik ötürmə səthini və ventilyatorun məhsuldarlığını tapın.

Hava soyudujusunun soyutma məhsuldarlığı $Q_{oh} = 23200 \text{ Vt} = 20000 \text{ kkalsaat}$, kamerada havanın temperaturu $t=0^\circ\text{J}$, nisbi rütbət $\varphi=90 \%$, hava soyudujusunda havanın hərəkət sürəti $\omega=4 \text{ msan}$.

Qəbul edirik: hava soyudujusuna daxil olan hava üçün $t_1=1^\circ\text{J}$; $\varphi=90 \%$; hava soyudujusunun çıxışındaki hava üçün $t_2=-3^\circ\text{J}$, ammonyakin qaynama temperaturu, yəni soyudulmuş havanın temperaturundan 8°J aşağı.

$$\varphi \approx 100 \%; \quad u = 2,42 \text{ kkal/kg} = 10 \text{ kJ/kg};$$

$$u = 2,42 \text{ kkal/kg} = 10 \text{ kJ/kg}.$$

İstilik ötürmə əmsalı

$$\kappa = 12 \text{ kkal} / (\text{m}^2 \cdot \text{caam} \cdot \text{dəyr}) \approx 14 \text{ BT} / (\text{m}^2 \cdot \text{dəyr}).$$

1) temperaturların orta loqarifmik fərqi

$$\theta = \frac{[\eta_1 - \eta_2] - [\eta_3 - \eta_4]}{2,3 \cdot \frac{\eta_1 - \eta_2}{\eta_3 - \eta_4}};$$

$$\theta = \frac{[1 - (-11)] - [-3 - (-11)]}{2,3 \cdot \frac{12}{8}} = 9,7^\circ\text{K};$$

2) hava soyudujusunun istilik ötürmə səthi

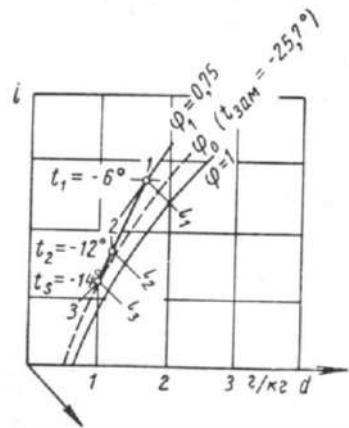
$$\Phi_u = \frac{\Gamma_{out}}{\kappa \theta} = \frac{23200}{14 \cdot 9,7} = 172 \text{ m}^2.$$

Ventilyatorun məhsuldarlığı

$$B_u = \frac{3,6 \Gamma_{out}}{\rho (u - u_2)} = \frac{3,6 \cdot 23200}{1,3 (10 - 4,6)} = 11700 \text{ m}^3 / \text{caam},$$

burada ρ - hava soyudujusunda havanın sıxlığı, kqm^3 .

Məsələ 2. Soyutma məhsuldarlığı $Q_{oh}=34900Vt=30000$ kkalsaat olan keramik həlqəli taxması olan suvarıcı tipli hava soyudujusunu hesablayın. Havanın soyudujuya girişindəki parametrləri $t_i=-6^\circ\text{J}$; $\varphi_i=75\%$. Soyuduju mühit JaJl_2 məhlulu, aparata girişdə məhlulun temperaturu $t_s=-15^\circ\text{J}$, məhlulun sıxlığı $\rho=1220 \text{ kqm}^3$ (donmağa başlama temperaturu $t_d=-25,7^\circ\text{J}$). Məhlulun hava soyudujusunda təxminən 2°J -yə kimi isinməsini nəzərə alaraq $t_s=-14^\circ\text{J}$ qəbul edirik (şək. 23.9).



Şək. 23.9. Suvarılan hava soyudujularında havanın soyudulmasının *di* diaqramı

Soyudulmanın sonunda havanın temperaturunu $t_2=-12^\circ\text{J}$ qəbul edirik.

$$\dot{u} = -1,84 \text{ BT/(m}^2 \cdot \partial\text{rp}); \dot{u}_2 = -9,3 \text{ BT/(m}^2 \cdot \partial\text{rp}).$$

1) dövr edən havanın həjmini tapaqlıq

$$B_{\dot{u}} = \frac{3,6 \Gamma_{\dot{u}\dot{u}_2}}{\rho(\dot{u} - \dot{u}_2)} = \frac{3,6 \cdot 34900}{1,3(-1,84 + 9,3)} = 12700 \text{ m}^3 / \text{caan};$$

2) həlqələrin şəbəkəsinin səthi ($\omega=1$ msan olduqda)

$$\Phi^* = \frac{B_{\dot{u}}}{\omega \cdot 3600} = \frac{12700}{1 \cdot 3600} = 3,6 \text{ m}^2;$$

3) quru istilik ötürümə əmsalı

$$\kappa^* = \frac{\Gamma_{out}}{\Phi^* \theta_\xi};$$

$$\theta = \frac{\theta_1 - \theta_2}{2,3 \lg \frac{\theta_1}{\theta_2}} = \frac{(-6+13)-(-12+15)}{2,3 \frac{-6+13}{-12+15}} = 4,7 \text{ } {}^0\text{J};$$

nəmlik ayrılma əmsalı

$$\zeta = \frac{u_1 - u_2}{v(m_1 - m_2)} = \frac{-1,84 + 9,3}{0,24 \cdot 4,187 \cdot (-6+12)} = 1,23;$$

$$k^* = \frac{Q_{oh}}{F^* \theta_\xi} = \frac{34900}{3,6 \cdot 4,7 \cdot 1,23} = 1670 \text{ } Vt(m^2 \cdot d\sigma r);$$

4) dövr edən məhlulun miqdarı

$$B_n = \frac{3,6 \Gamma_{out}}{v_c \rho_c (m_2 - m_1)} = \frac{3,6 \cdot 34900}{2,9 \cdot 1220 (-13+15)} = 18 \text{ } \text{m}^3 / caam;$$

5) suvarma intensivliyi

$$I_{H_w} = \frac{B_n}{\Phi^*} = \frac{18}{3,6} = 5 \text{ } \text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot caam);$$

6) Həlqələrin suvarılan layının eni $\delta=0,22$ m.

7) Həlqələrin suvarılan layının müqaviməti

$$\Delta n = [44\delta + (0,75 + 4,6\delta) I_{H_w}] (\omega \rho)^{(2,4-d)} =$$

$$= [44 \cdot 0,22 + (0,75 + 4,6 \cdot 0,22) \cdot 5] \cdot (1 \cdot 1,22)^{(2,4-0,22)} =;$$

$$= 34 \text{ } \text{mm} \text{ su cürt}$$

8) təzyiq itkisi $\delta=0,1$ m olduqda

$$\Delta n = 33 \cdot \delta \cdot \omega^{1,88} = 33 \cdot 0,1 \cdot 1^{1,88} = 3,3 \text{ } \text{mm} \text{ su cürt}$$

Yoxlama sualları

1. Soyuduju aparatlarda istilik mübadiləsi nejə baş verir? 2. İstilikvermə əmsali nələrdən asılıdır? 3. Maye və bərk jismin səthi arasındaki konvektiv istilik mübadiləsi intensivliyi hansı kriteriya ilə təyin edilir? 4. Soyuduju aqreqatın kondensatoru nə üçün nəzərdə tutulur? 5. Hansı növ kondesatorlar var? 6. İstilikdəyişənlərin konstruksiyaları nejədir?

XIV FƏSİL

**SOYUDUJULARIN KÖMƏKÇİ APARATLARI, BORU
KƏMƏRLƏRİ VƏ ARMATUR**

24.1. Köməkçi aparatlar

Köməkçi aparatlara yağıyırıjilar, yağıyığıjilar, maye ayıranlar, havatəmizləyijilər, çirkyığan süzgəjlər, resiverlər, quruduju-
lar aiddir.

Köməkçi aparatlardan soyuduju qurğunun uzunmüddətli fasile-
siz işi üçün lazımı şərait yaradır, işçi prosesin nizamlanmasını
aslanlaşdırır, qurğunun səmərəli işini artırır.

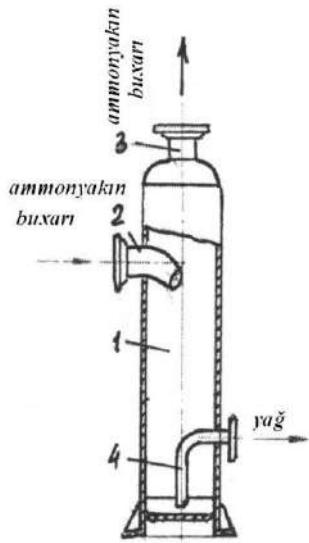
Yağıyırıjilar soyuduju agentin buxarı ilə kompressordan
aparılan yağı tutur və onun istilikdəyişmə aparatlarına – kon-
densator və buxarlandırıcıya çox miqdarda düşməsinə imkan
vermir. Yağıyırıjilar qovuju boru kəmərində kompressor və
kondensator arasında quraşdırılır.

İçi boş yağıyırıjılarda (şək. 24.1) yağın ayrılması buxarın
hərəkətinin kəskin dəyişməsi və bununla eyni vaxtda sürətin
düşməsi ($0,7\dots0,8$ msan-yə kimi) nətijəsində baş verir. Ayrılan
yağ hissəjikləri yağıyaranın divarlarına yiğilaraq onun alt hissə-
sinə axır. İçi boş yağıyırıjları az effektivlidir. Ən kiçik
hissəjiklər agentlə kondensatora aparılır. Yağ yağıyırıjisindən
bəzi hallarda kompressorun karterinə axıdılır, anjaq əksər
hallarda süzmək üçün xarijə çıxarılır.

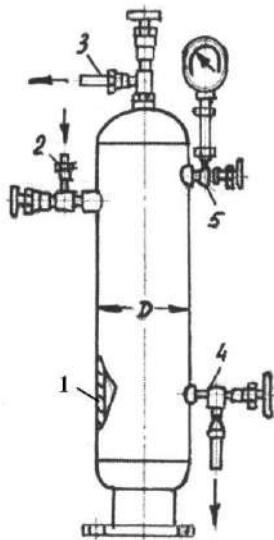
Böyük soyuduju qurğularda yağ yağıyırıjisindən əvvəlje
yağıyığıjısına (şək. 24.2), oradan isə daha aşağı təzyiqlə, xarijə
çıxarılır. Belə üsulla yağıyığıjilarının boşalması ammonyakın uç-
masını azaldır. Yağıyığıjida aşağı təzyiq yaratmaq üçün onu
soruju boru kəməri ilə birləşdirirlər. Bir aparatdan o birinə və
kənara yağın verilməsi təzyiqin azalması hesabına yerinə
yetirilir.

Barbotaklı yağıyırıjılarda (şək. 24.3) yağ hissəjiklərini
aparan buxarları maye soyuduju agent layından keçirirlər. Bu
halda buxarşəkilli yağ maye layında kondensasiya edilir və
onun ən xırda hissəjikləri də burada qalır. Yağın ayrılma
dərəjəsi $95\dots97\%$ - dir.

Barbotaclı yağayırıcı şaquli silindrik çəndən ibarət olub ona kondensatordan maye ammonyak verilir.



Şək. 24.1. İçi boş yağayırıcısı:
1-gövdə; 2-kompressordan ammonyak vermek üçün qısa boru; 3-ammonyaki kondensatora çıxarmaq üçün qısa boru; 4-yağın yağıyığıjisini verilməsi üçün qısa boru

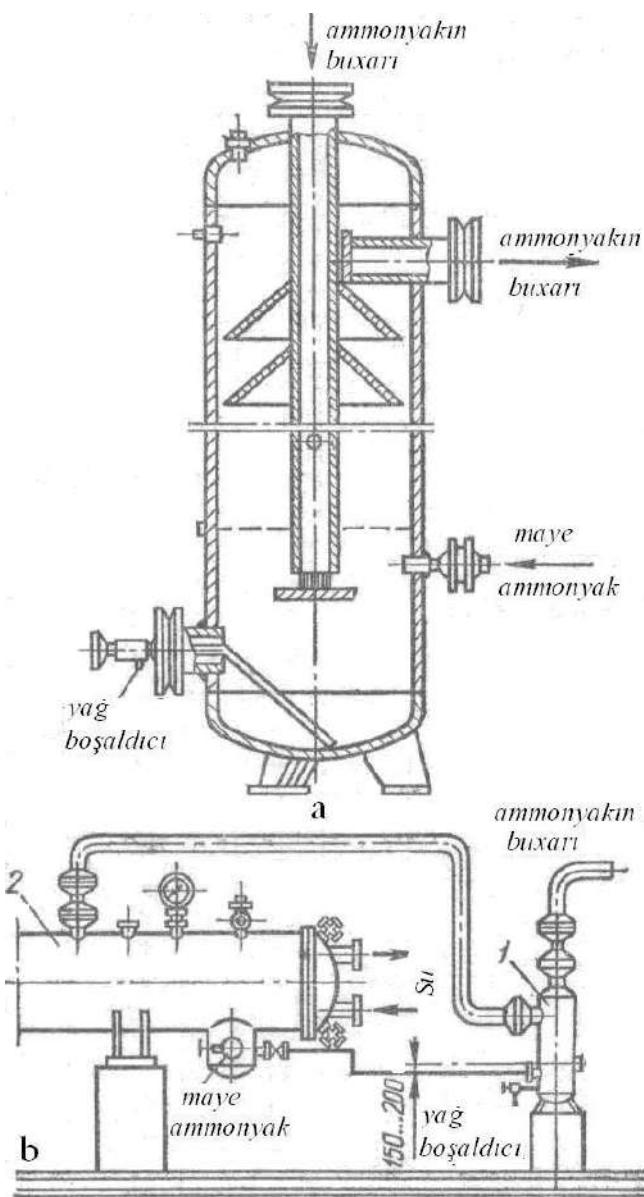


Şək. 24.2. Yağıyığıjisı:
1-gövdə; 2-yağın yağıyığıjisine verilməsi üçün qısa boru; 3-ammonyakin sorğu boruya buraxılması üçün qısa boru; 4-yağ buraxmaq üçün ventil; 5-manometr üçün ventil

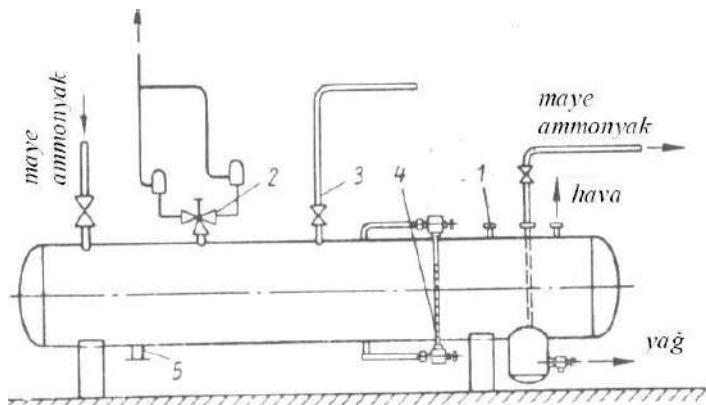
Yağayırıcıdan çıxmazdan əvvəl ammonyak buxarı gövdənin daxilində yerləşən qaytarıcı lövhədən keçir. Onlar buxarla aparılan maye ammonyakin damjılarını ayıırlar.

Yağıyığıjılar yağayırıcıdan və ya başqa aparatlardan yağın axındılması üçün istifadə olunur. Yağıyığıji ştuserli silindrik çəndən ibarətdir.

Resiverlər (xətti) maye soyuduju agent ehtiyatını yaratmaq üçün nəzərdə tutulur. Bilavasitə soyudulan soyuduju qurğularda drenaclı resiverlərdən istifadə olunur. Bura müvəqqəti olaraq maye soyuduju agent töküür. Xətti resiverlərin həcmi təxminən soyudujuda dövr edən soyuduju agentin saatlıq miqdarının yarısına bərabərdir (şək. 24.4).



Şek. 24.3. OMM markalı barbotaklı yağayırlısının sxemi:
1-yağayırlı; 2-kondensator



Şək. 24.4. Xətti resiver:

1-manometr üçün qısa boru; 2-iki qoruyujulu klapanlı üçgedişli ventil; 3-bərabərləşdiriji boru; 4-səviyyə göstərən; 5-çöküntüləri çıxarmaq üçün qısa boru

Drenaclı resiverlərin həjmi bilavasitə buxarlandırıcı batareyaların həjminə bərabərdir.

Dövri resiverlərdən nasos sistemlərində istifadə olunur (jədvəl 24.1). Konstruktiv olaraq resiverlər üfiqi və ya şaquli polad çənlər şəklində hazırlanır.

Jədvəl 24.1

Ammonyaklı şaquli drenaclı və dövri resiverlər

Marka	Həjmi, m ³	Gövdənin diametri, mm	Divarın qalınlığı, mm	Hündür- lüyü, mm	Kütləsi, kq
1,5RDV	1,68	800	8	3300	785
2,5RDV	2,7	1000	10	3990	1285
3,5RDV	3,41	1200	12	3565	1645

Xətti resiver adətən kondensatorun altında quraşdırılır. Bu halda kondensatorun və resiverin buxar boşluğunu birləşdirən bərabərləşdiriji boru kəməri çekilir və soyuduju agent resiverə öz axını ilə tökülfür.

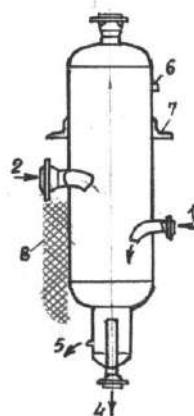
Aqreqatlaşdırılmış freonlu qurğularda resiver kondensatordan yuxarıda yerləşdirilir. Bu halda bərabərləşdirən buxar xətti çekilmir və freon resiverə döyünen axınlə daxil

olur. Xətti resiverlərdə hava ayırijıları quraşdırılır. Resiverlərdə səviyyəni göstərən və yağı buraxan ştuserlər nəzərdə tutulur.

Drenacli və dövri resiverlərdə məsafəli səviyyə göstərən ştuserlər var, dövri resiverlərdə əlavə olaraq səviyyə nizamlanması üçün də ştuserlər olur.

Maye ayıranlar buxarlandırıjıdan buxarla aparılan maye soyuduju agentin damjılırını tutmaq və maye hissəjiklərinin kompressorun silindrinə keçməsinin qarşısını almaq üçün nəzərdə tutulur. Proses sürətin birdən birə 0,5 msan-yə kimi düşməsinə və soyuduju agentin hərəkət istiqamətinin dəyişməsinə əsaslanır.

Maye ayıran şaquli silindrik çəndən ibarətdir(şək. 24.5). Buxarşəkilli və maye ammonyak üçün çən giriş və çıxış ştuserləri ilə təjhiz olunmuşdur. O, kompressorun quru gedişinin əldə edilməsi üçün olub soruju magistralda buxarlandırıjı ilə kompresssorun arasında qoyulur. Buxarlandırıjıdan çıxan buxarın mayedən ayrılması onun hərəkət istiqamətinin və axın sürətinin kəskin (0,5 msan-yə kimi) dəyişməsi nətijəsinqdə baş verir.



Şək. 24.5. Maye ayırıcı:

1,2-nizamlayıcı ventildən ammonyakin verilməsi və batareyalardan ammonyak buxarlarının qayıtması üçün borular; 3-kompressorun soruju xətinə buxarın verilməsi üçün qısa borujuq; 4-mayeni batareyalara vermək üçün qısa boru; 5,6-yağ çıxaranın və manometrin ştuseri; 7-dayaqlar;

8-izolyasiya

Maye ayırijisindan, həmçinin nizamlayıcı ventildən buxarlandırıcı sistemə maye ammonyak verilir. Bu halda drossellənmə zamanı əmələ gələn buxar maye ayırijisindan kompressorun soruju xəttinə verilir, maye isə aparatın alt hissəsinə axaraq buxarlandırıcı sistemə daxil olur.

Maye ayıran aparatın altında yiğilan yağ vaxtaşırı olaraq yağıyığıjiya boşaldılır. Maye ayırijisinin xarici örtüyü istilik izolyasiyalıdır.

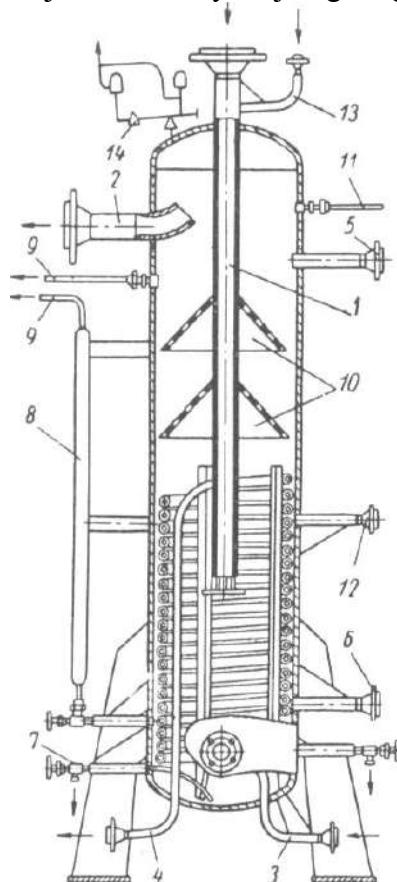
Aralıq çənləri (şək. 24.6) istilikdəyişən aparatdan ibarət olub iki və üç pilləli ammonyaklı maşınlarda istifadə olunur. Onlar ammonyak buxarlarının aşağı və orta təzyiqli kompressorlarda sıxılmasından sonra soyudulmasına xidmət edir. Burada kondensatordan aralıq çənin alt hissəsindəki ilanvari boru ilə nizamlayıcı ventilə hərəkət edən mayenin çox soyuması baş verir.

Aparatın gövdəsinə kondensatordan bir qədər maye ammonyak drossellənir. Soyudulan buxar axınlarından və mayedən ayrılan istiliyin təsirindən bu ammonyak çəndə aralıq təzyiqə uyğun gələn temperaturda buxarlanır. Soyuduğu mayenin səviyyəsi elə olmalıdır ki, onun səviyyəsi çəndəki ilanvari borunu örtmiş olsun. Beləliklə, ilanvari boru ilə axan maye ammonyakın soyudulması baş verir. Aralıq təzyiqli buxarın soyudulması maye ammonyakda barbotacı zamanı baş verir. Aralıq çəndə ilk pillə kompressörlarından buxarla daxil olan yağın ayrılması baş verir. Barbotac zamanı əmələ gələn maye damjılarının buxarla aparılmasının qarşısını almaq üçün konuslu deşikli qaytarıjılar nəzərdə tutulur. Çənin kəsiyində buxarın sürəti 0,5 msan-dən çox olmamalı, ilanvari boruda mayenin sürəti 0,5...0,7 msan, ilanvari borunun səthinin təyini üçün temperatur fərqi $4...5^{\circ}\text{J}$, istilikötürmə əmsali $k=580...700\text{Vt}(\text{m}^2\cdot\text{dər}) \approx 500...600 \text{ kkal}(\text{m}^2\cdot\text{saat}\cdot\text{dər})$.

Havani sistemdən kənarlaşdırmaq üçün **hava ayırijalarından** istifadə edilir. Hava ayırijalarının iş prinsipi şəkil 24.7-də verilmişdir.

Ammonyak-hava məhlulu hava çox toplanan yerdən keçərək aparatın borularası məsafəsinə verilir və burada daxili

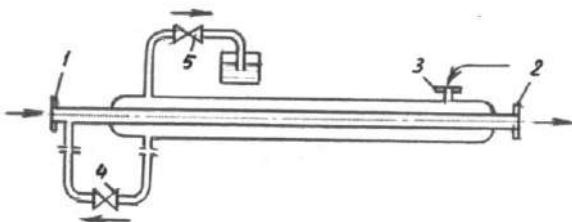
soyuq boruya toxunaraq soyudulur. Bu borudan nizamlayıcı ventildən buxarlandırılmış sistemə soyuduğu agent gedir.



Şək. 24.6. Mayenin çox soyuması üçün aralıq çəni:

1-aşağı təzyiqli kompressordan ammonyak buxarlarını vermək üçün borusu; 2-yüksək təzyiqli kompressorda ammonyak buxarlarının sorulması üçün qısa borusu; 3-kondensatordan ilanvari boruya maye ammonyakin verilməsi üçün qısa borusu; 4-maye ammonyakı nizamlayıcı ventilə buraxmaq üçün qısa borusu; 5,6-bərabərləşdirilmiş qısa borular; 7-yağ buraxmaq üçün qısa borusu; 8-səviyyə göstərən; 9-məsafeli səviyyə göstərənin qısa borusu; 10-konusvari qaytarıcı; 11-manometr borusu; 12-üzgəjli nizamlayıcıdan çənə maye vermək üçün qısa borusu; 13-maye ammonyakin püskürülməsi üçün qısa borusu; 14-qoruyuju klapalanlı üç gedişli ventillər

Ammonyak-hava məhlulundakı ammonyak kondensasiya edir, sonra daxili boruya və buxarlandırıcı sistemə verilir. Təsirsiz qazlı hava borulararası məsafənin üst hissəsindən, ventildən qabarçıqların çıxmamasına nəzarət etmək və daxil olan ammonyak buxarlarını udmaq üçün şüşə çənə doldurulmuş su səviyyəsinin altından buraxılır.



Şək. 24.7. Hava ayırıjının iş sxemi:

1-nizamlama ventilindən maye ammonyakı vermək üçün qısa boru; 2-buxarlandırıcıya tərəf yönəlmış qısa boru; 3-mamonyak-hava məhlulunun verilməsi üçün qısa boru; 4-buraxıçı ventil; 5-hava buraxmaq üçün ventil

Soyudujularda çirkütan süzgəj və freon qurudujularından da istifadə olunur.

24.2. Nasoslar və ventilyatorlar

Soyuduju maşında nasoslar duzlu məhlulun, suyun və ammonyakın verilməsinə xidmət edir. Elektrik mühərrikinin və nasosun seçilməsində aşağıdakılardır: H - lazımlı basqı; ρ - mayenin sıxlığı; V - nasosun məhsuldarlığı; N - nasosun güdü.

Mərkəzdənqacma nasosunun yaratdığı basqı şəbəkədə hidravlikı itkilərin jəmi və mayenin qalxma hündürlüyü ilə təyin edilir.

Məhsuldarlıq nasosun təyinatından asılı olaraq texnologiya şərtlərlə təyin edilir. Duzlu məhlul ilə işləyən sistemlər üçün müəyyən temperatura malik olan xəttə iki eyni tipli nasos nəzərdə tutulur ki, birgə iş zamanı onlar tələb olunan maksimum məhsuldarlığı təmin etsinlər.

Soyuduju qurğularda 2900 dövrdəq fırlanma tezliyinə malik

mərkəzdənqaćma nasoslarından istifadə olunur. Onlar qayış ötürməsi ilə birbaşa elektrik mühərrikindən işə salınır. Nasosun məhsuldarlığının, basqısının, güjünün firlanma tezliyindən asılılığı aşağıdakı kimidir:

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{H_1}{H_2}; \quad \frac{III}{III} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^2; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^3. \quad (24.1)$$

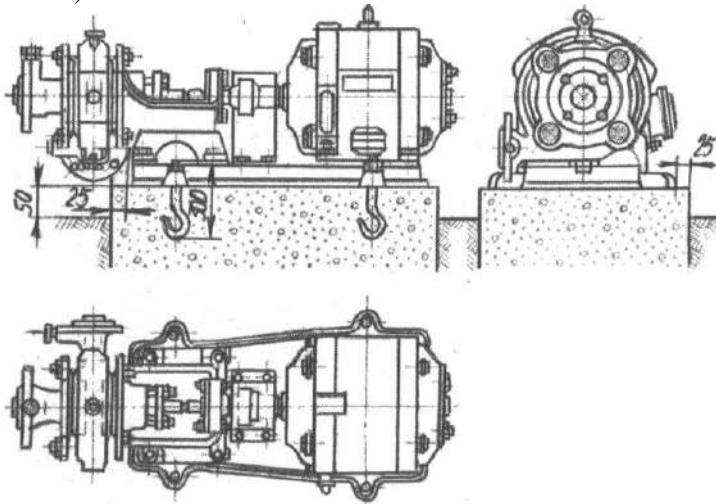
Nasosun güjü aşağıdakı düsturla hesablanır

$$H_e = \frac{B \rho \vartheta III}{3,6 \cdot 10^6 \eta} \kappa B n, \quad (24.2)$$

burada η - nasosun faydalı iş əmsalı olub nasosun konstruksiyasından və iş recimindən asıldır ($\eta=0,5\dots0,8$).

Ən geniş yayılmış ÜNQ-70M nasoslar birpilləli üfiqi nasoslardır. ÜNQ-70M-1 nasosu işçi çarxdan və spiralvari gövdədən ibarətdir. İki, üç pilləli (ÜNQ-70M-2; ÜNQ-70M-3) nasoslarda gövdəyə, işçi çarx və istiqamətləndiriji aparat əlavə edilir. Verilən mayenin nasosun soyudulması üçün elektrik mühərrikinin statorunun köynəyində suyun verilməsi və ayrılması üçün iki bobışka nəzərdə tutulmuşdur.

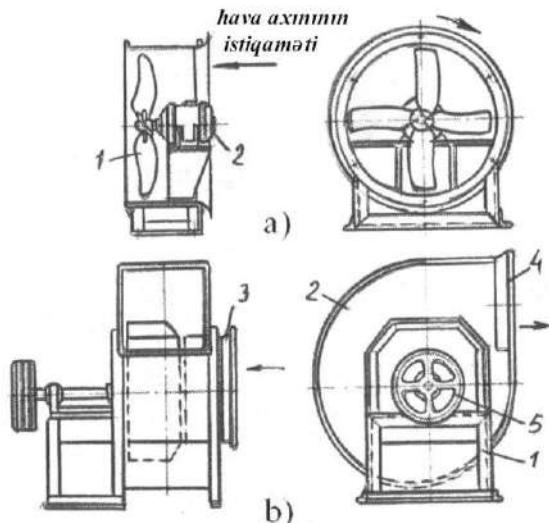
Duzlu məhlul və ya buzlu suyun dövr etməsi üçün birpilləli mərkəzdənqaćma K tipli (konsol) nasoslarından istifadə olunur (şək. 24.8).



Şək. 24.8. K tipli mərkəzdənqəçma nasosu

Nasoslar kataloqlardan seçilir.

Ventilyatorlar. Havanın məjburı dövr etməsi və ventilyasiyası üçün oxlu və mərkəzdənqəçma ventilyatorlarından istifadə olunur (şək. 24.9).



Şək. 24.9. Ventilyatorlar:

a) oxlu ÜAQİ tipli: 1-pərli çarx; 2-elektrik mühərriki; b) mərkəzdənqəçma: 1-özül; 2-ilbiz; 3-soruju boru; 4-çıxış borusu; 5-qasnaq

Oxlu ventilyatorda hava pərlər vasitəsilə ventilyatorun oxu istiqamətində hərəkət edir. Bu ventilyatorların hazırlanması və istifadəsi sadədir və böyük həjmdə havanı hərəkətə gətirə bilirlər, anjaq nisbətən az basqı (30...40 mm su süt.) yaradırlar. Oxlu ventilyatorlardan ən yaxşısı ÜAQİ propellerli ventilyatorlar sayılır.

Mərkəzdənqəçma ventilyatorlarında hava köynəyin yarığından sorulajaq və fırlanan pərli çarxla yaranan mərkəzdənqəçma qüvvəsinin təsirindən radial istiqamətdə ventilyatorun çıxışına qovulur. Mərkəzdənqəçma tipli ventilyatorlar müxtəlif məhsuldarlıqlı olurlar. Quruluşuna görə oxlulardan mürəkkəbdir, anjaq

səmərəlidir və yüksək başqı (300 mm su süt-a kimi) yarada bilirlər.

Ü-4-70 tipli ventilyatorlar özüldən, köynəkdən, çarxdan, kollektordan və elektrik mühərrikindən ibarətdir (jədvəl 24.2).

Jədvəl 24.2

Ü-4-70 tipli ventilyatorların texniki xarakteristikası

Göstərişilər	Nº25	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
Fırlamma tezliyi, dövrdəq	1400 — 2800	1400 — 2850	935 — 1410	930 — 1420	930 — 1440
Elektrik mühərrikinin güjü, kVt	0,18 — 0,6	0,27 — 1,5	0,4 — 0,8	0,8 — 2,2	1,5 — 5,5
Qabarit ölçüləri, mm: uzunu eni hündürlüyü	471 421 461	559 430 580	747 510 770	926 650 930	1102 760 1100
Kütləsi, kq	27,6 — 30,9	34,3 — 43,3	68 — 69,5	107,3 — 125	179 — 218

VQ seriyalı ventilyatorlar su sorujularından havanı və buxarı sormaq üçün nəzərdə tutulur. Onlar işçi çarxdan, intiqaldan, stasionar aerodinamik elementlərdən və dayaqdan ibarətdir. İntiqal flanslı elektrik mühərrikindən və planetar reduktordan işə salınır.

Ventilyatorun məhsuldarlığı, basqısı, güjü və fırlamma tezliyi arasında asılılıq (24.1) mərkəzdənqəçmə nasoslarındakı kimiidir.

Ventilyatorun güjü aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$H_e = \frac{Bn}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_e}, \text{ kNm}, \quad (24.3)$$

burada V - ventilyatorun məhsuldarlığı, m^3/saat ;

p - ventilyatorun yaratdığı basqı, Nm^2 ;

η_e - ventilyatorun faydalı iş əmsali.

Mərkəzdənqəçmə ventilyatoru üçün elektrik mühərrikini seçdikdə ehtiyat əmsalı qəbul olunur, az güjlü mühərriklər üçün (2 kVt-a kimi) 1,5...1,3; yüksək güjlü mühərriklər üçün isə

1,2...1,1 qəbul olunur.

Səs və titrəmələri azaltmaq üçün ventilyatorlar vibroudugu (elastik) araqtıların (ağaj, rezin, amortizatorlar və s.) üzərində quraşdırılır.

24.3. Boru kəmərləri və armatur

Soyuduju maşının bütün əsas və köməkçi elementləri (kompressorlar, soyuduju batareyalar, kondensatorlar, yağayrıjları və s.) boru kəmərləri ilə birləşir. Ammonyaklı soyuduju maşınlarda tikişsiz polad borulardan istifadə olunur: uzunluğu 4...12,5 m, xarici diametri 57...426 mm (DÜİST 8732-58) və 9 m-ə kimi uzunluğu olan və xarici diametri 20...50 mm (DÜİST 8734-58). Borular 4 MNm² hidravlik təzyiqə və 2,5 MNm² şərti işçi təzyiqə hesablanır.

Az məhsuldarlıqlı freonlu maşınlar üçün şərti keçidi 3-dən 20 mm-ə kimi olan mis borulardan istifadə olunur. Orta və yüksək məhsuldarlıqlı maşınlarda isə tikişsiz polad borulardan istifadə olunur.

Aparatların hazırlanmasında borular elə emal olunmalıdır ki, çürümənin qarşısı alınmalıdır və onun səthi yağısızlaşdırılmalıdır.

Birləşdiriji boru kəmərinin diametri hərəkət edən mayenin həjmindən və boru kəmərində buraxılabilən sürətdən asılı olaraq hesablanılır.

$$\vartheta = \sqrt{\frac{4B}{\pi \omega}}, \text{ m}, \quad (24.4)$$

burada V - hərəkət edən maye və ya buxarın həjmi, m³san;

ω - mayenin boru kəmərində sürəti, msan.

Sanitar norma və qaydalarına görə SNiP III-31-78 soyuduju boru kəmərləri qrup və kateqoriyalara bölünür (javabdehlik dərəjəsi): hərəkət edən mayenin xarakterinə, yəni zəhərli və partlayış yaratma təhlükəsinə görə və hərəkətin işçi parametrlərinə, yəni təzyiq, temperatur, konsentrasiyaya görə.

Soyuduju qurğularda istifadə olunan boru kəmərlərinin təsnifatı jədvəl 24.3-də verilmişdir.

Ammonyaklı maşınların soru xətlərində sürət 10...20 msan

qəbul olunur.

Jədvəl 24.3

Soyuduju qurğularda istifadə olunan boru kəmərlərinin təsnifikasi

Qrup	Mühit	Boru kəmərinin kateqoriyası				
		I		II		V
A	Amonyak	Asılı olmayıaraq	-	-	-	-
A	Freon -12	-	-	1,6-ya kimi	300-ə kimi	-
	Freon -22	Yuxarı	Yuxarı	-	-	-
B	Soyuqluq daşıyanlar	-	-	-	-	1,6-ya kimi
B	Su	-	-	-	-	1,6-ya kimi
						120-yü kimi

Buraxılabilən hidravlikı müqavimət qaynama temperaturundan asılıdır: $t_0 < -30^\circ\text{C}$ –də müqavimət $\Delta p \leq 0,005 \text{ MNm}^2$; t_0 0-dan -30°C -yə kimi olduqda $\Delta p = 0,02 \dots 0,005 \text{ MNm}^2$. Qovuju borularda sürət 12...25 msan olduqda $\Delta p = 0,014 \dots 0,028 \text{ MNm}^2$.

Freonlu maşınlarda sorma zamanı buxarin sürəti 8...15 msan qəbul olunur, qovmada isə 10...18 msan. Maye amonyak və freon boru kəmərlərində sürət 0,5...1 msan, duz məhlulu olan boru kəmərlərində isə 1,0...1,5 msan qəbul olunur.

Armatur soyuduju boru kəmərlərində və aparatlarda quraşdırılır. O dörd xarakteristikadan ibarət şərti işarədir. Birinci xarakteristika (iki rəqəm) məlumatın növünü bildirir: 10- buraxıcı kran; 11- boru kəməri üçün kran; 12- səviyyə göstərən; 14, 15- ventillər; 16, 17- eks qaldırıcı, qəbuledici, qoruyuju klapanlar; 30, 31- siyirtmə.

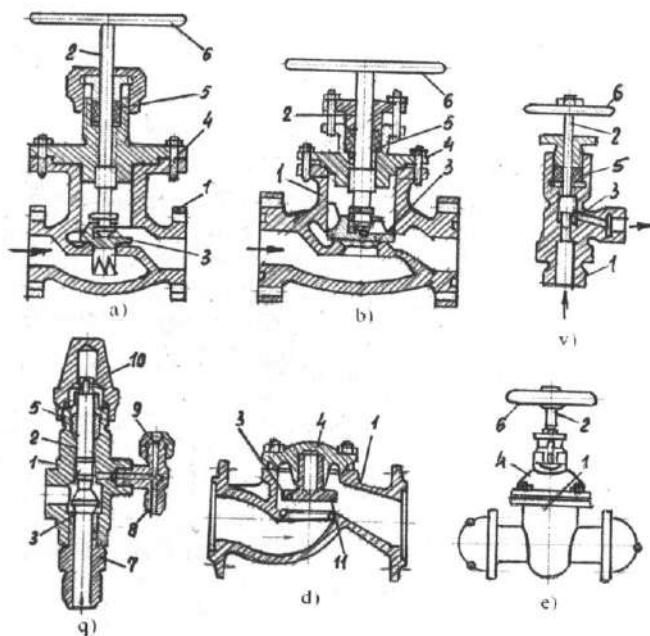
İkinji xarakteristika armaturun gövdəsinin hazırlanma materialını göstərir: J-karbonlu polad; LS-legirlənmiş polad; NC-paslanmayan və turşulara davamlı polad; Ç-boz çuqun; K-döyüllən çuqun; B- latun, bürünj.

Üçüncü xarakteristika müəyyən tip həddində armaturun xüsusiyyətlərini bildirir. Xarakteristika bir və ya iki rəqəmdən ibarətdir, intiqal olduqda isə – üç rəqəmdən. Birinci rəqəm

intiqalın növünü göstərir; 3- sonsuz vint ötürməsi; 6-pnevmatik; 7- hidravlik; 8- elektromaqnitli; 9- elektrik.

Dördünjü xarakteristika armaturun kipləşdiriji səthləri hazırlanan materialı göstərir: BR- bürunj, NC- paslanmayan polad, BT- babbitt. Armatura fərqləndiriji rəng vurulur. Korpus, qapaq, kipgəj karbonlu poladdan hazırlanıqdə-boz rəng, legirlənmiş-göy rəng, paslanmayan poladdan-mavi rəng vurulur, çuqundan-qara rəng. Əlvan metallardan hazırlanan hissələr rənglənmir. Armaturun ling və çarxı rənglənmir. Bürunj və latun-qırmızı, paslanmayan polad-mavi, babbitt-sarı rənglə rənglənmir.

Bağlayıcı və nizamlayıcı armaturun elementləri şəkil 24.10-da verilmişdir.



Şək. 24.10. Armatur:

- a) ammonyaklı nizamlayıcı ventil; b) ammonyakı bağlayan keçid ventilisi;
 v) ammonyakı bağlayan bujaq ventilisi; q) freonu bağlayan bujaq ventilisi;
 d) elastiki eks klapan; e) mehlul rəzəsi: 1-gövdə; 2-şindel; 3-klapan;
 4-qapaq; 5-kipgəj; 6-nazimçarx; 7-ştuser; 8-üzlük; 9-üçlüyün qaykası;

10-qapaq; 11-babbitli taxma

Əks klapanlar kompressorun qovuju xəttində yağayırıjisindan sonra quraşdırılır. Soyuduju agentin buxarları əks klapandan kondensatora tərəf yalnız bir istiqamətdə gedə bilər. Kompressor və yağayırıji arasındaki sahədə hər hansı bir nasazlıq baş verdikdə qazın əks istiqamətdə axması mümkün olmaya jaqdır.

Yoxlama sualları

1. Soyudujuların köməkçi aparatlarına nələr daxildir? 2. Yağayırıjılar və resiverlər nə üçün nəzərdə tutulmuşdur? 3. Maye və hava ayırıjılar nə üçün nəzərdə tutulmuşdur? 4. Soyuduju maşınlarda hansı nasos və ventilyatorlardan istifadə olunur? 5. Ventilyatorun məhsuldarlığı, basqısı, güjü və firlanma tezliyi arasında asılılıq nejə təyin edilir? 6. Soyuduju maşının hansı elementləri boru kəmərləri ilə birləşir? 7. Ammonyaklı soyuduju maşınlarda hansı borulardan istifadə olunur? 8. Boru kəmərinin hansı kateqoriyaları var? 9. Armatur harada quraşdırılır və hansı xarakteristikalardan ibarətdir?

XXV FƏSİL

**ABSORBSİYALI VƏ BUXAR ECEKTORLU
SOYUDUJU MAŞINLAR**

25.1. Absorbsiyalı soyuduju maşınlar

25.1.1. Su-ammonyaklı absorbsiyalı maşın. Absorbsiyalı soyuduju maşnlarda işçi maddə kimi eyni təzyiqdə müxtəlif qaynama temperaturu olan iki komponentdən ibarət məhluldan istifadə olunur. Soyuduju agent kimi aşağı temperaturlu komponentdən istifadə olunur. Qaynama temperaturu yuxarı olan ikinji komponent isə absorbent adlanır. Adətən soyuduju agent kimi ammonyakdan, absorbent kimi isə ammonyak buxarlarını udma qabiliyyətinə malik olan sudan istifadə olunur.

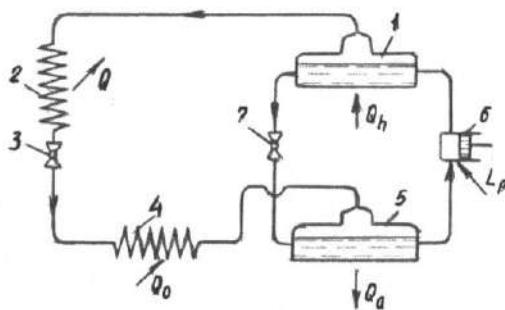
Su-ammonyaklı absorbsiyalı soyuduju maşının prinsipial sxemi şəkil 25.1-də verilmişdir. Bu maşında soyuqluq buxarlandırıjıda ammonyakin aşağı temperaturda qaynaması hesabına əldə edilir. Ammonyak buxarı kondensatorda 2 kondensasiya etdikdən sonra maye ammonyak nizamlayıcı ventildə 3 drossellənir və sonra soyudulan mühitdən ayrılan istilik Q_0 hesabına buxarlandırıjıda buxarlanır.

Soyuduju agentin buxarlarının buxarlandırıjıdan kondensatora keçməsi, absorber və qaynadıcı (generator) arasında fasılısız dövr edən absorbentin köməyi ilə baş verir. Buxarlandırıjıdan ammonyakin buxarları fasılısız olaraq absorberə 5 sorulur. Burada, qaynadıcıdan çıxan buxar nizamlayıcı ventildən 7 keçərək zəif su-ammonyak məhlulu ilə udulur. Bu proses istiliyin Q_0 ayrılması ilə müşahidə olunur və soyuduju suyun köməyi ilə absorberdən kənarlaşdırılır.

Absorberdə əmələ gələn qatı məhlul nasosla 6 qaynadıcıya verilir. Mayenin absorberdən - aşağı təzyiq p_o sahəsindən qaynadıcıya - yuxarı təzyiq p sahəsinə verilməsinə l_p işi sərf olunur.

Qaynadıcıda su-ammonyak məhlulu kondensatorun təzyiqindən bir qədər yuxarı olan sabit təzyiqdə buxarlanır. Bunun üçün qızdırıcı su buxarından alınan Q_h istiliyi sərf olunur. Qaynama nətijəsində ammonyak buxarları ayrılır, kondensatora daxil

olaraq burada suyun təsirindən sıxılır. Bundan başqa əmələ gələn zəif məhlul nizamlayıcı ventildə 7 drossellənərək aşağı təzyiqdə buxarlandırıçıdan ammonyak buخارını udmaq üçün yenidən absorberə qayıdır.



Şək. 25.1. Absorbsiyalı maşının sxemi:

1-qaynadıcı generator; 2-kondensator; 3,7-nizamlayıcı ventillər; 4-buxarlandırıcı; 5-absorber; 6-məhlul üçün nasos

Beləliklə, bu maşında ammonyak əsas elementlər arasında fasiləsiz olaraq dövr edir – kondensator, nizamlayıcı ventil, buxarlandırıcı, absorber – qaynadıcı sistemi. Eyni zamanda absorber, nasos, qaynadıcı və nizamlayıcı ventil arasında su-ammonyak məhlulu dövr edir. Absorbsiyalı maşının istilik tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$\Gamma + \Gamma_a = \Gamma_0 + \Gamma_{u_f} + l_n, \quad (25.1)$$

burada Q - kondensatordan su ilə ayrılan istilik;

Q_a - absorberdən su ilə ayrılan istilik;

Q_0 - buxarlandırıçının istilik yükü;

Q_h - qaynadıcıya verilən istilik;

l_p - nasosun işi.

l_p - nin qiyməti çox kiçik olduğundan, hesabatlarda adətən nəzərə alınmır.

Ümumi sərf olunan enerjini $Q_h + l_p = Q_0$ ilə işarə etsək, onda istilik balansı tənliyi aşağıdakı kimi olacaq

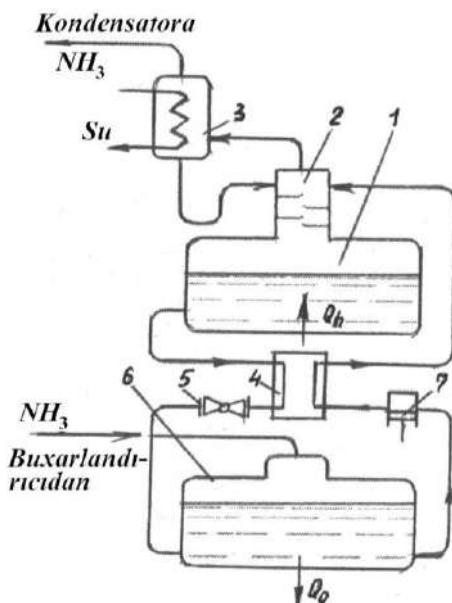
$$\Gamma + \Gamma_a = \Gamma_0 + \Gamma_\omega.$$

Absorbsiyalı soyuduju maşının səmərəli işi istilik əmsalı ilə xarakterizə olunur.

$$\varepsilon_a = \frac{\Gamma_0}{\Gamma_\omega}, \quad (25.2)$$

burada Γ_ω - sərf edilən istilik sərfi.

Təjrübədə istilik dəyişənli, rektifikatorlu və defleqmatorlu absorbsiyalı su-amonyaklı maşınlardan istifadə olunur (şək. 25.2).



Şək. 25.2. İstilikdəyişənli, rektifikatorlu və defleqmatorlu absorbsiyah soyuduju maşının sxemi:

1-qaynadıjı; 2-rektifikator; 3-defleqmator; 4-istilikdəyişən; 5-nizamlayıcı ventil; 6-absorber; 7-məhlul vermək üçün nasos

İstilikdəyişən-qaynadıjıya verilən qatı məhlulu, qaynadıjıdan absorbserə daxil olan zəif məhlullu soyuma hesabına, qızdırmaq üçündür. O, qaynadıjıda qızdırılmış buxarin və absorberdə soyuduju suyun sərfini azıldır.

Rektifikator – məhlulun qaynadıjıda əmələ gələn absorbent

buxarlarını soyuduju agentin buxarlarından ayırmaq üçündür. Soyuduju agent və absorbent buxarları qaynadıjıdan rektifikatora daxil olur və orada buxarlandırılma üçün verilən qatı məhlula təsir edir. Maye soyudulur və soyuduju agentin qatılığı artır.

Su ilə soyudulan defleqmator – soyuduju agent buxarının absorbent buxarından təmizlənməsi üçündür. İşçi maddəsi ammonyak+su olan maşınldarda defleqmatorдан sonra qatılığı $\xi=0,995$ olan təmiz ammonyak alınır və kondensatora verilir.

Ammonyak buxarlarının defleqmatorda su buxarından tam təmizlənməməsi buxarlandırıcı sistemin dayanıqlı temperatur recimini pozur. Bundan başqa lazım olan temperaturu almaq üçün buxarlandırıcıda və absorberdə aşağı təzyiqdə işləmək lazım gəlir ki, bu da sərfəli deyil.

Absorbsiyalı soyuduju maşının istilik əmsali kompressorlu buxar soyuduju maşının soyutma əmsalından çox aşağıdır. Absorbsiyalı maşının üstünlüyü onun ujuz istilik mənbələrindən istifadə etməsidir – işlənmiş buxar, çıxan qazlar, isti su, günəş energisi və s. Həqiqətdə absorbsiyalı soyuduju maşın kompressorludan çox sərfəli ola bilər. Aşağı temperaturlarda (-35°J) işlədikdə, hətta xüsusi tikilmiş qazanxanadan buxarla təmin edildikdə bu maşın kompressorlulardan sərfəlidir.

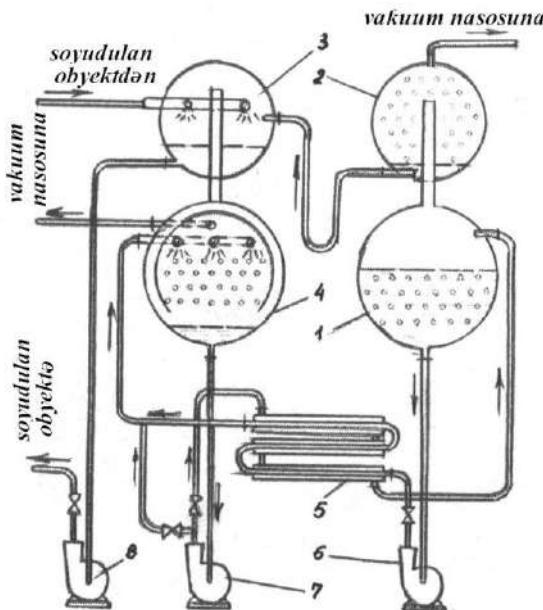
Absorbsiyalı maşında kompressorluya nisbətən su sərfi çoxdur. Anjaq işlənmiş suyun temperaturu yüksək olduğundan o, yeyinti istehsalında möişət və texnoloci tələbatlar üçün istifadə olunur. Absorbsiyalı su-ammonyak maşınlarının geniş yayılmaması onların kompressorlu maşılrlara nisbətən yüksək metal tutumu ilə bağlı olmasıdır.

25.1.2. Brom-litiumlu absorbsiyalı maşın. Qaynama temperaturu $t_0>0^{\circ}\text{J}$ üçün geniş yayılmış brom-litiumlu absorbsiyalı maşılrlardan istifadə olunur. Su-ammonyaklı maşınrlarla müqayisədə bu maşınlar daha yiğjam olub az kütləyə malikdirlər.

Absorberdən qaynadıjıya nasosla su ilə doymuş brom-litium məhlulu verilir (şək.10.3). Burada qızdırıcı buxarın və ya qaynar suyun hesabına məhlulun buxarlanması baş verir. Rektifikasiyası tələb olunmayan təmiz su buxarı ayrırlaraq kondensatora daxil

olur. Soyuq suyun təsirindən buxar kondensasiya edir. Buraya soyudulan obyektdən iliq su daxil olur və xüsusi forsunkaların köməyi ilə püskürülür. Buxarlandırıcı absorberlə birləşir. Absorberdə olan brom – litium məhlulu üzərindəki su buxarının elastikliyi buxarlandırıçıda olan doymuş su buxarının elastikliyindən aşağıdır. Buna görə də orada suyun qismən buxarlanması və onun qalan miqdarının $+3^{\circ}\text{J} \dots +5^{\circ}\text{J}$ -yə kimi soyuması baş verir.

Soyudulan su buxarlandırıçıdan soyudulan obyektə verilir. Yaranan su buxarı isə absorberə sorulur və brom-litium məhlulu ilə udulur. Absorbsiya prosesi nətijəsində ayrılan istilik soyuduğu su ilə çıxarılır.



Şək. 25.3. Brom-litiumlu absorbsiyalı maşının sxemi:
1-qaynadıcı; 2-kondensator; 3-buxarlandırıcı; 4-absorber; 5-istilikdəyişən;
6 və 7-məhlul üçün nasoslar; 8-soyudulmuş su üçün nasos

Su ilə doymuş brom-litium məhlulu absorberdən nasosla iki xəttə verilir: məhlulun az hissəsi istilikdəyişəndən keçərək bu-

xarlanma üçün qaynadıjıya verilir, qalan miqdarı isə qaynadıjıdan gələn və istilikdəyişəndən keçən məhlulla qarışır və püskürüyü forsunkalardan absorberə daxil olur.

Brom-litium maşınların aparatları nazik divarlı borulardan hazırlanır. Qaynadıjı və absorberin boruları mis-nikel ərintisindən və ya paslanmayan poladdan hazırlanır. Aparatların köynəkləri içəridən nikel layı ilə örtülürlər.

Soyutma məhsuldarlığı 400...3500 kVt olan brom-litium maşınları hava soyuduju qurğularında və suyun soyudulması üçün müxtəlif istehsalatlarda istifadə olunur.

25.1.3. Məişət absorbsiyalı soyudujular. Məişət absorbsiyalı soyudujular qida məhsullarının soyudulmuş və dondurulmuş halda saxlanması, içkilərin soyudulması və buzun alınması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu tip soyudujulara səssiz işləmə və hərəkət edən hissələrin olmaması məxsusdur. Bu da kompressorlu maşınlarla müqayisədə onların uzun müddətli işini təmin edir.

Bununla bərabər absorbsiyalı soyudujular kompressorlu soyudujlardan bir sıra göstəriyilərinə görə geri qalırlar:

- elektrik qızdırıjısının daima işləməsi nəticəsində bu soyudujuların istismarı zamanı energi sərfi yüksək olur;

- absorbsiyalı soyudujuların soyuqluq məhsuldarlığı kompressorlu soyudujuların məhsuldarlığından aşağıdır;

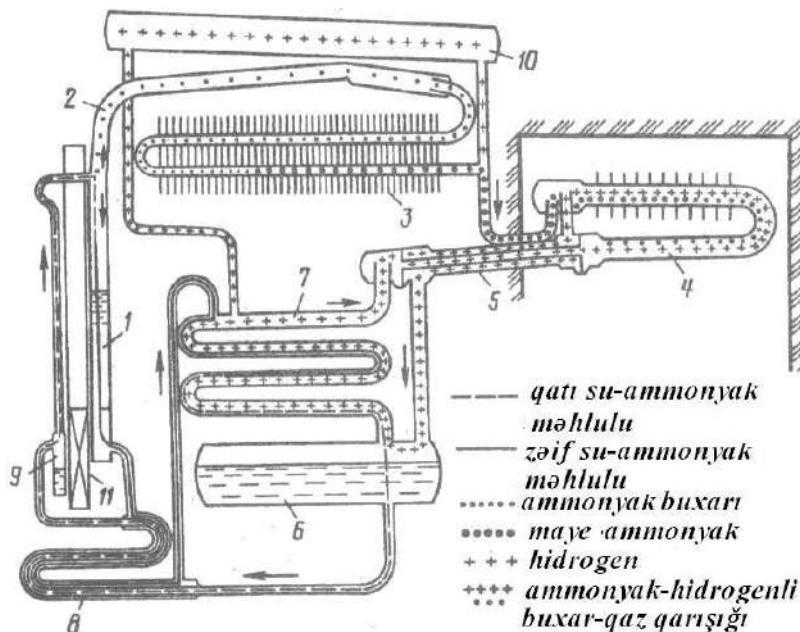
- buxarlandırıjıda mənfi temperaturun alınma müddəti kompressorlu maşınlara nisbətən çoxdur.

Məişət absorbsiyalı soyuduju maşının sxemi şəkil 25.4-də verilmişdir.

Aparat və boru kəmərlərinin germetik sistemi su-ammoniyak məhlulu ilə doldurulur. Bundan başqa sistemə yüngül təsirsiz qaz – hidrogen əlavə olunur. Hidrogen və ammoniyak buxarının təzyiqlərinin jəmi ($14\ldots15 \cdot 10^5$ Pa-dır).

Elektrik qızdırıjısı 11 işlədikdə termosifonda 9 olan su-ammoniyak məhlulundan ammoniyak buxarlanaraq maye məhlulu generator-qaynadıjıya 1 aparır, burada qızdırılma nəticəsində ammoniyakin məhluldan buxarlanaraq ayrılması davam edir. Ammoniyak buxarı və qisəmən də su buxarı mayeli rektifikator-

boruya 2 daxil olur. Su buxarları burada kondensasiya edir və yenidən generatora axır, ammonyak buxarları isə irəli kondensatora 3 tərəf hərəkət edir və konvektiv soyuma nətijəsində mayeyə çevrilərək buxarlandırıcıya daxil olur.



Sək. 25.4. Məişət tipli absorpsiyalı soyudujunun sxemi:

1-generator-qaynadıcı; 2-rektifikator; 3-kondensator; 4-buxarlandırıcı; 5-qaz istilikdəyişən; 6-absorberin çəni; 7-absorber; 8-mayeli istilikdəyişən; 9-termosifon; 10-hidrogen çəni; 11-elektrik qızdırıcısı

Məhlulun qızdırılması zamanı generatorda ammonyakin təzyiqi qalxdıqda buxarlandırıcıda ammonyak buxarının təzyiqi düşür, çünkü generatorda qalan zəif məhlul istilikdəyişəndən 8 keçərək absorberin 7 yuxarı hissəsinə daxil olur və borularla axdığı müddətdə amonyak buxarlarını buxarlandırıcıdan soraraq udur. Absorberdən çıxan və qaz istilikdəyişəndən 5 keçən hidrogen buxarlandırıcının üst hissəsinə dolur.

Buxarlandırıcı və absorberdəki hidrogen və ammonyak buxarının təzyiqləri jəmi generatordakı ammonyak buxarının təzyiqinə bərabərdir. Anjaq ammonyakin buxarlanması

temperaturu qeyd olunan təzyiqlər jəminə yox, ammonyak buxarlarının parsial təzyiqinə, yəni $(2...3) \cdot 10^5$ Pa-a təvafüq edir. Maye ammonyakin kondensatordan buxarlandırıjiya daxil olması, oradan mayenin buxarlanaraq absorberə sorulması zamanı baş verir. Burada nizamlayıcı ventil tələb olunmur.

Absorbsiyalı məişət soyudujularında mayenin absorberdən generatora verilməsində nasos olmur, çünki bu aparatlarda bərabər təzyiqdə qabların əlaqələnməsi prinsipi ilə maye bir aparatdan o birinə axa bilər. Qatı məhlul termosifondan generatora keçdiqdə onun yerinə absorberin çənindən məhlulun yeni porsiyaları daxil olur. Generatorda yiğilan zəif məhlul absorberin üst hissəsinə axır.

İnqibitorun məhlulda təyinatı – boruların və istilikdəyişənlərin daxili səthlərini korroziyadan qorumaqdır. Adətən məhlula 2 % miqdarında sodium xromat (Na_2JrO_4) əlavə olunur.

Məhlulda hidrogenin təyinatı – buxarşəkilli soyuduju agentə (ammonyaka) əks təzyiq yaratmaqdır. Bu halda kondensatora daxil olan hidrogenin təzyiqi buxarşəkilli soyuduju agentin təzyiqinə nisbətən aşağı olur. Distillə edilmiş su ilə udulan ammonyak buxarları su-ammonyak məhlulu əmələ gətirir. Soyuduju aqreqata su-ammonyak məhlulu və hidrogen 1,47...2,1 MPa təzyiqdə doldurulur.

Məişət soyudujularında absorbsiyalı-diffuziyalı təsirli soyuduju aqreqatlardan istifadə olunur. Temperaturu nizamlama sistemi kompressorlu soyudujularда istifadə olunan termonizamlıçılarla yerinə yetirilir.

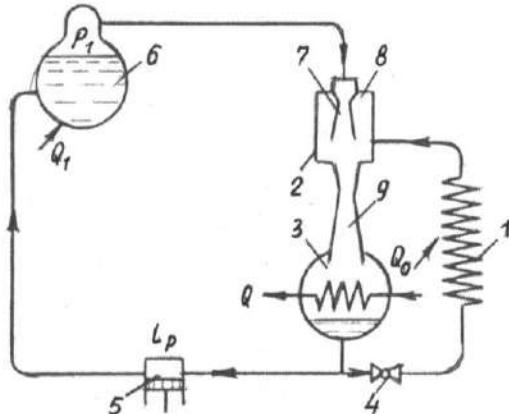
25.2. Buxar ecektorlu soyuduju maşın

Buxar ecektorlu soyuduju maşının əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onun işləməsi üçün işçi buxarın axın jərəyanının (şırnağının) kinetik enerjisindən istifadə olunur.

Şəkil 25.5-də buxar ecektorlu soyuduju maşının sxemi verilmişdir. Buxarlandırıjıda 1 soyudulan mühitdən verilən istilik Q_o hesabına soyuduju agent aşağı təzyiq p_o və temperaturda t_o qaynayır.

Buxar buxarlandırıjıdan ecektorun 2 təsiri hesabına sorulur.

Ecektor qarışma kamerasından və diffuzordan ibaretdir. Ecektorda Q_1 istilik sərfi nətijəsində buxar qazanında əmələ gələn nisbətən yüksək təzyiqli (p_1) buxardan istifadə olunur.



Şək. 25.5. Buxar ecektorlu soyuduju maşının prinsipial sxemi:

1-buxarlandırıcı; 2-ecektor; 3-kondensator; 4-nizamlayıcı ventil; 5-qidalandırıcı nasos; 6-buxar qazanı; 7-ujluq; 8-qarışma kamerası; 9-diffuzor

Buxar qazandan ecektorun ujluğuna yönəldilir və burada genişlənir. Buxarin təzyiqi buxarlandırıçıdağı təzyiqə qədər aşağı düşür, sürəti isə əksinə qalxır. İşçi buxar şırnağı buxarlandırıcıdan buxarı götürərək onunla qarışır və diffuzora tərəf yönəlir.

Diffuzorun genişlənən hissəsində kinetik energinin işə çevrilməsi hesabına qarışq kondensatordakı təzyiqə (p) qədər sıxlıır. Kondensatorda 3 buxar soyudulan suya kondensasiya istiliyini Q verərək t temperaturunda kondensasiya edir. Kondensasiya əmələ gələn maye iki axına ayrılır. Onun bir hissəsi nizamlayıcı ventildə 4 p_0 təzyiqinə kimi drossellənir və buxarlandırıcıya verilir. Burada soyuqluq yaranır. Qalan hissəsi l_p işi sərf olunaraq qidalandırıcı nasosun 5 köməyi ilə buxar qazanına qayıdır.

Buxar ecektorlu maşının istilik balansı aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$\Gamma = \Gamma_0 + \Gamma_1 + \pi_n = \Gamma_0 + \Gamma_\omega, \quad (25.3)$$

burada $Q_o=Q_1+l_p$ - işçi prosesdə ümumi energi sərfi.

Absorbsiyalı maşınlarda olduğu kimi l_p -nin qiyməti Q_1 ilə müqayisədə çox kiçikdir.

Buxar ecektorlu maşının istilik əmsalı

$$\varepsilon_u = \frac{\Gamma_o}{\Gamma_\omega}, \quad (25.4)$$

burada Q_o - alınan soyutma məhsuldarlığı;

Q_ω - ümumi istilik sərfi.

Beləliklə, buxar ecektorlu soyuduju maşının işləməsi üçün dairəvi tsiklin daxilində mexaniki işə çevrilən istilik formasında energi sərf olunur. Buxar ecektorlu maşının üstünlüyü istilik formasında enercidən istifadə edilməsi imkanından və mürəkkəb buxar kompressorunun olmamasından ibarətdir. Buxar ecektorlu maşınların xüsusiyyəti buxarlandırıjıda aşağı təzyiqdə işləmə imkanının olmasına imkan verir. Buxar ecektorlu soyuduju maşının da işçi buxar sərfi yüksəkdir. O, maşının iş şəraitindən asılıdır.

Buxar ecektorlu maşının kondensatorunun su sərfi kompresssorlu buxar soyuduju maşınınından 3-4 dəfə çoxdur. Bu baxımdan buxar ecektorlu maşının istifadəsi yalnız ujuz soyuq su mənbəyi olduqda sərfəlidir.

Yoxlama sualları

1. Absorbsiyalı soyuduju maşınlarda işçi maddə kimi hansı məhluldən istifadə olunur? 2. Su-ammoniyaklı absorbsiyalı soyuduju maşının quruluşu və iş prinsipi. 3. Absorbsiyalı maşının istilik balansı nejə təyin edilir? 4. Absorbsiyalı soyuduju maşının səmərəli işi nə ilə xarakterizə olunur? 5. Qaynama temperaturunun hansı qiymətlərində brom-litiumlu absorbsiyalı maşınlardan istifadə olunur? 6. Su-ammoniyaklı maşınlarla müqayisədə brom-litiumlu absorbsiyalı maşınlar hansı xüsusiyyətə malikdirlər? 7. Absorbsiyalı soyudujular kompressorlu soyudujulardan hansı göstərijilərinə görə geri qalırlar? 8. Buxar ecektorlu soyuduju maşının əsas xüsusiyyəti nədən ibarətdir? 9. Buxar ecektorlu maşının istilik balansı nejə ifadə olunur? 10. Buxar ecektorlu maşının istilik əmsalı nejə təyin edilir?

SOYUDUJU QURĞULAR VƏ SOYUDUJULAR

XXVI FƏSİL

YEYİNTİ MƏHSULLARININ SOYUDULMASI, DONDURULMASI VƏ SOYUQ SAXLANMASI

26.1. Yeyinti məhsullarının soyudulması

Yeyinti məhsulunun temperaturunun krioskopik temperatura kimi aşağı düşmə prosesinə soyutma prosesi deyilir. Soyudulan məhsulların son temperaturu $0\dots5^\circ\text{J}$ arasında olur. Soyudulmuş məhsullar öz ilkin keyfiyyətini uzun müddət saxlaya bilir. Balıq soyudulmuş halda 10 günə kimi, ət $20\dots30$ gün, meyvə və yumurta bir neçə ay saxlanıla bilər. Məhsulların yaxşı saxlanması üçün onları mümkün qədər tez soyutmaq lazımdır.

Məhsulların soyudulmasında Furye qanununa riayət olunur. Əvvəlje üst qat, sonra isə daxili qatlar soyudulur. Bir müddətdən sonra jismən bütün hissələrində temperatur eyni olub ətraf mühitin temperaturuna bərabər olur.

Məhsulların soyudulması üçün məhsulun təbii xüsusiyyətlərindən asılı olaraq müxtəlif soyuduju mühitlərdən istifadə olunur.

Havada soyutma üsulu universal sayılır. Bu üsulun çatışmayan jəhəti ondan ibarətdir ki, istilikvermə əmsalının aşağı olması nəticəsində prosesin sürəti də müəyyən qədər aşağı olur. Havada soyutmada istilik mübadiləsi konveksiya, şüalanma və məhsulun üst səthindən nəmliyin buxarlanması yolu ilə baş verir. Nəmliyin buxarlanması məhsulun qurumasına və daxili görünüşünün pisləşməsinə gətirir. Soyutma müddəti azaldıqja kuruma nəticəsində baş verən itkilər azalır.

Soyutma prosesini sürətləndirmək üçün havanın temperaturunu azaltmaq t_h və soyuduju kamerada onun dövr etmə sürətini artırmaq lazımdır.

Maye mühitdə soyutma (soyuq su, duz qarışığı) havaya nisbətən tez, əsasən də prosesin ilkin mərhələlərində, istilik məhsulun daxili qatlarından üst qatına intensiv keçdiyi zaman baş

verir. Bir çox məhsullar üçün maye mühitdə soyutmadan istifadə etmək əlverişli hesab edilmir. Bundan başqa buz və buz-duz məhlulu ilə soyutma da mümkünündür.

Ət, quş ətri, yumurta, meyvələr, süd məhsulları, qənnadı məmulatları hava mühitində soyudulur. Soyuq mayelərlə balığı, quş jəsədi, butulkalarda şərabı, istilikdəyişən aparatlar vasitəsilə südü, xamanı, şirələri, şərabı və başqa mayeləri soyudurlar. Əriyən buzla balıq, quş əti, butulkada içkilər və s. soyudulur.

Ətin soyudulmasında – jəmdəyin daxilindəki temperatur $+4^{\circ}\dots-1^{\circ}\text{J}$ -yə kimi azalmalıdır. İlkən mikrobioloci toxumlarının olmasından, pH və bir sıra başqa faktorlardan asılı olaraq saxlama müddəti 5...16 sutkadır.

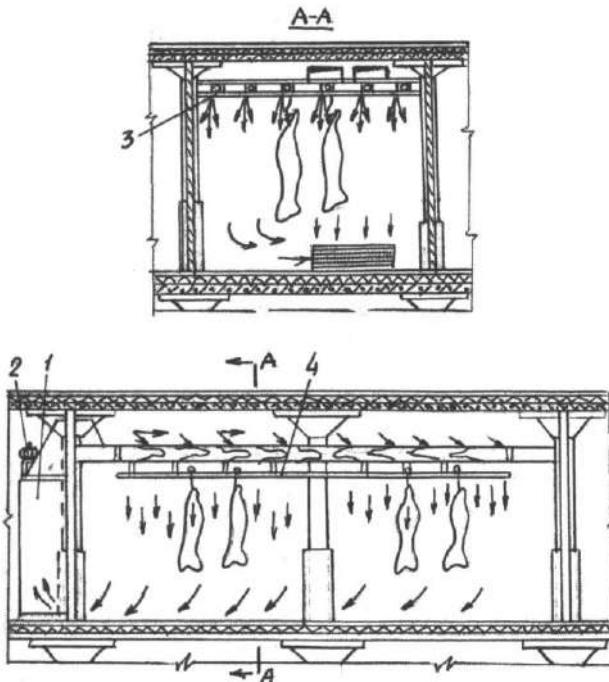
26.1.1. Ətin soyudulması. Ət xüsusi jihazlarla təjhiz edilmiş, havası intensiv dövr edən soyuduju kameralarda asqı yollarında soyudulur. Asqı yollarının (monoreelslər) arasındaki məsafə 0,8...1 m, yoluñ yüklənməsi 280 kqm nəzərdə tutulduğundan bu da kameranın sahəsinin 250 kqm² orta yüklənməsinə uyğun gəlir. İçalat məhsulları soyuduju kamerasının asqı və ya hərəkət edən rəflərində taralarda yerləşdirilirək soyudulur. Soyudulma zamanı havanın temperaturu $-1^{\circ}\text{-dən } 0^{\circ}\text{J-yə kimi}$, nisbi rütubət 92...95 % olmalıdır. Bu parametrlərdə və havanın intensiv dövr etməsində mal ətinin soyudulması təxminən bir sutkadır.

Əzələlərdə temperatur 4°J-dən aşağı olduqda, üzərində isə quruma qabığı əmələ gəldikdə ətin soyudulması başa çatmış hesab olunur.

Soyuma zamanı ətin qurumasında yaranan itkilər 1...1,5 % təşkil edir. Ətin soyudulması üçün adətən quru hava soyuduularından istifadə olunur. Havanın tavandan paylanması kameralarında (şək. 26.1) hava soyudulduğdan sonra tavanda yerləşən kanala qovulur. Buradan hava deşiklərdən təzyiqlə çıxaraq kameralaya daxil olur və monoreelslərdə asılan ət jəmdəklərini soyudur. Bu sistem havanın kameralada bərabər yayılmasını və jəmdəklərin bərabər soyudulmasını təmin edir. Jəmdəklər arasında havanın sürəti 0,7...0,8 msan-yə çatır.

Soyudulma üçün tam soyutma sərfi nəzəri olaraq soyudulan

məhsulun miqdarının prosesin əvvəlində və axırında istilik tutumu fərqinin hasilinə bərabərdir.



Şək. 26.1. Ətin soyudulması kamerası (havanın tavandan paylanması):

1-havasoyudan; 2-ventilyator; 3-hava axını üçün deşik; 4-asqı yolu

26.1.2. Quşun və yumurtanın soyudulması. Quş jəmdəkləri əsasən hava mühitində soyudulur. Kağıza bükülmüş quş jəmdəklərini standart yaşılarda və şahmat şəklində soyuduğu kameranın döşəməsinə yiğirlər.

Kamerada havanın temperaturu 0°J -dən -1°J -yə kimi, nəmliyi 85...90 %, havanın hərəkət sürəti 1...1,5 msan olmalıdır. Kameranın yüklənməsi təxminən $180...200 \text{ kqm}^2$ olur.

Soyudulmanın sonunda jəmdəyin temperaturu $2...3^{\circ}\text{J}$ -dən çox olmamalıdır. Soyutma müddəti 12...24 saat olmalıdır. Soyudulma zamanı quruma 1,2 %-dən çox olmamalıdır.

Tunel tipli kameralarda quş ətinin soyudulması daha təkmil-ləşdirilmişdir. Burada havanın temperaturu -2°J -yə qədər işlə-yən soyudujularda nisbi rütubət 85...90 % və havanın dövr etmə süreti 4...5 msan təşkil edir. Bu halda soyuma müddəti 4-6 saat təşkil edir.

Xarici ölkələrdə quş jəmdəyini xüsusi zənbillərdə buzlu suya salmaqla soyudurlar. Bu üsulla soyutma müddəti 2...3 saatə kimi azalır və quruma tam aradan qaldırılır. Yükləmə əməliyyatları tam mexanikləşdirilir.

Yumurtalar əsasən hazırlayıçı soyudujuların kameralarında şahmat şəklində yiğılaraq soyudulur. Soyutma kameralarında temperatur 0°J -dən -2°J –yə kimi, nisbi rütubət 75-80 % saxlanılır. Əmtəəlik yumurtaları quş fabrikinin anbarlarında saxlamaq üçün aralıq soyuqluq daşıyıcısı olan (NaJl su məhlulu) freon soyuduju qurğudan istifadə olunur. Anbarda batareyalar vasitəsilə $+8\ldots12^{\circ}\text{J}$ temperatur saxlanılır.

İnkubatorlarda havanın soyudulması üçün soyutma məhsul-darlığı 25200 kJoulsaat (inkubasiya yumurtaları üçün), 12600 kJoulsaat (növləşdirilməmiş yumurtalar üçün) olan freon soyudujularından istifadə olunur. İnkubasiya və növləşdirilməmiş yumurta anbarlarında buxarlandırıcı batareyalar vasitəsilə $+8\ldots12^{\circ}\text{J}$ temperatur saxlanılır.

26.1.3. Balığın soyudulması. Balıq tutulduqdan sonra onun tez soyudulması məhsulun keyfiyyətinin saxlanması üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Balığı bilavasitə balıqtutan gəmilərdə və ya liman soyudujularında soyudurlar. Soyutma üçün soyuq sudan, buzdan və ya 3...4 %-li duz qarışığından istifadə olunur. Havada soyudulmada məhsul quruyur və əmtəə şəklini itirir.

Balığın çelləklərdə və ya yesiklərdə xirdalanmış buz səpməklə lay – lay soyudulması geniş yayılmışdır. Bu üsul bir qədər çətinliklər yaradır.

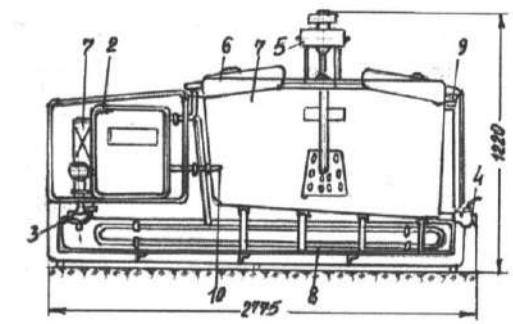
Balıq tutan gəmilərdə ən rahat və səmərəli üsul balığın soyuduju qurğularda soyudulmuş dəniz suyu ilə soyudulmasıdır. Dəniz suyu balığın qida keyfiyyətinə və tamına heç bir mənfi təsir etmir. Dəniz suyunu -2°J temperatura kimi soyutmaq olar.

Təjrübə göstərir ki, təbii dövr etmə zamanı dəniz suyunda soyudulmanın sürəti xirdalanmış buzunkundan 2,9 dəfə, məjburi dövretmədən isə 5 dəfə çoxdur. Balığın dəniz suyunda soyudulma müddəti balığın ölçüləri və suyun dövr etmə intensivliyindən asılı olaraq bir neçə dəqiqədən 1,5 saata kimiidir.

Şirin suda soyutma o qədər intensiv getmir, çünki onu dəniz suyu kimi aşağı temperatura qədər soyutmaq olmur. Şirin sudan istifadə etdikdə ona 3...4 % xörək duzu əlavə edirlər.

Dövretməli soyudujularda balıq soyuq dəniz suyu ilə soyudulur. Bu aparatlara balıq yüklenir və soyudulmuş yarımfabrikat çıxarılır. Dövretməli balıq soyudujuları xırda balığı soyutmaq üçün əlverişlidir.

26.1.4. Südün və süd məhsullarının soyudulması. Süd və süd məhsullarının soyudulması üçün yerli şəraitdən asılı olaraq müxtəlif soyutma mənbələrindən istifadə edilir. Fermalarda süd çənlərdə və fləqlərdə buz, duz qarışığı və soyuq su ilə soyudulur. Südün saxlanması və soyudulması üçün BO-1000 vannasından (şək. 26.2) istifadə edilir.

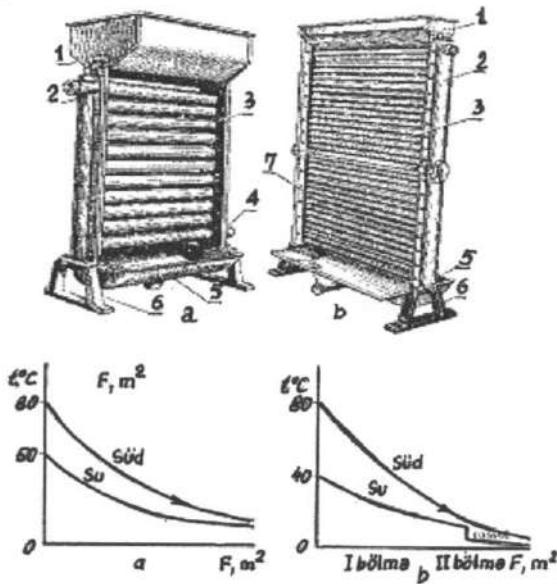


Şək. 26.2. Südün saxlanması və soyudulması üçün BO-1000 vannası:

1-vanna; 2-maşın hissəsi; 3-buzlu su üçün nasos; 4-boşaldıçı kran; 5-qışdırma mexanizmi; 6-vannanı süd ilə doldurma boğazlığı; 7-soyuduju aqreqat; 8-buxarlandırıcı; 9-deşikli boru; 10-termobalon

Vanna paslanmayan poladdan hazırlanıb ikidivarlıdır, xarij-dən istilik izolyasiyasına malikdir. Divarlararası məsafədə vanna boyunja həlqəvi boru suvarıcıyı yerləşir. Vannanın altında İF-56 freon soyudujusu ilə birləşən buxarlandırıcıyı yerləşir. Buxarlandırıjıdan 15...20 mm yuxarı səviyyədə yerləşən su 0°J temperatur-a kimi soyudulur və püskürüyü boruya verilir. Soyuduju aqreqat südün verilməsindən 1,5 saat əvvəl işə salınır. Vannada süd qarışdırıcıyı ilə qarışdırılırlaraq, 1,5...2 saat ərzində $4...5^{\circ}\text{J}$ -yə qədər soyudulur. Süd soyudulduqdan sonra vannada az müddət ərzində qalır, temperatur artdıqja soyuduju aqreqat avtomatik olaraq işə salınır. Süd istehsalı müəssisələrində südün pasterizasiyadan sonra soyudulması üçün (suvarma) lövhəli soyudujulardan istifadə olunur.

Şəkil 26.3- də yasti suvarma əksaxınlı soyudujular, birbölməli və ikibölməli soyudujuların işinin temperatur qrafiki göstərilmişdir.



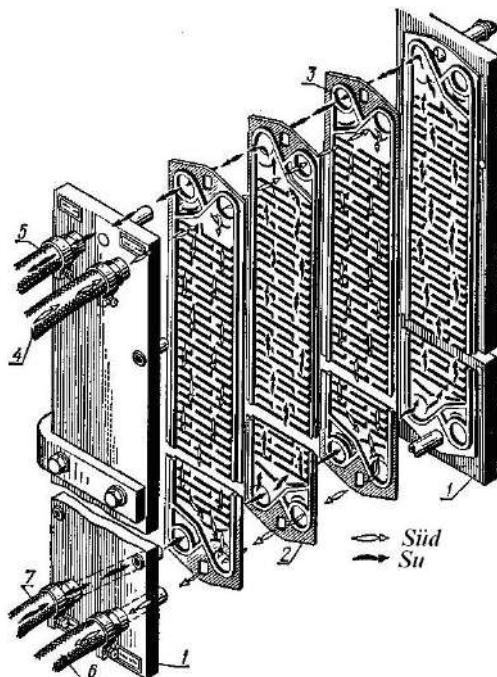
Şək. 26.3. Yasti suvarma əksaxınlı soyudujular və onların işinin temperatur qrafiki:

a) birbölməli; b) ikibölməli; 1-kollektor; 2-üst nov; 3-soyutma səthi; 4-

giriş qısaborusu; 5-alt nov; 6-dayaq; 7-duzlu su bölməsinin iş səthi

Süd üst novun 1 dibindəki torun deşiklərindən keçir və nazik pərdə şəklində üfüqi borular jərgəsindən ibarət olan soyudujunun iş səthi ilə axır. İki kollektorlu borular spiral əmələ gətirir ki, onunla eks axınlə soyuqluqdaşıyıji hərəkət edir. Soyudulmuş süd alt nova 5 daxil olur, oradan boşaldığı qısaboru vasitəsilə süd yığılan qaba gedir.

İş sxemi şəkil 26.4-də göstərilmiş lövhəşəkilli soyuduju, soyuqluq daşıyıji kimi mənfi temperatura qədər soyudulmuş duzlu sudan istifadə edilərsə paralelaxınlı recimdə də işləyə bilər (südün soyudujuda donmasının qarşısını almaq üçün).



Şek. 26.4. Lövhəşəkilli soyudujunun iş sxemi:

1-yan tərəflər; 2-lövhələr; 3-araqatları; 4-isti suyu aparan rezin boru; 5-süd gətirən rezin boru; 6-soyuq su gətirən rezin boru; 7-soyudulmuş südü aparan rezin boru

Öksaxınlı soyudujunun hesablanması düsturu aşağıdakı kimi-

dir:

$$2,303\pi \frac{(\nu b_0 - \nu)(m_H - m) + \nu \tau_k}{\nu b_0 H \tau_k} = \frac{\nu b_0 - \nu}{\nu b_0} \cdot \frac{\Phi_k}{M\nu},$$

burada n - soyudujunun su miqdari, yəni aparatdan vahid vaxtda keçən soyuduju mayenin və südün miqdari nisbətidir (2- duzlu su üçün və 3- su üçün);

- j_b - soyuduju mayenin istilik tutumu, Joul(kq·dər);
 j - südün istilik tutumu, Joul(kq·dər);
 t_H - soyudulan südün başlanğıj temperaturu, dər;
 t_0 - soyuduju mayenin başlanğıj temperaturu, dər;
 k - ümumi istilikötürmə əmsalı, ($Vt(m^2 \cdot dər J)$);
 τ_k - soyudulmuş südlə t_k soyuduju maye t_0 arasındaki temperatur fərqi, dər;
 F - soyudujunun iş səthi, m^2 ;
 M - soyudujunun məhsuldarlığıdır, kqsan.

Avtomatik idarə olunan yüksək məhsuldarlıqlı lövhəşəkilli OOT-M süd soyudujusunun məhsuldarlığı 3000 dm³/saat, onun qabarit ölçüləri 1400x700x1300 mm, kütləsi 412 kq, elektrik mühərrikinin güjü 1,5 kWt-dır.

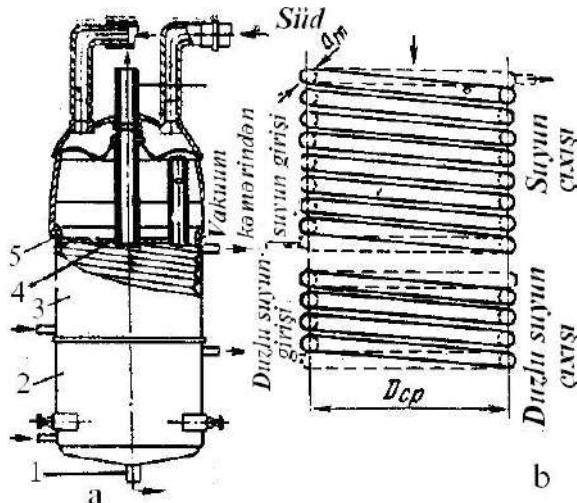
Əksaxınlı soyudujular südü soyuduju mayenin başlanğıj temperaturundan 3°J artıq temperatura qədər soyuqluqğa hesablanmışdır. İstehsalat ehtiyajları üçün soyudujular aparatın işlək səthinin tələb olunan qiymətinə görə seçilməlidir.

Süni soyuqluğa qənaət etmək məqsədilə soyudulan südün temperaturunun aşağı qiymətlərini almaq üçün iki pilləli soyutma tətbiq olunur (şək. 26.3). Üst bölmə su kəmərindən axan su ilə, alt bölmə soyuduju qurğularda soyudulmuş duzlu və ya adı su ilə qidalandırılır.

Vakuum soyudujusu tutum daxilində yerləşdirilmiş büzməli istilikdəyişdiriji səthi olan ikitərəfli silindr və ya konus şəklində hazırlanmışdır (şək. 26.5). Suvarma səthi vint xətti üzrə büzməli düzəldilir. Vintli kanalda divarlar arasından (xarıji və daxili) soyuduju maye keçir.

Süd soyuduju-təmizləyiji separator-südtəmizləyijidən, dördbölməli soyudujudan, soyuduju maye üçün mərkəzdənqəçmə

nasosundan, separatoru və nasosu hərəkətə gətirən elektrik mühərrikindən, süd qəbul edijidən, soyudujunun üst və alt təknələrindən, boşaldığı qurğudan ibarət olan aqreqatdır (şək. 26.6).



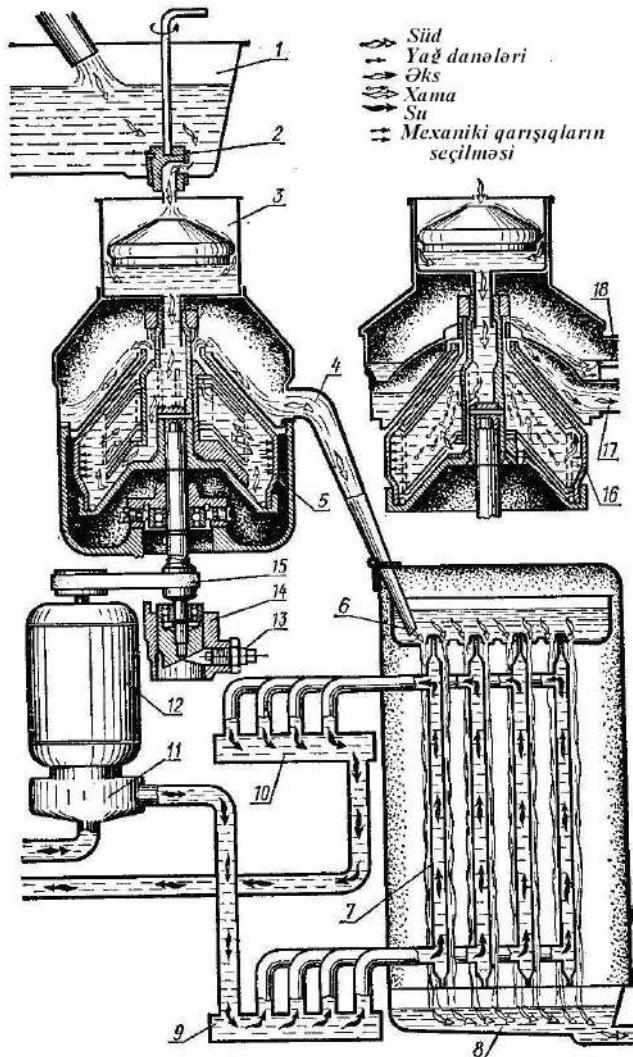
Şək. 26.5. İkibölməli vakuum suvarma soyudujsusu:

- ümumi görünüşü;
- soyudujunun spiralı;
- 1-boşaltma qısaborusu;
- 2-duzlu su ilə soyutma bölməsi;
- 3-su ilə soyutma bölməsi;
- 4-vakuum kəməri;
- 5-paylaşdırıcı təknə

Təmizləmə - soyutma sxemi üzrə işlədikdə süd, süd qəbul edijidən separator-südtəmizləyijinin üzgəjli kamerasına və separator barabanının boşluğununa keçir, orada mexaniki qarşıqlardan təmizlənir. Süd barabandan aparıcı borujuq vasitəsilə soyudujunun üst paylaşdırıcı təknəsinə daxil olur, oradan xırda deşikli tordan istilikdəyişdiriji səth üzrə axır və soyumuş halda alt təknəyə daxil olur. Sonra süd saxlamaq üçün tanklara və ya mehtərlərə yığılır. Südün ayrıılması lazımlı gəldikdə separatorun təmizləyiji barabani komplekt süd qabı olan qaymaqayırıji ilə dəyişdirilir. Üst təknədən yuxarıda texnologiya üzrə hansı məhsulun tez soyudulacağından asılı olaraq qaymaq və ya üzsüz süd üçün axıdıcı borujuq qurulur. Süd qabının ikinji borujuğu yığma çənini yönəldilir.

Soyuduju aşağıdakı kimi işləyir. Baraban iş fırlanma tezliyini (2,5...3 dəqiqə sonra) aldıqdan sonra südün üzgəjli

kameraya keçməsi üçün südqəbuledijinin kranı açılır.



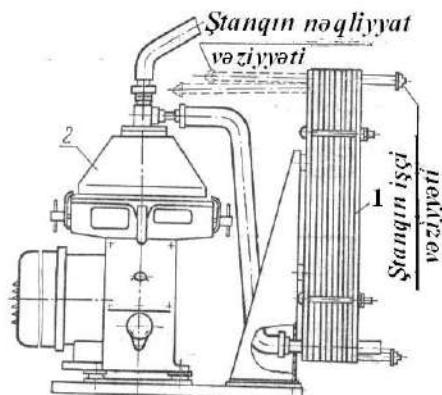
Şək. 26.6. Süd təmizləyi-jı-soyudujunun sxemi:

1-süd qəbulediji; 2-kran; 3-üzgəqli kamera; 4-axitma borujuğu; 5-barabən-südtəmizləyiji; 6-paylaşdırılmış təkne; 7-suvarma soyuduju bölməsi; 8-altlıq; 9-soyudujunun kollektoru; 10-axıdilan su kollektoru; 11-su nasusu; 12-elektrik mühərriki; 13- barabanın yığıjılara (qablara) nəzərən hündürlüyü görə qurulma vinti; 14-dayaq; 15-intiqal qayışı; 16-baraban-qay-

maqayıriji; 17-üzsüz süd çəni; 18-qaymaq çəni

Su qurğunun nasosu ilə soyudujuva verilir. İş qurtardıqda qalığın çıxarılması üçün südqəbulədiyi bir qədər üzsüz süd töküür. Sonra elektrik mühərrikini şəbekədən ayıraq barabanın tam dayanmasını gözləyirlər. Bundan sonra separatoru söküb yuyurlar. Hissələr soda məhlulunda və isti suda yuyulur və sonra havada qurudulur. Separator işdən qabaq yiğilir.

OM-1 təmizləyiji - soyuduju üzərində separator-təmizləyiji, elektrik mühərriki və lövhəşəkilli soyuduju quraşdırılmış özüldən ibarətdir (şək. 26.7). Lövhəşəkilli soyuduju izoləediji rezin ayaqaltı paslanmayan poladdan şamplanmış lövhələr komplektidir. Lövhələr iki yan tərəflər arasında boltlarla çəkilib bərkidilmişdir. Daxili kanallar (süd yolları) və soyuduju maye kanalları ayrılmışdır.



Şək. 26.7. OM-1 təmizləyiji – soyuduju:

1- süd soyudujusu; 2- sentrifuqa

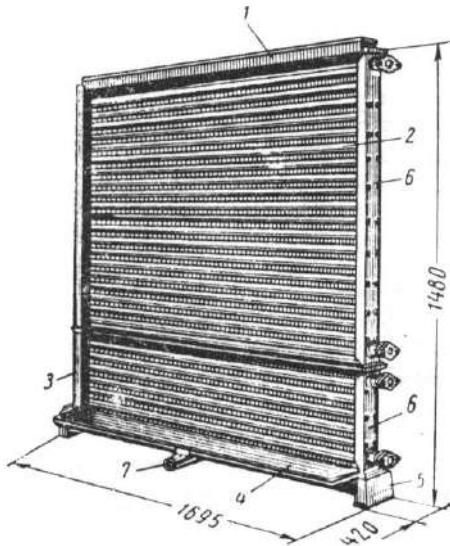
Soyuq su ilə işlədikdə eksaxınlı sxem tətbiq olunur: su qonşu lövhələrarası boşluqdan axan südün istiliyini alaraq lövhələrin arası ilə yuxarıya doğru hərəkət edir. Südün suya qarışmasının qarşısını almaq üçün aparat yığıldıqda rezin aqreqatların vəziyyətinə diqqət yetirmək və lövhələri bərkidən birləşdiriji boltları etibarlı çəkib bərkitmək lazımdır.

OM-1 təmizləyijisində baraban 100 san^{-1} tezliyi ilə fırlanır və südün hərəkət etdirilməsi üçün lazımı basqını təmin edən

basqı diskı ilə təjhiz edilmişdir. Təmizləyijinin məhsuldarlığı 1000 dm³/saat, qabariti 1210x500x750 mm, kütləsi 200 kq-dır. Elektrik mühərrikinin tələb olunan güjü 1,1 kWt-dır.

Müasir yuyuju vasitələr soyudujunun bölmələrini sökmədən aparıcı yumağa imkan verir. Lakin uzun müddət sökülüb yuyulmamış soyudujudan çıxan südün bakterial cirklənməsi artır. Ona görə də lövhəşəkilli soyudujular dezinfeksiyaediji vasitələrlə çox diqqətlə yuyulduqdan sonra belə həftədə bir dəfədən az olmayaraq sökülməli və yuyulmalıdır.

Suvarma tipli soyudujularda süd üst hissədə (23 hissəsi) soyuq su ilə, alt hissədə isə duzlu su qarışığının ilə -5°C-dən az olmayan temperaturda soyudulur (şək. 26.8). Süd təxminən 4°C-yə kimi soyudulur.



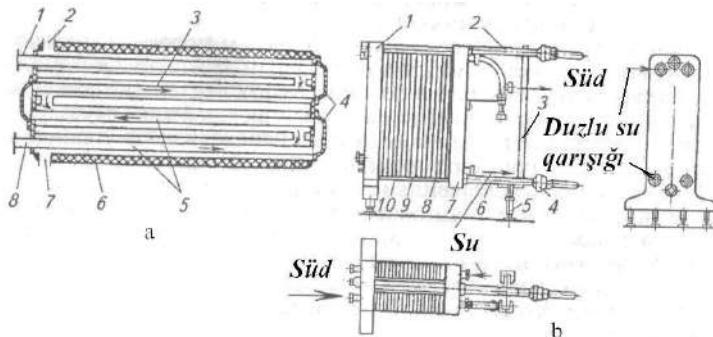
Şək. 26.8. Suvarma tipli borulu soyuduju:

1-bölüşdürüyü nov; 2-su bölməsi; 3-duzlu su qarışığının bölməsi; 4-yığım bölməsi; 5-dayaq; 6-kollektor; 7-süd çıxarmaq üçün qışa boru

Soyudujunun məhsuldarlığı südün, soyuq suyun və duzlu məhlulun başlanğıc və son temperaturundan asılıdır. Soyudujunun 1 m uzunluğuna normal yüklənmə 1000 dm³/saat, 1 dm³ soyudulmuş südə 2...3 dm³ su və 1,5...2 dm³ duzlu su sərf

olunur. Bu soyudujulardan həmçinin xamanın və dondurma məhsulunun soyudulmasında da istifadə olunur.

Südün pasterizasiyasından sonra tez soyudulması üçün borulu və lövhəli tipli qapalı soyudujulardan istifadə olunur (şək. 26.9).



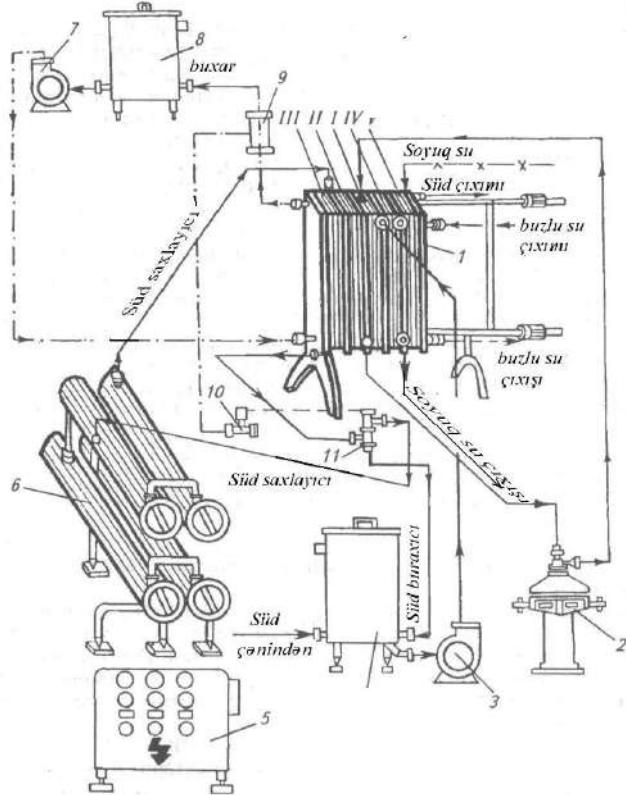
Şək. 26.9. Qapalı soyudujular:

a) boru tipli soyudujunun sxemi: 1-soyudulan məhsulun çıxması üçün qısa boru; 2,7-soyuqluq daşıyanın giriş və çıxış qısa boruları; 3-xarıji borujuqlar; 4-öyrilər; 5-daxili borujuqlar; 6-halqavari kanal; 8-soyudulmuş məhsulun giriş qısa borusu; b) lövhəli tipli soyuduju: 1-əsas dayaq; 2,6-ştanqlar; 3-dayaq; 4-sixişi qayka; 5-bıçaqlar; 7-sixişi lövhə; 8-su ilə soyutma; 9-ayırıcı lövhə; 10-duzlu su ilə soyutma bölməsi

Boru tipli soyuduju (şək. 26.9.a) bir-birinin içərisinə geydirilmiş iki borudan ibarətdir. Borular öz növbəsində ümumi izolasiya edilmiş köynəklə örtülüüb. Soyudulan süd mərkəzi boru ilə hərəkət edir. Soyuqluq daşıyan isə əks istiqamətdə halqaşəkilli aralıq boru ilə hərəkət edir.

Lövhəli tipli soyuduju (şək. 26.9.b) işçi səthi ayrı – ayrı lövhələrdən hazırlanmış istilikdəyişən aparatıdır. O yuxarı və aşağı horizontal (üfiqi) ştanqlara malik əsas dayaqlardan, sixişi lövhələrdən və sixişi qaykalardan ibarətdir. Üst ştanqda qabırğalı səthi olan istilikdəyişən işçi lövhələr asılır. Onların arasında rezin araqtı hesabına kanallar yaranır ki, bu kanallarla soyudulan məhsul və soyuqluq daşıyan axır. Lövhəli soyudujunu xarakterizə edən əsas parametr istilikdəyişən lövhələrin tipi və sayıdır.

Lövhəli soyudujular lövhəsi pasterizəediji-soyuduju qurğulara daxildir. OPF tipli pasterizəediji-soyuduju qurğuya lövhəli soyuduju daxildir (şək. 26.10).



Şək. 26.10. OPF tipli lövhəli pasterizəediji- soyuduju qurğunun sxemi:

1-lövhəli aparat; 2-südtəmizləyiji separator; 3-süd nasosu; 4-bərabərləşdirən çən; 5-idarəetmə pultu; 6-saxlayıcı; 7-su nasosu; 8-konveksiyaediji çən; 9-incektor; 10-buxarın verilməsini tənzimləyən klapan; 11-elektrik buraxıcı klapan

Lövhəli aparat beş bölməyə bölünür: birinci və ikinci regeñerasiya pillələri, pasterizə, artezian suyu və buzlu su ilə soyudulma bölmələri. İstilik mübadiləsi paslanmayan poladdan hazırlanan nazik lövhələrlə ayrılan isti su və süd axınları arasında

baş verir. Bölmlər bir-birindən xüsusi arakəsmə plitkalarla ayrılır.

Yağ, pendir, xama, şor, qatıq və başqa süd məhsullarının hazırlanması texnologici proseslərində soyutmadan geniş istifadə olunur. Məsələn, yağın hazırlanmasında xama əvvəlje soyudulur, yağı çalındıqda da onu soyudurlar ki, ayrana qarışmasın; pendirin hazırlanmasında xeyirli və ziyanveriji mikrofloranın həyat tərzini tənzimləmək, müxtəlif temperatur şəraiti yaratmaq üçün soyutmadan istifadə olunur; pendirin duzlanması duzun pendir kütləsinə bərabər daxil olması üçün yetişmə prosesində – çıxımın artması və qurumanın azalmasının qarşısını almaq üçün soyutmadan istifadə olunur.

Südün tez soyudulması üçün avtomatlaşdırılmış lövhəli soyuduju qurğulardan istifadə olunur. Bu soyudujularда yüksək sanitər-gigiyenik şərtlərə riayət olunmaqla südün soyudulması prosesi avtomatiki nizamlanmaqla qapalı axında baş verir. Avtomatlaşdırılmış lövhəli soyuduju qurğuların texniki xarakteristikaları jədvəl 26.1-də verilmişdir.

Jədvəl 26.1

Avtomatlaşdırılmış lövhəli soyuduju qurğuların texniki xarakteristikaları

Göstərişilər	Qurğunun tipi			
	OOT-M	OUU-M	001-U10	OUU-25
Məhsuldarlıq, /saat	3000	5000	10000	25000
Südün ilkin temperaturu, °J	30...35		20...25	
Soyudulmuş südün temperaturu, °J:		+2...+6		
Soyuqluq daşıyışının temperaturu, °J:				
ilkin soyudulma üçün son soyudulma üçün		+8...+12 -5...+1		
Sərfiyat, m ³ /saat: artezian suyu buzlu və ya duzlu su	9 9	15 15	20 30	50 50
Soyudujuda maksimum işçi təzyiq, MPa		0,3		
Soyudujunun ölçüləri, mm: uzunu eni	1300 665	1510 665	1600 700	2000 800

hündürlüyü	1330	1330	1200	1530
Kütləsi, kq:				
soyudujunun qurğunun	255 310	327 382	520 650	1175 1430

26.1.5. Soyuduju tanklar. Südün soyudulması və $+5\dots+6^{\circ}\text{J}$ temperaturda müvəqqəti saxlanması üçün soyuduju tanklardan istifadə edilir. Tanklar şaquli silindrik (tutumu 1000, 1200 və 2000 l) və düzbujaqlı üfiqi (tutumu 1600, 1800 və 2500 l) olurlar.

Tank TOM-2a südün $+36^{\circ}\text{J}$ -dən $+6^{\circ}\text{J}$ -yə kimi soyudulması və saxlanması üçün nəzərdə tutulur. O, soyuduju maşından və elektrik mühərriki ilə işləyən qarışdırılmış süd vannasından ibarətdir. Vannanın divarları alüminiumdan hazırlanıb və xarıjdən soyuq su ilə suvarılır. Su vannasının altında yerləşən soyuqluq akkumlyatorundan mərkəzdənqəçmə nasos vəsiti ilə verilir. Su FU12 kompressorlu soyuduju maşınla soyudulur.

Q2-OT2-A markalı tankı silindrik şaquli vannadan ibarətdir. Vannanın üst hissəsində iki qapağı var, dibində isə elektrik mühərriki ilə birləşdirilmiş qarışdırılmış yerləşir. Üzgəj qurğusu vannanı dolmadan qoruyur, yəni nasosun işini avtomatiki olaraq dayandırır. Vanna və silindrik gövdə arasında su köynəyi yerləşir. Köynəkdəki su tank və vannanın dibi arasında qurulmuş ilanvari borudan daxil olan duzlu su ilə soyudulur.

Tankların texniki xarakteristikaları jədvəl 26.2-də verilmişdir.

Jədvəl 26.2

Soyuduju tanklarının texniki xarakteristikaları

Göstərijilər	Soyuduju tanklar	
	Q2-OT2-A	TOM-2a
Həcmi, l	1200	1800
Qarışdırılmış fırlanması tezliyi, dövr dəq	1000	1400
Elektrik mühərrikinin güdü, kVt	1	6,57
Qabarit ölçüləri, mm:		
uzunu	2075	4040
eni	1465	1670
hündürlüyü	1900	1764
Kütləsi, kq	570	1522

26.1.6. Meyvə-tərəvəzin soyudulması. Daşınma və uzun müddətli saxlanma üçün hazırlanan meyvə-tərəvəz havası intensiv dövr edən soyuduğu kameralarda əvvəljdən soyudulur.

Meyvə-tərəvəzin soyudulması üçün kameralar hazırlayıçı meyvə soyudujularında, meyvə-tərəvəz konserv və şərabçılıq müəssisələrinin soyudujularında qurulur.

Hava soyudujuları vasitəsilə kameralada 0°J -dən -1°J -yə kimi temperatur və $85\dots95\%$ nisbi rütubət saxlanılır. Soyudujularda yaşılör şahmat şəklində yerləşdirilir. Soyutma zamanı kameralada havanın intensiv dövr etməsi təmin edilir ($60\dots120$ həjmsaatda). Meyvələrin $+25^{\circ}\text{J}$ -dən $+4^{\circ}\text{J}$ -yə kimi soyudulma müddəti 20 saat təşkil edir.

Kameraların sutkalıq məhsuldarlığı $20000\dots100000$ kq-dır.

Meyvə-tərəvəzin saxlanması üçün (əsasən çərdəklilərin) tənzimlənən qaz mühitindən istifadə olunur. Karbon qazının qatılığının artırılması və oksigenin azalması meyvələrin tənəffüsünü azaldır, fiziolog xəstəliklərin qarşısını alır, meyvələrin tamının və iyinin daha yaxşı saxlanmasına səbəb olur. Burada itkiler 2...3 dəfə azalır, saxlanma müddəti 1,5...2 dəfə artır.

Meyvə və giləmeyvələrin temperatur – nəmlik recimləri və soyuq saxlama müddətləri Beynəlxalq Soyuqluq İnstitutu tərəfindən verilmişdir (jədvəl 26.3).

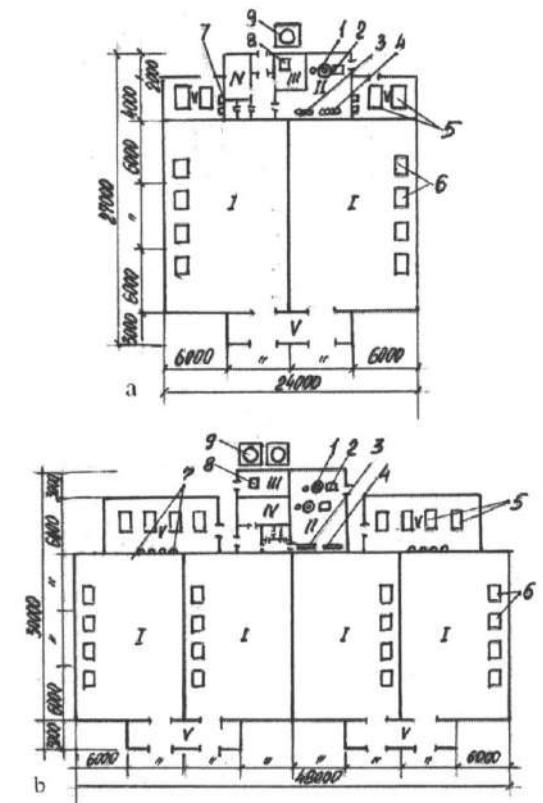
Jədvəl 26.3

Meyvə və giləmeyvələrin temperatur – nəmlik recimləri və soyuq saxlanma müddətləri

Meyvə və giləmeyvələr	Saxlama temperaturu, $^{\circ}\text{J}$	Havanın nisbi rütubəti	Təxmini saxlama müddəti
Ərik	-1...0	90	2...4 həftə
Heyva	0...+4	90	2...3 ay
Portağal	+2...7	85...90	1...6 ay
Üzüm	-1...0	85...90	3...5 ay
Gilas	-1...0	85...90	1...4 həftə
Nar	+1...2	90	2...4 ay
Armud	-1,5...+1	90	1...6 ay
Böyürtkən	-1...0	90	5...7 gün
Çiyelək (məşə)	0	85...90	1...5 gün
Ənjir	-1...0	90	7...14 gün

Moruq	0	85...90	3...5 gün
Qarağat	0	90	2...3 həftə
Alma	-1...4	90	2...8 ay
Xirnik (xurma)	-0,5...0	85...90	3 həftədən çox

Meyvələrin saxlanması üçün tənzimlənən qaz mühitli xüsusi siləşdirilmiş soyudujular hazırlanır. Bu soyudujuların tutumu 500 və 1000 tondur. Kameralarda XMF32 soyuduju kompressor-kondensator aqreqatlarından və qaz mühitinin tənzimlənməsi üçün URQS-2B qurğusundan istifadə olunur (şək. 26.11).



Şək. 26.11. Meyvələr üçün 500 (a) və 1000 ton (b) həjmli soyudujuların planı:

I-qaz mühitinin tənzimlənməsi ilə saxlama kamerası; II-qaz mühitləri

stansiyası; III-nasos stansiyası; IV-elektrik lövhəsi; V-çardaqlar; 1-A02B təmizləmə apparatı, 2-QNS2B neytral mühit generatoru, 3-yığıcı kollektor, 4-paylayıcı kollektor, 5-XMF32 kompressör-kondensator aqreqati, 6-hava soyudujusu, 7-ŞOA5922-3974-U2 idarəetmə şkafı, 8-1A12-50-2A qaz üfürüjüsü, 9-QPV-80 qurğusu

İzotermiki vəqonlarda uzaq məsaflərə meyvə-tərəvəzin daşınması zamanı onlar ventilyatorlarla soyuq hava ilə üfürülür. $-1^{\circ}\text{J-dən } -2^{\circ}\text{J-yə}$ qədər temperaturda verilən hava meyvə-tərəvəzi $10\ldots12$ saat ərzində $+4^{\circ}\text{J}$ temperaturda saxlamağa imkan verir. Vakuum soyudulması vakuumda meyvə-tərəvəzdən nəmliyin bir qismini almaqla yerinə yetirilir. Meyvə tərəvəzdən gizli buxarlanma istiliyi alınır, temperatur aşağı düşür. Vakuum soyudulması xüsusi metal kameralarda yerinə yetirilir. Vakuum buxar ecektorları maşınlarında yaranır. Buxarlanan nəmliyin miqdarı $2\ldots3\%$ təşkil edir. Vakuum altında soyudulma tez, yəni $20\ldots25$ dəqiqə ərzində baş verir.

Hidrosoyudulma meyvə-tərəvəz doldurulmuş zənbillərin buzlu suya salınması və ya suvarılması ilə yerinə yetirilir. Belə soyudulma $10\ldots30$ dəqiqə ərzində baş verir. Tez xarab olan, tez təravətini itirən tərəvəzlər isti mövsümde qar (xırda buzla örtülmə) ilə soyudulur.

26.2. Yeyinti məhsullarının dondurulması

26.2.1. Prosesin xarakteristikası. Yeyinti məhsullarının tərkibində olan nəmliyin tam və ya qismən buza çevriləməsi nətijəsində soyuqluq emalı prosesinə dondurulma prosesi deyilir. Məhsulları (quş əti, balıq, melanc, meyvə, giləmeyvə, tərəvəz, süd məhsulları) -15°J temperaturda donduraraq uzun müddətli saxlamaq üçün hazırlayırlar. Soyudulmuş məhsuldan fərqli olaraq dondurulmuş məhsullar, susuzlaşdırılma və aşağı temperaturların təsiri nətijəsində mikroorqanizmlərin inkişafının dayandırılmasından daha uzun müddət saxlanıla bilər.

Əsas dondurulan məhsulların krioskopik temperaturu $-0,5^{\circ}\text{J-dən } -2,5^{\circ}\text{J-yə}$ kimidir. Dondurulmanın əvvəlində yaranan kristallar əsasən təmiz sudan ibarət olur, şirədə həll olmuş maddələr maye fazasında qalır. Məhsulda olan məhlulun tam

donması yalnız kriohidrat və ya evtektik temperaturda baş verir.

Dondurulmuş məhsulun mərkəzindəki sonunju temperatur

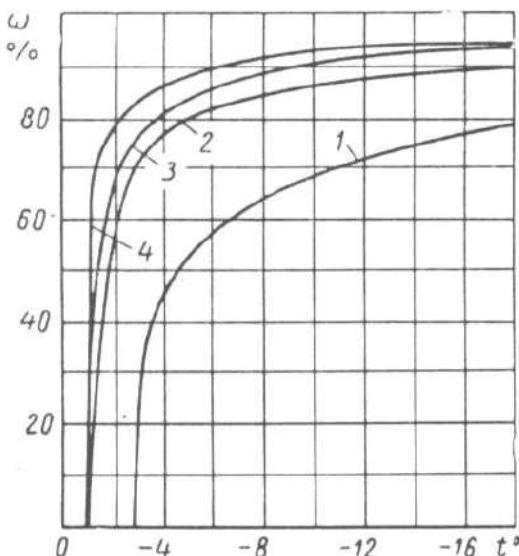
$$\eta_c = \frac{\eta_m + \eta_u}{2}, \quad (26.1)$$

burada t_{os} - dondurulmuş məhsulun orta son temperaturu olub, saxlama kamerasının temperaturuna bərabərdir;

t_{su} - məhsulun üst qatının son temperaturu
 $t_{su} = (0,8 \div 1)t_h$;

t_h - dondurma kamerasında havanın temperaturu.

Məhsulda dondurulmuş suyun miqdarı yalnız məhsulun dondurulmasına qədər olan temperaturundan asılıdır. Qrafiki asılılıqlar göstərir ki, məhsulda olan suyun yarısından çoxu -4°J -dən -5°J -yə kimi dondurulur (şək. 26.12). Temperaturun sonrakı azalması zamanı dondurulan suyun miqdarı kəskin dərəjədə azalır.



Şək.26.12. Dondurulmuş su miqdarının temperaturdan asılılığı:

1-almalar, armudlar, gavalı; 2-ət və quş; 3-balıq; 4-yumurta

Dondurmanın maksimum sürəti prosesin əvvəlində, məhsulun üst qatında olur. Dondurma yavaş (donma sürəti 0,1...1 smsaat), intensiv (sürət 1...5 smsaat) və tez (sürət 5...20 smsaat) olur.

Yavaş donmada hüjeyrələrarası məsafədə iri buz kristalları əmələ gəlir. Don açıldıqda belə məhsul öz ilkin formasını almir. Tez dondurulmada məhsulda eyni bərabərdə yayılmış xırda buz kristalları yaranır. Belə məhsulun donu açıldıqda o öz ilkin xassələrini bərpa edir.

26.2.2. Dondurulma müddətləri. Dondurulma müddətinin nəzəri təyin etmək çətindir. Bu məsələnin həllində R.P.Plank bir sıra sadələşmələrə yol verir: məhsul donmadan əvvəl bütün həjmi boyu krioskopik temperatura kimi soyudulur; məhsulun üst səthində istilikvermə əmsalı və xariji istilik ayıran mühitin temperaturu sabit olur; məhsulun dondurulmuş hissəsinin istilik tutumu buz əmələgətirmənin istiliyi ilə müqayisədə çox az olur; məhsulun suyu müəyyən temperaturda donur; proses ərzində donmuş layın istilikkeçirmə əmsalı dəyişmir; jismin mərkəzi hissəsində ayırma sərhədlərinin yaxınlaşması ilə proses bitmiş hesab olunur. Bunları nəzərə almaqla Plank məhsulun donma müddətinin müəyyən edilməsi üçün aşağıdakı düsturları əldə etmişdir:

Lövhəşəkilli məhsullar üçün iki tərəfli dondurulmada (ət blokları, yarımjəmdəklər, balıq döşü blokları, ensiz balıqlar)

$$\tau = \frac{\varepsilon_3 \rho \delta}{29 \lambda_m \Delta m} \left(\delta + \frac{4 \lambda_m}{\alpha} \right), \text{ caan} \quad (26.2)$$

silindr formalı məhsullar üçün (iri balıqlar, jəmdəyin bud hissəsi)

$$\tau = \frac{\varepsilon_3 \rho \delta}{58 \lambda_m \Delta m} \left(\delta + \frac{4 \lambda_m}{\alpha} \right), \text{ caan} \quad (26.3)$$

şar formalı məhsullar üçün (pendir, meyvə və tərəvəz)

$$\tau = \frac{\varepsilon_3 \rho \delta}{87 \lambda_m \Delta m} \left(\delta + \frac{4 \lambda_m}{\alpha} \right), \text{ caan}, \quad (26.4)$$

burada q_3 - 1kq məhsulun donma istiliyi ($q_3 = \varphi \omega r_3$);

φ - məhsulun nəmliyi;

ω - son orta donma temperaturunda donmuş suyun payı;

r_3 - xüsusi bərkimə istiliyi, təjribi hesabatlarda $r_3=335$ kJoulkq qəbul olunur.

ρ - məhsulun sıxlığı, kqm^3 ;

δ - lövhənin eni, silindr və ya şarların diametri, m;

λ_m - donma prosesinin orta temperaturunda məhsulun istilikkeçirmə əmsalı, $Vt(m \cdot dər)$;

Δt - məhsulun krioskopik temperaturu ilə soyudan mühitin temperaturu arasındaki fərqi, ${}^\circ\text{J}$.

Düzbujaqlı paralelepiped formalı məhsullar üçün (ət və iç-alatın, düzbujaqlı metal formalarda dondurulması, qablaşdırılmış məhsullar)

$$\tau = \frac{\varepsilon_3 \rho \delta}{3,6 \lambda_m \Delta t} \left(P \delta + I \lambda_m \left(\frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_u}{\lambda_u} \right) \right), \quad (26.5)$$

burada $\sum \frac{\delta_u}{\lambda_u}$ - məhsulun üst səthinin aralıq laylarının və

soyudulan mühitin istilik müqavimətlərinin jəmi (metal divarlar, qablaşdırıcılar, hava araqatları və s.), $\text{m}^2 \cdot \text{dər} \cdot Vt$;

δ - lövhənin düzbujaq tərəfinin ən kiçik xətti ölçüsü (paralelepipedin eni), m;

R və P - köməkçi əmsallar.

İstiliyin ikitərəfli ($R=0,125$; $P=0,5$) ayrılmışında (26.5) düsturu (26.2) düsturu ilə analoci olur.

Soyudan mühitin temperaturunun azalması t_m , dondurulan məhsulun qalınlığının azalması δ və məhsuldan mühitə istilik-vermə əmsalının artması donma prosesinin sürətlənməsinə həlləldiji təsir göstərir.

Soyudulan mühtinin temperaturunun azalması dondurma müddətini azaldır, eyni zamanda soyuqluq istehsalı ilə bağlı energi və sərmayə xərjləri artır. Təjribədə məhsulların

dondurulması üçün -20°J -dən -40°J -yə kimi temperaturdan istifadə olunur.

26.2.3. Donma üçün sərf olunan soyuğun hesabatı. Məhsulun ilkin temperaturdan krioskopik temperatura qədər əvvəljdən soyudulmasını nəzərə alsaq dondurulma üçün sərf olunan soyuğun hesabatı aşağıdakı kimi olar:

$$Q = G_n \left[c_0 (t_n - t_{kp}) + \varphi \omega r_3 + c_m (t_{kp} - t_{ck}) \right], \text{kJoul}, \quad (26.6)$$

burada G_n - dondurulmuş məhsulun miqdarı, kq;

j_0 - donmamış məhsulun istilik tutumu (soyudulmada), kJoul(kq·dər);

j_m - donma prosesinin orta temperaturunda donmuş məhsulun istilik tutumu, kJoulkq·dərəjə.

Soyuluq sərfi, həmçinin, donmuş məhsulun miqdarının və donma prosesinin əvvəli və sonunda entalpiya fərqiinin hasili kimi də hesablana bilər.

Donduruju qurğunun soyuduju jihazlarına orta istilik yükü soyuqluq sərfinin prosesin davam etmə müddətinə nisbəti kimi hesablanır.

26.2.4. Kameralı və tunel tipli dondurujular. Ət əsasən jəmdəklərdə, yarımjəmdəklərdə və dördə bir hissə ilə dondurulur. Belə şəkildə əti və müxtəlif növ iri balığı asılı vəziyyətdə kameralı və tunel tipli dondurujularda dondururlar.

Kameralı və tunelli dondurujular aşağı temperatur almaq üçün soyuduju jihazlarla və asqı yolları ilə təjhiz edilir.

Soyudujularda təbii dövretməli, hava yolu, divar və tavan batareyalı donduruju kameralara tez – tez rast gəlmək olar.

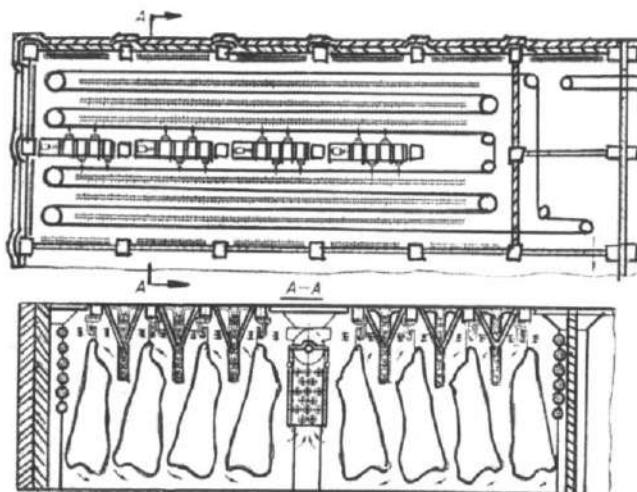
Havası təbii dövretməli dondurujular aşağı temperaturun olmasına baxmayaraq aşağıdakı müvafiq çatışmamazlıqlara malikdirlər: baxmayaraq ki, orada -25°J temperatur alınır, kameralının daxilində temperaturun olması; məhsulun yavaş-yavaş dondurulması,hansı ki, -23°J temperaturu almaq üçün azı iki sutka vaxt lazımdır.

Donma müddətini azaltmaq üçün məjburi dövretməli hava kameralı dondurujudan istifadə olunur (eceptorlu soyuqluq sistemi).

mi).

Ecektorlu sistemli dondurujularda soyuduju batareyadan başqa hava soyudujuları da quraşdırılır (A.P.Şeffer sistemi). Belə kameralarda donma müddəti havası təbii dövretməli dondurujularla müqayisədə 20...25 % azalır.

Kameraltı dondurujunun intensivliyi konstruksiyadan və soyuduju batareyaların yerləşməsindən asılıdır. Birjərgəli batareyalar həm tavanda, həm divarlarda, həm də kamieranın hündürlüyü boyu asqı yolları arasında quraşdırıldığda çox səmərəli olur (şək.26.13). Soyuduju batareyaların belə yerləşməsində dondurulan jəmdəklər havanın yüksək dövr edən zonasında, batareyaların yaxınlığında yerləşir. Burada konvektiv və şua istilik dəyişməsi yaxşılaşır. Sütunlar arasında kamieranın uzunu boyunja hava soyudujularından istifadə etdikdə soyuduju batareyaların işini intensivləşdirməyə və onların səthini azaltmağa imkan verir.



Şək. 26.13. N.A.Qerasimov sistemi ilə işləyən birjərgəli batareyali və hava soyudujulu kameralı donduruju

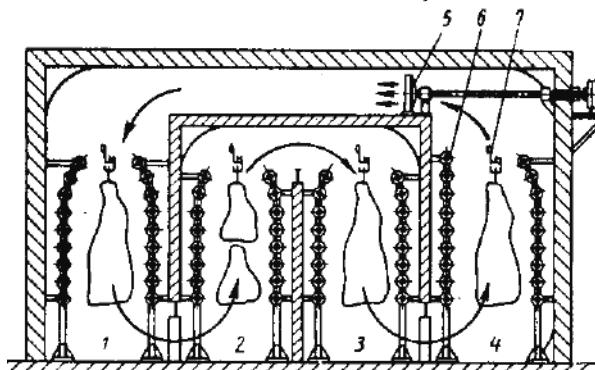
Ammonyakin qaynama temperaturu -40°C və üst zonada havanın dövr etmə sürəti 2 msan olduqda dondurma müddəti

20...25 saat təşkil edir.

Ət yarımjəmdəklərini və 14 jəmdəkləri dondurmaq üçün bəzi soyudujular tunelli dondurujalar ilə təjhiz olunur (şək.26.14).

Tunellər donduruju kameranın yük boşluğununda yerləşir.

$6 \times 6 \text{ m}^2$ sahədə asqı yolu olan dörd tunel yerləşir. Tunellər havanın keçməsi üçün deşikli arakəsmələrlə ayrıılır. Tunellər boyunja birjərgəli qabırğalı divar batareyaları quraşdırılır. Ventilyatorlarla qovulan hava ardıl olaraq tunellərdən 3...3,5 msan sürətlə keçir. Yaxşı şua və konvektiv istilikdəyişmə hesabına yükləmə və boşaltmanı nəzərə alsaq -35°C temperaturda dondurma müddəti 14 saat təşkil edir.



Şək. 26.14. Tunelli donduruju:

1, 2, 3, 4-tunellər; 5-ventilyator; 6-soyuduju batareyalar; 7-asqı yolları

Dondurujunun layihə məhsuldarlığı sutkada 10 ton olduğundan, bu da 1 m^2 -dən $2,8 \text{ dəfə}$ çox dondurulmuş ət götürməyə imkan verir. Tunellərin yüklənməsi və boşaldılması mexanikləşdirilib, hər bir donduruju sahə itələyijili fərdi zənjirli konveyerlə təjhiz olunmuşdur. Bunlar da diyirjeklərə asılmış ətləri asqı yolu boyunja hərəkət etdirirlər.

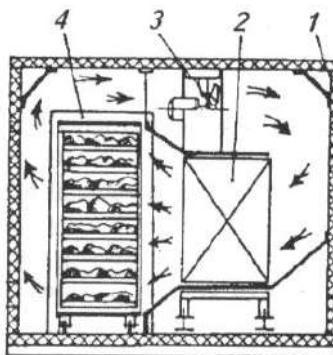
26.3. Tezdonduruju aparatlar

Tezdonduruju aparatlar məhsulun soyudulma üsulundan və onları nəql etdirən vasitələrin növündən asılı olaraq tunelli, arabalı, konveyerli və qravitasilalı olurlar.

Tunelli AJMT tezdonduruju aparat donduruju kameradan, buxarlandırıjılardan, hava soyuduğusunun ventilyatorlarından və arabadan ibarətdir (şək.26.15).

Dondurulajaq məhsul yesiklərə yiğilaraq arabalara yüklenir və donduruju kameraya soyuq hava axınına perpendikulyar yerləşdirilir. Qabırğalı-borulu buxarlandırıjılardan keçən hava -35°J temperatura kimi soyudulur. Onun dövr etməsi oxlu ventilyator vasitəsilə yerinə yetirilir.

Məhsulun -18°J -yə qədər dondurulması (başlanğıj temperatur 20°J) müddəti 3,4...4 saatdır. Kameranın uzunluğundan asılı olaraq (2600, 3800, 4400 və 5600 mm) arabaların sayı 3...6-dır.



Şək. 26.15. AJMT tunel tipli tezdonduruju aparat:

1-donduruju kamera; 2-buxarlandırıcı; 3-ventilyator; 4-məhsulla yüklenmiş araba

AJMT tezdonduruju aparat tsikl prinsipi ilə işləyir – işçi dondurma tsikli hazırlayıçı tsikllə əvəz edilir ki, bu zaman hava soyuduğusunun borularına nasosla qar örtüyünü əritmək üçün isti su verilir. Ərimiş su xüsusi altlığa axır.

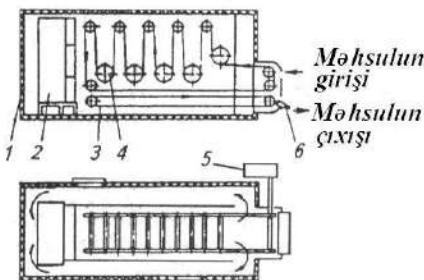
26.3.1. Arabalı tezdonduran aparat. Bu aparat konstruktiv jəhətdən aşağı temperaturlu yiğma kameradan fərqlənmir. Əsas fərqi – daha çox güjlü soyuduğu sistemdən istifadədədir. Soyuduğu aqreqat yalnız ammonyakla işləyir. Çatışmamazlıqları aparatın uzunluğundan pis istifadə olunması və yükləmə-

boşaltma əməliyyatlarında çoxlu əl əməyindən istifadə edilməsidir.

Konveyerli tezdonduruju aparatlar yükləyiji bölmədən və hava soyudujularından ibarətdir. Bu aparatlar konveyerin növünə görə lentli və zənjirli (ziqzaq və spiral şəkilli) konveyerlidir.

Lentli konveyerlərdən adətən qablaşdırılmış məhsul dondurmaq üçün istifadə olunur. Spiralli konveyerli donduruju aparatlardan ət və balığın dondurulmasında istifadə olunur. Onlar refricerator – gəmilərdə quraşdırılır. Mürəkkəb konstruksiyasının olmasına baxmayaraq, bu tip aparatlar başqaları ilə müqayisədə kiçik qabaritli və yüksək məhsuldarlıqlıdır.

Ə10-FAU tezdonduran universal aparat donduruju kamerasdan, hava soyudujusundan, konveyerlərdən və intiqaldan ibarətdir (şək. 26.16).



Şək. 26.16. Ə10-FAU tezdonduran universal aparat:

1-donduruju kamerası; 2-hava soyudujusu; 3,4-konveyerlər; 5-intiqal; 6-tabaq

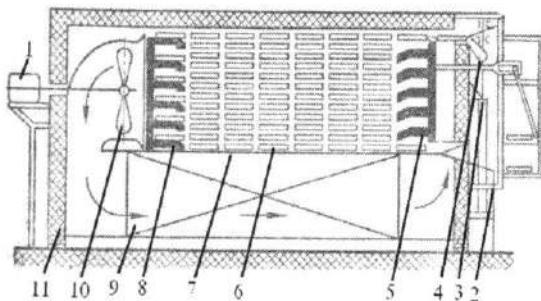
Konveyerlər çox sürətli bir intiqaldan hərəkətə gətirilir. Məhsul konveyerin işçi orqanının iki səthindən birinə yüklənir. Hava borulu buxarlandırıcıda $-30\dots-35^{\circ}\text{C}$ temperatura kimi soyudularaq hərəkət edən məhsulu əhatə edir. Dondurma prosesinin sonunda məhsul alt konveyerə verilir və boşaldığı tabaqla (lotokla) aparatdan çıxarılır. Dondurulan məhsulun aparatda qalma

müddəti konveyerin sürəti ilə nizamlanır və 0,8...3,5 saat təşkil edir.

Ə10-FAU aparatında soyuduju agent kimi sistemdə nasos vasitəsi ilə dövr edən ammonyakdan istifadə olunur. Ətin soyudulmasında aparatın məhsuldarlığı 500...1000, dondurulmasında 300...500 kqsaatdır.

26.3.2. Qravitasiyalı donduruju aparatlar. Bu aparatlar heyvan və bitki mənşəli məhsulların blok – formalarda və ya qutularda dondurulmasında istifadə edilir. Blok-formalar yastıqlı xüsusi karetkaya (arabaya) yiğilir. Aparatın daxilində karetka relslərlə hərkət edir. Hər jərgənin sonunda karetka xüsusi mexanizmlə (daraqlar) ağırlıq qüvvəsi təsirindən aşağıdakı istiqamətləndirilij (rels) səviyyəsinə endirilir. Aparatın hündürlüyüünə görə istiqamətləndirilijilərin uzunluğunun sıra sayı onun məhsuldarlığını təyin edir (şək. 26.17).

QKA-4 tezdonduruju qravitasiyalı konveyer aparatında məhsuldarlığı (istiqamətləndirilijilərin sayı 12, 10, 8) müvafiq olaraq 21,5; 18,2 və 14 t, başlangıç temperaturu 18°J olan ət -18°J temperatura kimi soyudulur. Konveyerli tezdondurujularla müqayisədə bu tezdondurujular metal və energi sərfinə görə daha səmərəlidir.



Şək.26.17. QKA-4 qravitasiyalı tezdonduruju konveyerli aparat:

1-elektrik mühərriki; 2-maili tərpənməz püpitr (şətəv); 3-qaldırıcı vint; 4-stolun platforması; 5, 8-daraqlar; 6-tava; 7-rəf; 9-soyuduju batareyalar;

10-ventilyator; 11-termoizolyasiyalı kamera

Aparatda hava bir istiqamətdə dövr edir. Yükləyiji bölmədən ventilyator havanı soranda soyuduju batareyalara vurur (soyudulan havanın temperaturu -35°J).

26.4. Plitkalı soyuduju aparatlar

Bloklarda olan müxtəlif qida məhsullarını plitkalı aparatlarla dondururlar. Eyni məhsuldarlığı olan hava dondurujularla müqayisədə onlar 1,5 dəfə az sahə tuturlar və bu aparatlarda xüsusi energi sərfi 25...30 % aşağıdır.

Plitkalı aparatların əsas işçi orqanı – soyuduju agentin keçməsi üçün kanalı olan alüminium plitkalardır.

Hər bir donduruju plitka soyuduju qurğunun qovuju və soruju kollektorları ilə yumşaq rezin boru vasitəsilə birləşir. Daxilində soyuduju agent dövr edən donduruju plitkalar blok-formada yerləşən məhsula sixılır ($5\ldots100\text{ kPa}$ təzyiqlə).

Aralıq soyuqluq daşıyanın olmaması, məhsulun donduruju plitka ilə yaxşı kontaktı və aparatın yığjamlığı, ətin bloklarda pilətəli aparatda dondurulması prosesini hava ilə dondurma prosesinə nisbətən 2-3 dəfə intensivləşdirir.

Dondurulmuş blokların qalınlığı $65\ldots100\text{ mm}$, onların kütləsi $0,2\text{-}dən 12\text{ kq-a}$ qədər kimi dəyişə bilər. Adətən dondurma donduruju plitkalarda soyuduju agentin temperaturu $-35\ldots-40^{\circ}\text{J}$ olduqda aparılır.

Donduruju plitkaların yerləşməsindən asılı olaraq üfiqi, şaquli və rotorlu aparatlar mövjuddur.

Öt və süd kombinatlarında FBM-1 və FBM-2 membranlı aparatlar və MAR, ARSA və URMA avtomatlaşdırılmış rotorlu aparatlar geniş yayılmışdır.

İş prinsiplerinə görə membranlı aparatlar şaquli plitkalılardan fərqlənmir, effektivliyinə görə isə rotorlulardan geri qalırlar.

Rotorlu aparatlarda məhsul bloklarda iki və ya üç plitkalı bölmələrdə dondurulur. Bölmələr bir – biri ilə radial birləşərək rotor əmələ gətirir. Boş üfiqi val donduruju plitkalara soyuduju

agentin verilməsi üçün istifadə olunur.

Rotorlu aparatlar tsikl prinsipi ilə işləyirlər, yəni bir dondurju kamerada yükləmə – boşaltma əməliyyatı getdikdə o birlərində dondurma prosesi gedir. Bəzi rotor aparatlarının texniki xarakteristikaları jədvəl 26.4-də verilmişdir.

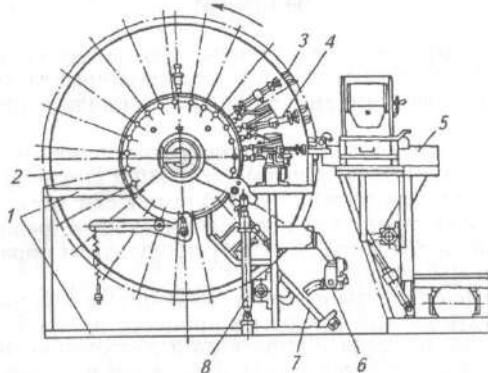
Avtomatlaşdırılmış rotorlu dondurju aparat APJA-10 özüldən, ikiplətəli dondurju bölmələri olan rotordan və yükleyiji-boşaldığı qurğudan ibarətdir (şək.26.18). Məhsulun bloklara yığılmasından başqa bütün əməliyyatlar avtomatlaşdırılmışdır. Aparat aşağıdakı kimi işləyir. Yükləmə vəziyyətində dondurju bölmənin plitkalararası məsafəsinə məhsul yüklənir(dörd xana – blokun hərəsində 10...12 kq). Hər bir xanaya parafinlənmiş perqament kağızı və ya polietilen qoyulur ki, məhsulun plitkaya yapışmasının qarşısı alınsın. Donma prosesi rotorun üç dövrünə baş verir.

Jədvəl 26.4

Rotorlu aparatların texniki xarakteristikaları

Göstərijilər	MAP -8AM	APJA-10	APJA-3-15	URMA
Məhsuldarlığı, kqsaat	460	500	680	680...900
Aparatın tutumu, kq	1012	1080	1320	1320
Sayı: dondurju bölmələrin bölmədədə plitkaların	23 2	27 2	15 3	15 3
Temperatur, °J: soyuduju agentin blokda məhsulun son temperaturu	-28 -18	-40 -18	-40 -23	-40 -22
Dondurma müddəti, dəq	120	60...90	60...80	60...80
Xüsusi soyuqluq sərfi, Vtkq	105	105	105	116
Qabarit ölçüləri, mm	4345x x4000x x2360	4300x 4000x x2340	4900x x4200x x2200	4775x x4000x x2400
Kütləsi, kq	7500	8000	8500	8000

Bundan sonra məhsul boşaldılır və saxlanma yerinə nəql etdirilir.



Şək. 26.18. APJA-10 avtomatlaşdırılmış rotorlu donduruju aparat:

1-özül; 2-rotor; 3-donduruju plitka; 4-plitkaları açmaq üçün qurğu; 5-yükləyiji qurğu; 6-boşaldığı qurğu; 7-donmuş bloklar üçün qəbul tabaqı; 8-rotorun intiqali

APJA-3-15 və URMA aparatlarında bloklar üç plitkali bölmələrdə dondurulur.

Universal donduruju aparat URMA müxtəlif növ qida məhsullarının dondurulması üçün istifadə olunur.

26.5. Kriogen donduruju aparatlar və xətlər

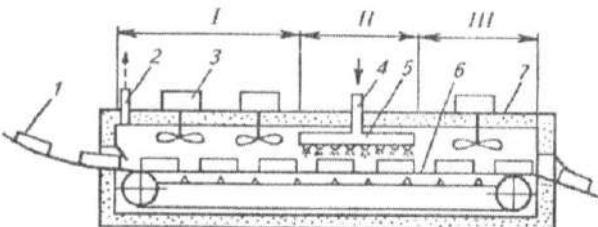
Qida məhsullarını dondurmaq üçün aşağı temperaturlar soyuduju agentin (ammonyak, freonlar) və ya kriogen mayelərin (maye azot, karbon dioksidi) qaynaması nətijəsində alınır.

Kriogen mayelər – bir dəfə istifadə edilən soyuqluq daşıyanlardır. Kriogen aparatlar və xətlər iki qrupa bölünür. Birinjidə emal olunan məhsul kriogen maye ilə bilavasitə təmasda olur. İkinji qrup aparatlarda məhsul və kriogen maye arasındaki istilikdəyişmə əlavə termiki müqaviməti olan elementlərdən (qablaşdırıcı material, blok-formanın metal səthi və ya nəqletdirici konveyer) keçərək baş verir.

Öz növbələrində hər iki qrupun aparatları qaynayan (kriogen mayelər, freonlar) və qaynamayan soyuqluq daşıyıjılı (duzlu məhlullar) olurlar.

Maye azot püskürjülü aparat daxilində yükləyiji konveyer, ventilyatorlar, püskürjü qurğu, məhsulun yüklənməsi və boşal-

dilması üçün konveyerlər olan istilik izolyasiyalı qutudan ibarətdir (şək.26.19). Məhsulun hərəkətinə görə o üç zonaya bölünür.



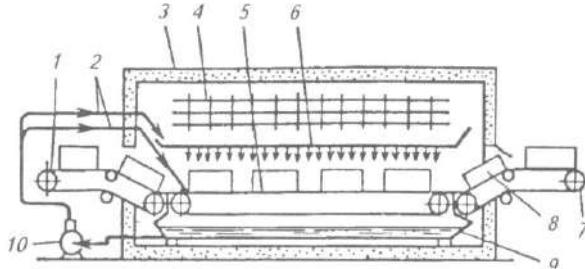
Şək.26.19. Maye azot püskürjülü aparatın sxemi:

I-məhsulun ilkin soyuma zonası; II-suvarma zonası; III-temperaturun bərabərləşmə zonası; 1-məhsul bloku; 2-qaz şəkilli azotun çıxarılması üçün boru kəməri; 3-ventilyator; 4-maye azotun verilməsi üçün boru kəməri; 5-püskürjüy qurğu; 6-yükləyiyi konveyer; 7-istilik izolyasiyalı qutu

Birinci zona ondan sonrakı zonalardan daxil olan soyuduju agentlərin buخارı ilə (-1...-5°C) məhsulun ilkin soyudulması üçündür. Burada ventilyatorların hesabına buxarların hərəkət sürəti 20...30 msan-yə çatır. Orta zonada məhsul püskürjülər vasitəsilə suvarılıraq son temperatura qədər (-20...30°C) dondurulur. Axırınçı zonada maye azotun qalıqları buxarlanır və temperatur sahəsi bərabərləşir. Bu zonada da ventilyatorlar quraşdırılır.

Ət üçün xəttin məhsuldarlığı 100...200 kqsaat-dır. 1 kq dondurulmuş məhsula maye azotun xüsusi sərfi 0,8...1,2 kq və energi sərfi 0,035...0,08 kWt-dır. Saatlıq məhsuldarlığından asılı olaraq avadanlığın kütləsi 1000-dən 2000 kq-a kimidir.

Hal – hazırda freonlu donduruju aparatlar geniş yayılmışdır (şək. 26.20). Soyuduju agent kimi sərbəst flüordan təmizlənmiş freondan istifadə olunur.



Şek. 26.20. Freonlu donduruju aparatin sxemi:

1-yükləyiji konveyer; 2- maye freon verilməsi üçün boru kəməri; 3- istilik izolyasiyalı qutu; 4-kondensator; 5-yük konveyeri; 6-suvarıcı qurğu; 7-boşaldıji konveyer; 8-dondurulan məhsul bloku; 9-altlıq; 10-nasos

Freonlu donduruju aparat istilik izolyasiyalı qutudan, kondensatordan, suvarıcıdan, yük konveyerindən, soyuduju agentin verilməsi və çıxarılması sistemindən və həmçinin yükləyiji və boşaldıji konveyerlərdən ibarətdir.

Məhsul konveyerlə soyudulma zonasına, sonra donma zonasına verilir. Burada suvarıcı qurğu ilə maye freon püskürülür. Məhsul dondurulduğdan sonra temperaturun bərabərləşmə zonasına verilir və sonrakı emal və saxlama üçün boşaldılır. Yük konteynerinin üst hissəsində freon buxarlarını kondensasiya etmək üçün soyuduju qurğu ilə soyudulan kondensator yerləşir.

Aparat yiğjamdır, yiğilması sadədir və donmuş məhsulun kütlə itkisi minimum olur. Freon aparatlarında soyuduju agent bir neçə dəfə istifadə olunur, anjaq istismar zamanı sistemin germetikliyinə diqqət yetirmək və müntəzəm olaraq ona maye freon əlavə etmək lazımdır.

26.6. Yeyinti məhsullarının soyudujularda saxlanması

Soyudulmuş və dondurulmuş məhsullar soyudujuların kameralarında saxlanılır. Saxlama kameralarında quraşdırılan xüsusi avadanlıqlar, yəni soyuduju batareyalar, hava soyudujuları məhsulları maksimum müddətdə saxlamaq üçün temperatur – nəmlilik recimləri yaradır.

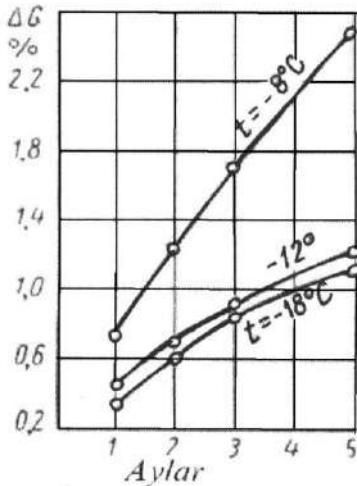
26.6.1. Məhsulların saxlanma şəraiti. Məhsulların saxlama kameralarında temperatur – nəmlik recimini saxlamaq lazımdır. Saxlanılan məhsullar əvvəljədən soyudulur və ya dondurulur. Havanın temperaturu birdən – birə düşdükdə ventilyasiya və havanın qurudulması kifayət qədər olmadıqda nəmlik məhsulun üzərində kondensasiya edə bilir. Bu hal soyudulmuş məhsullar üçün əsasən ziyanlıdır.

Kameranın havasının temperaturu kifayət qədər aşağı olmalıdır. Bu halda məhsullar az quruyur və mikroorqanizmlərlə zədələnmir. Temperatur nə qədər aşağı olarsa, havanın nisbi rütubəti bir o qədər çox ola bilər.

Soyudulmuş məhsulları adətən krioskopik temperaturdan $0,5\dots1^{\circ}\text{J}$ yuxarı temperaturda və havanın nisbi rütubəti $80\dots90\%$ olan kameralarda saxlayırlar. Nəmlik az olduqda məhsulun çox quruması baş verir, nəmlik çox olduqda isə məhsul kiflənir.

Soyudulmuş ətin qısa müddətli saxlanması ($3\dots5$ gün) temperaturu $2\dots4^{\circ}\text{J}$ olan kameralarda yerinə yetirilir. Soyudulmuş təzə balıq üçün əlverişli saxlama üsulu quru vəziyyətdə -1°J - dən -2°J -yə kimi temperaturda və nisbi rütubəti 100% olan yaşıklardə saxlanmadır. Balığın temperaturu 0°J -dən yuxarı olduqda ona axçalı buz səpirlər. Soyudulmuş balığı tutulandan sonra qısa müddətdə, yəni 10 sutka müddətinə kimi saxlayırlar.

Dondurulmuş məhsulları -18°J -dən -20°J -yə kimi temperaturda və nisbi rütubəti $95\dots100\%$ olan kameralarda saxlayırlar. Bu halda saxlanmada məhsulların quruması minimum olur (şək. 26.21).



Şek. 26.21. Donmuş ətin qurumasının saxlanması müddətindən asılılığı

Saxlanması temperaturundan asılı olaraq dondurulmuş məhsulların buraxılabilir saxlanması müddəti jədvəl 26.5-də verilir.

Jədvəl 26.5

Temperaturdan asılı olaraq dondurulmuş məhsulların buraxıla bilən saxlanması müddəti (aylarla)

Məhsulun növü	Saxlama temperaturunda saxlanması müddəti, °J			
	-10	-12	-15	-18
Mal əti, qoyun əti	7	8,5	12	17
Donuz əti, yağısız balıq	5,5	7	10	14
Toyuq	5	6,5	9	12,5
Qaz, dovşan, yağlı balıq	4	5	7	10
Kərə yağı	7	8	10	12,5

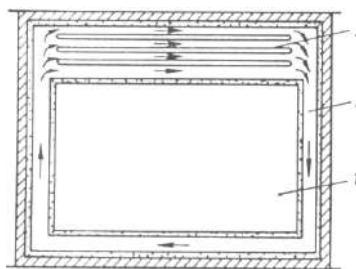
Havanın məjburi dövretməsi yalnız soyudulmuş məhsulların saxlama kameralarında lazımdır. Donmuş məhsulların saxlama kamerasında isə havanın məjburi dövretməsi məhsulun qurumasını artırır. Bu kameralarda təbii ventilyasiyanın olması kifayətdir. Süni ventilyasiya yalnız bəzi soyudulan məhsulların sax-

lanmasında (içalat, meyvə, tərəvəz və s.) istifadə olunur.

Kameralarda yaxşı şərait yaratmaq üçün havanı toz və mikroorqanizmlərdən təmizləmək məqsədilə süni ventilyasiya əvəzi havasoyuduju sügəjlərdə aktivləşdirilmiş kömürdən istifadə edirlər. Kiflənməyə qarşı ultrabənövşəyi lampalardan istifadə edilir. İylərin qarşısının alınması üçün hava kameraları ozonlaşdırılır.

26.6.2. Saxlama kameralarının soyuduju jihazları. Saxlama kameralarında lazım olan temperatur – nömlük şəraiti soyutma sisteminin düzgün seçilməsi ilə yaradılır. Soyudulmuş ət məhsullarının saxlama kameraları bilavasitə buxarlandırılmış divar batareyaları və hava təmizləyijiləri ilə təjhiz edilir: yumurta, meyvə və tərəvəzin saxlama kameraları – yüksək dövretməli quru havasoyudujuları ilə; dondurulmuş məhsulların uzun müddətli saxlama kamerası – bilavasitə buxarlandırılmış divar və tavan batareyaları ilə təjhiz olunur. Qurumanın qarşısını almaq üçün soyutma jihazları istilik axını keçən arakəsmələrdə yerləşdirilir.

Xariji istilik axınlarını azaltmaq və havanın yüksək nisbi nömliyini saxlamaq üçün dondurulmuş məhsulların saxlama kameraları hərdən istilik qoruyuju hava köynəkli qurulur (şək. 26.22).



Şək. 26.22. İstilik qoruyuju hava köynəkli saxlanma kamerasının sxemi:

1-saxlama kamerası; 2-istilik qoruyuju köynək; 3-soyuduju batareyalar

Axırınçı yaranan sərbəst boşluq hidroizolyasiyalı arakəsmələrin köməyi ilə xariji divar tərəfdən ayrılmış boş məsaflədir (eni 0,6 m). Bu boşluqda xarıjdən gələn istilik axınlarını

söndürmək üçün soyuduju jihazlar qoyulur. Kameranın özündə də daxili istilik axınlarını söndürmək üçün çox böyük olmayan batareyalar quraşdırılır.

Səmərəli və əlverişli soyutma panel soyutma sistemidir. Burada kameranın temperaturu soyuduju agentin qaynama temperaturuna yaxın, nisbi rütubət isə 100%-ə yaxın olur.

26.7. Perspektiv soyuduju avadanlıqlar

Qida məhsullarının soyutma ilə emalı çox baha başa gələn texnologiya əməliyyatlardandır və bir çox ölkələrdə qadağan olunan ozon parçalayıçı maddələrin istifadəsi ilə bağlıdır.

Buna görə də heyvandarlıq məhsullarının soyutma ilə emalı üçün avadanlıqların təkmilləşdirilməsini iki istiqamətdə aparırlar: donduruju aparatların konstruktiv parametrlərinin yaxşılaşdırılması və yeni soyuqluq alma mənbələrinin qəbul edilməsi.

Birinci istiqamət donduruju aparatların yaradılmasında onlarda soyudulan məhsul və soyuduju agent arasındaki istilik mübadiləsi prosesinin yaxşılaşması ilə həyata keçirilir. Bu jəhətdən ən perspektivli aparatlar spirallı kondensatorlu, plitkalı və kriogen donduruju aparatlardır.

İkinji istiqamət ozon təhlükəsi olmayan soyuduju agentlərin (məsələn, R-404a) işlənməsi və turbosoyuduju maşınların təkmilləşdirilməsidir. Axırnjılar artıq soyudujuluq texnikasında geniş istifadə olunur və onların bazasında ətin bloklarda dondurulması üçün donduruju aparat 5AM6, yarımfabrikatların və qablaşdırılmış hazır yeməklərin dondurulmasında, meyvə və tərəvəzi tezdonduran MUM1 tezdonduruju qurğuları və s. buraxılır.

MTXM1 turbosoyuduju maşının bazasında oricinal hərəkət-ediji soyuduju qurğu işlənmişdir. Bu qurğu əti, balığı və başqa qida məhsullarını tez dondurmağa imkan verir. O avtomobil mühərrikindən, elektrik mühərrikindən və ya turbosoyuduju maşının çərçivəsində quraşdırılan dizeldən hərəkətə gətirilə bilər. Qurğu ekoloci jəhətdən təmizdir: soyuduju agent və soyuqluq daşıyan kimi atmosfer havasından istifadə olunur. Hal – hazırda

turbosoyuduju maşınların təkmilləşdirilməsində vajib problem-lərdən biri onların işi zamanı səmərəliliyinin artırılması və maya dəyərinin azalmasıdır.

26.8. Ətin soyutma ilə emalı üçün avadanlıqların texnoloci hesabatı

Ətin soyutma ilə emalı üçün avadanlığın seçilmə metodikası məhsulun emalı növündən və bu məqsəd üçün istifadə olunan aparat və maşınların tipindən asılıdır. Soyudujuda texnoloci avadanlıq aşağıdakılardır: jəmdək, yarımjəmdək üçün asqı yolları; ət və ət məhsulları üçün rəflər; əti, içalatı, quşu bloklarda dondurmaq üçün donduruju aparatlar və s.

Asqı yolunun hesabatı onun ümumi L_{im} və faydalı L_f uzunluğunun təyin edilməsindən ibarətdir (m)

$$\Pi_{im} = 1,1 \Pi_\phi = 1,1 \cdot \frac{AT_{coü}}{\vartheta_1 T_{cm}}, \quad (26.7)$$

burada T_{soy} - məhsulun soyutma ilə emalı müddəti, saat;

g_1 - 1m asqı yoluna yük norması, kq.

Soyuqluq, dondurma, saxlama üçün rəflərin sayı rəflərin və ya döşəmənin ümumi sahəsini təyin etməklə $F_s(m^2)$ hesablanır:

$$\Phi_c = \frac{AT_{coü}}{\vartheta_2 T_{cm}}, \quad (26.8)$$

burada g_2 - rəfə və ya döşəməyə düşən yük normasıdır, kqm^2 .

Tunel tipli tezsoyuduju aparatların sayı (26.8) düsturu ilə hesablanır.

Fasiləsiz təsirli tezdonduruju aparatlar saatlıq məhsuldarlığına görə seçilir. Aparatların sayı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$H_c = \frac{A}{\vartheta_c T_{cm}}, \quad (26.9)$$

burada g_s - bir aparatın saatlıq məhsuldarlığı, kq.

Əgər ətin soyutma ilə emalı üçün avadanlığın texniki xarakteristikasında kameranın tutumu verilirsə, onda aparatların sayı

aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$H_c = \frac{AT_{co\ddot{u}}}{\vartheta_{kam} T_{cm}}, \quad (26.10)$$

burada g_{kam} - aparatın kamerasının tutumudur, kq.

Yoxlama sualları

1. Məhsulların soyudulması üçün məhsulun təbii xüsusiyyətlərindən asılı olaraq hansı soyuduju mühitlərdən istifadə olunur? 2. Soyutma prosesini sürətləndirmək üçün nə etmək lazımdır? 3. Ət hansı kameralarda soyudulur? 4. Soyudulma zamanı temperatur və nisbi rütubət nə qədər olur? 5. Soyuma zamanı ətin qurumasında yaranan itkilər neçə faiz təşkil edir? 6. Soyutma müddəti nə qədərdir? 7. Ətin soyudulması zamanı quruma nə qədər olur? 8. Quş ətinin soyudulması hansı temperaturda olur? 9. Yumurtaların soyudulması zamanı temperatur və nisbi rütubət nə qədər olur? 10. Balıq hansı soyudujularda soyudulur və soyutma üçün nədən istifadə olunur? 11. Süd və süd məhsullarının soyudulması üçün hansı soyutma mənbələrindən istifadə edilir? 12. Südün soyudulmasında hansı soyudujulardan istifadə olunur? 13. Müxtəlif tipli soyudujuların quruluşu və iş prinsipi. 14. Südün soyudulması və müvəqqəti saxlanması üçün hansı soyuduju tanklardan istifadə edilir? 15. Daşınma və uzun müddətli saxlanma üçün hazırlanan meyvə-tərəvəz məhsulları soyuduju kameralarda nə vaxt soyudulur? 16. Meyvə-tərəvəzin soyudulması hansı kameralarda yerinə yetirilir? 17. Hava soyudujuları vasitəsilə kameralarda temperatur və nisbi rütubət nə qədər olur? 18. Dondurulma prosesi nədir? 19. Dondurulma müddətləri nejə təyin olunur? 20. Hansı tip dondurujular var? 21. Yeyinti məhsullarının soyudujularda saxlanması hansı şəraitdə yerinə yetirilir? 22. Ətin soyutma ilə emalı üçün avadanlığın seçilme metodikası nədən asılıdır? 23. Soyudujuda hansı texnoloci avadanlıqlar var? 24. Asqı yolunun hesabatı nejə təyin olunur?

XXVII FƏSİL
SOYUDUJULAR

27.1. Soyudujuların tipləri

Soyudujular – məhsulların soyudulması, dondurulması və aşağı temperaturda saxlanması üçün nəzərdə tutulan sənaye müəssisələridir. Yeyinti sənayesi müəssisələrinin texnoloci prosesləri üçün, sənaye mərkəzlərində məhsulların uzun müddət saxlanması, nəqlemdirilməsi və başqa məqsədlər üçün – sənaye, paylayıcı, nəqliyyat və s. soyudujular yaranmışdır. Bundan başqa hazırlayıçı, bazis,yük boşaldıji soyudujular da vardır.

27.1.1. Sənaye (istehsal) soyudujuları. Bu soyudujular yeyinti senayesinin texnoloci prosesləri üçün nəzərdə tutulur. Onların vəzifəsi – xammal və hazır məhsulun soyudulması, dondurulması və qısa müddətli (10...20 gün) saxlanmasından ibaretdir. Ət, balıq və quş kombinatları, yağı istehsalı zavodlarında bir çox sənaye soyudujuları güjlü soyuduju və donduruju qurğularla təjhiz olunur, anjaq onların saxlama kameralarının həjmi kiçikdir. Belə kombinatların məhsulları əsasən istehlak rayonlarına nəql etdirilir. Sənaye soyudujularından 500...5000 ton və məhsuldarlığı sutkada 20...100 ton olan istehsal soyudujuları geniş yayılmışdır. Sənaye soyudujularının soyuduju qurğuları böyük güjə malikdir, onlar tək soyutma, dondurma və saxlama kameralarını deyil, həmçinin başqa sənaye proseslərini də soyuqluqla təmin edirlər.

27.1.2. Hazırlayıçı soyudujular. Rayonlarda yerləşdirilən hazırlayıçı soyudujularda yeyinti ərzaq məhsulunun hazırlanmasını, sortlaşdırılmasını, ilkin soyuqluq emalını, elejə də istifadə məntəqələrinə göndərilənə qədər ərzağın qısa müddətli (10...20 gün) saxlanmasını təmin edir. Bu

soyudujular da sənaye soyudujuları kimi güjlü soyuduju qurğularla təjhiz edilmişdir.

27.1.3. Paylayıcı soyudujular. Sənaye və hazırlayıçı soyudujulardan gələn ərzaq məhsullarının mövsümi və jari ehtiyatlarının saxlanması üçün nəzərdə tutulur. Belə soyudujular sənaye mərkəzlərində əhalinin bütün il boyu müxtəlif çeşidli ərzaqla təjhiz edilməsi üçün qurulur. Paylayıcı soyudujuların tutumu 500...35000 tondur. Bu soyudujuların tərkibinə buz zavodları, dondurma fabrikleri, meyvə və tərəvəzin dondurulması və qablaşdırılması, eləjə də yağ, ət və başqa ərzaqların qablaşdırılması üçün sexləri daxil edirlər. Belə soyudujular soyutma kombinatı adlanır.

Ərzaqlar uzunmüddətli vaxtda (3...6 ay və çox) saxlanılır. Yolda daşınma zamanı isinmiş yükler üçün tam soyudulma və dondurulma üçün kiçik kameralar nəzərdə tutulur.

Paylayıcı (bölüsdürütü) soyudujular universal və xüsusiləşmiş (ət, balıq, meyvə və s.) olurlar.

27.1.4. Tijarət soyudujuları. Tijarət bazasına daxil olmuş ərzağın qısamüddətli saxlanması üçün tijarət soyudujularından istifadə olunur. Belə soyudujulara ərzaqlar bölüsdürütü soyudujulardan daxil olur. Soyudujular ərzaq məhsulları bazasının tutumu 10...500 ton və tijarət və ijmai iaişə (mağazalar, yeməkxanalar, restoranlar, kafe) müəssisələrinin tutumu 10 tona qədər olmaqla fərqlənirlər.

Ərzaq məhsulları bazasının soyudujularında ərzağın saxlanma müddəti 10...20 günə qədərdir. Tijarət və ijmai iaişə müəssisələrinin soyudujularında 1...5 gün ərzaq ehtiyatı yaradılır. Bu soyudujularda müəyyən miqdarda geniş çeşiddə ərzaqlar saxlayırlar.

27.1.5. Nəqliyyat soyudujuları. Bu soyudujular su, dəmiryol və avtomobil nəqliyyatının bir-biri ilə əlaqələndirilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Belə tip soyudujular (məsələn, liman soyudujuları) paylayıcı və sənaye soyudujularının vəzifəsini də yerinə yetirir.

Məhsulun yüksək keyfiyyətinin saxlanmasının əsas şərti onun emalından başlayaraq istehlakçıya çatdırılmasına kimi aşağı temperaturun fasiləsiz təsiridir. İnkişaf etmiş soyudujuluq təsərrüfatı ilin mövsümündən asılı olamyaraq ölkənin hər bir yerinə yüksək keyfiyyətli məhsulların çatdırılmasını təmin edir.

Soyudujunu xarakterizə edən əsas göstəriji onun tutumudur. Soyudujunun tutumu yükün kütləsi (tonla) ilə xarakterizə olunur və eyni vaxtda soyudujunun kameralarında saxlanan yük nəzərdə tutulur.

Yükün həjmi kütləsindən asılı olaraq, onun qablaşdırılması və düzülməsi müxtəlif həjm və sahəni tutur. Belə ki, bu və digər ərzağın yerləşməsi üçün kameranın ölçüləri müxtəlif olur, məsələn, donmuş ət üçün olan tutumun yağ üçün olan tutuma nisbətən $1,5\dots1,8$ dəfə çox olması tələb olunur. Ona görə də tutuma görə soyudujunun ölçüləri haqqında fikir söyləmək olar, tutum şərti tutum ifadəsi kimi qəbul olunmuşdur.

Şərti tutum yükün kütləsini nəzərdə tutur. Şərti tonlarda tutum üzrə soyudujular aşağıdakı qruplara bölünür: çox kiçik (10 tona qədər), kiçik (500 tona qədər), orta (5000 tona qədər), böyük (5000 tondan yuxarı). Ev soyudujularının ölçüləri şəkfin (litrlə) daxili həjmi ilə xarakterizə olunur. Buraxılan ev soyudujularının tutumu $80\dots240$ litrdır.

Orta və böyük soyudujuların kameralarında aşağıdakı temperaturun saxlanması məsləhət görülür: dondurma kameralarında $-30\dots-35^{\circ}\text{J}$, donmuş məhsulların saxlanması kamerasında -20°J və soyudulmuş məhsulların saxlanması və soyutma kamerasında 0°J . Məhsulların müddətli saxlanması temperaturu kiçik soyudujularda uyğun olaraq az, dondurulmuş məhsulların saxlanma temperaturu bir qədər yüksək ola bilər ($-12\dots15^{\circ}\text{J}$). Ərzaq məhsullarının qısamüddətli saxlanması üçün seçilmiş tijarət müəssisələrinin soyudujularında realizasiyadan qabaq kameralarda temperatur 0°J ətrafında saxlanılır. Soyudujuların örtüyü elə konstruksiyaya malikdir ki, istilik və nəmlik

çalışır ki, daxilə keçsin, ona görə ki, oradakı temperatur ətrafdakı temperaturdan aşağıdır. Bütün örtüklərin tərkibinə istilik və nəmlik izolyasiyalı materialların effektiv təbəqələri daxildir. Bütün soyudulajaq otaqlar və kameralar pənjərəsiz qurulur.

27.2. Soyudujuların quruluşu

Soyudujular bir və ya çox mərtəbəli binalar olub dəmir-beton karkasdan ibarətdir.

Çoxmərtəbəli soyudujularda ərzağın və dəmir-beton örtüklərinin yaratdığı yük sütunlara düşür və bünövrədən keçərək torpağa ötürülür. Birmərtəbəli soyudujularda əsas yük bilavasitə torpağa düşür, sütunlara yalnız üst örtüyünün ağırlığı və asma yollarında soyudulan və dondurulan ət məhsullarının yükü düşür. Soyudujunun divarları öz ağırlığından başqa heç bir yük götürmür. Daxildən istilik və nəmliyin azalması üçün soyudujunun bütün arakəsmələri istilik və buxar izolyasiyalıdır. Dəmir-beton karkasın və arakəsmələrin qurulmasında dəmir beton konstruksiyalar (sökülüb-yığıla bilən) və yerli tikinti materialları geniş istifadə edilir.

Soyudujluq sərfini azaltmaq üçün kameralar elə yerləşdirilir ki, onların arasındakı temperatur fərqi az olur. Əsas soyuduju kameralardan başqa (soyutma, dondurma və saxlama) köməkçi kameralar da (sortlaşdırıcı, yüksəklerin az müddətli saxlanması və s.) nəzərdə tutulur. Soyudujular sütun setkasına uyğun olaraq planlaşdırılır (çox mərtəbəlilər üçün 6×6 m, birmərtəbəlilər üçün 6×12 m). Vestibül, dəhliz, pilləkənlər, yük liftləri, soyudujunun ümumi planlaşdırılmasından asılı olaraq bir-birinə birləşdirilir.

Yükləmə əməliyyatlarını yerinə yetirmək üçün soyudujunun uzunu boyunja dəmir yolu və avtomobil platformaları qurulur.

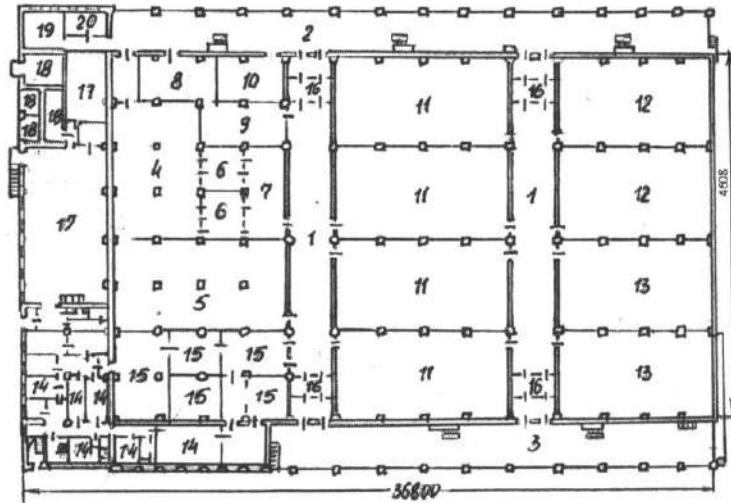
Böyük paylayıcı çoxmərtəbəli soyudujular (tutumu 10000 tondan çox olan) zirzəmili və zirzəmisiz 5...7 mərtəbəli tikilir. Mərtəbələrin hündürlüyü 3,1-dən 4,5 m-ə kimi olur. Çoxmərtə-

bəli soyudujuların üstünlükləri: binanın sahəsi az olduğundan xarjı istilik axınları azalır (30-40 %); məhsulun quruması nətijəsində itkilər azalır; torpağın donna təhlükəliliyi aradan qaldırılır. Burada alt mərtəbədə mənfi temperaturu tələb etməyən məhsullar yerləşdirilir.

Çoxmərtəbəli soyudujularda mərtəbələrarası arakəsmələrin quraşdırılmasına əlavə beton sərf olunur və bunlar tikintinin davamlılığını artırır. Çoxmərtəbəli soyudujuların ümumi tikinti işlərinin qiyməti birmərtəbəliyə nisbətən çoxdur. Ona görə də əksər hallarda birmərtəbəli soyudujuların tikilməsinə daha çox fikir verilir, hansı ki, tutumu 10000 şərti tona qədər olan soyudujular laiyələndirilir. 10000 şərti tondan çox olan soyudujular çoxmərtəbəli layihələndirilir.

Birmərtəbəli soyudujuların öz üstünlükləri var: hündürlüyü 7...7,5 m-ə qədər olan soyudujularda döşəməni 4000 kqm^2 -ə kimi yükləmək mümkündür. Birmərtəbəli soyudujuların tikinti konstruksiyaları yüngüldür, sadə və ujuzdur, onlar 2-3 dəfə tez tikilir, vaqonların yüklənmə və boşalması rahatdır, liftlər və pilləkənlər yoxdur, sahənin istifadə əmsali yüksəkdir. Birmərtəbəli soyudujularda istilik axını və məhsulun qurumasını azaltmaq üçün qüvvətli istilik izolyasiyasından istifadə edilir.

10000 ton tutumu olan paylayıcı soyudujular əsasən birmərtəbəli tikilir. Şəkil 27.1-də 3000 ton tutumu olan paylayıcı soyudujunun planı verilmişdir.

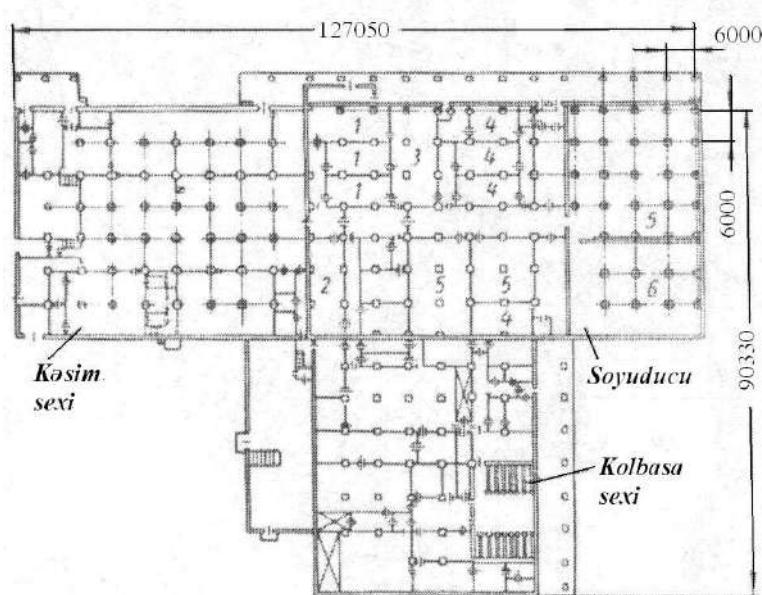


Şək.27.1. 3000 ton tutumu olan birmərtəbəli paylayıcı soyuduju:

1-dəhliz; 2-dəmir yol platforması; 3- avtomobil platforması; 4-ət saxlanma yeri; 5-soyudulmuş ət saxlama kamerası; 6-dondurulmuş ət kamerası; 7-boşaltma şöbəsi; 8-balıq qəbulu kamerası; 9-qablaşdırma; 10-məhsulların qısa müddəti saxlanma kamerası; 11-donmuş məhsulların saxlanma kamerası; 12-soyudulmuş yüklərin saxlanma kamerası; 13-universal kamera; 14-qablaşdırma sexləri; 15-ət və yağın qablaşdırılması üçün soyudulan sexlər; 16-tambur; 17-soyudujunun maşınılı şöbəsi; 18-elektrotexniki otaq; 19-avadanlığın təmiri və inventar otaq; 20-avadanlığın və inventarların yuyulma otağı

Sənaye soyudujularının planlaşdırılması müəssisənin tipindən və texnologici prosesdə soyuduju

ile bağlı başqa sexlerin yerleşməsindən asılıdır. Ət kombinatlarının soyudujuları 5...7 mərtəbəyə kimi olur. Soyudujunun planlaşdırılması və mərtəbələri sexlərə uyğunlaşmalıdır. Soyudujuda soyutma, dondurma və soyuq saxlama kameraları məhsulun əsas axınına uyğun yerləşdirilir (şək. 27.2).

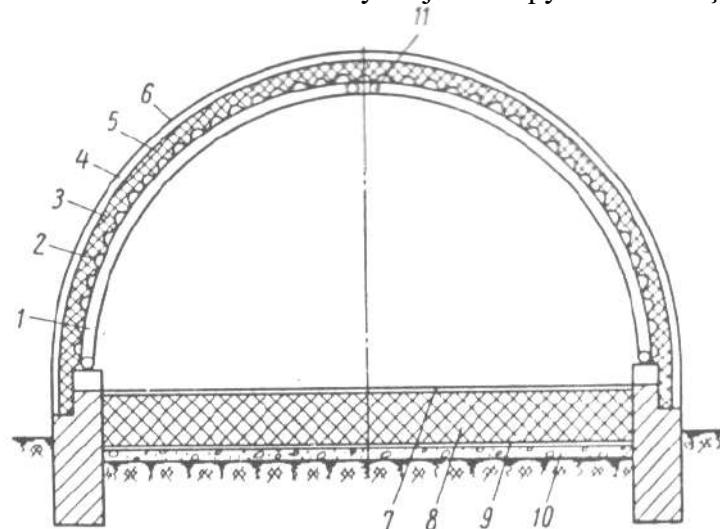


Şək. 27.2. Birmərtəbəli ət kombinatının planı:

1-ət soyutma kamerası; 2-əlavə məhsulları soyutma kamerası; 3-soyudulmuş ət saxlama kamerası; 4-ət dondurma kamerası; 5-dondurulmuş ət saxlama kamerası; 6-soyudujunun maşın şöbəsi

Soyudujunun kameralarında aşağı temperatur saxlanılır: soyutma üçün 0-dan -23°J -yə kimi, dondurujularda isə -40°J -yə kimi.

Arkalı soyudujularda aparıcı konstruksiya rolunu arka formalı soyuduju batareyalar oynayır. Belə soyudujuların qiyməti dəmir-beton karkaslı soyudujuların qiymətindən aşağıdır (şək. 27.3).



Şək. 27.3. Aparıcı kameralı birmərtəbəli arkalı soyudujunun sxemi:

1-aparıcı arkalar (yükgotüren, batareyalar); 2-örtük və ya döşəmə (asbovement); 3- izolyasiya; 4- armaturlaşdırılmış örtük; 5-astar; 6-rulon örtük; 7-asfalt layı; 8-şlak; 9- hidroizolyasiya; 10-beton layı; 11-kollektor- arkanın qılıfi

Tijarət müəssisələrində tez xarab olan məhsulların jarı ehtiyatlarının saxlanması üçün çox böyük olmayan üç-dörd kameralı tutumu 5-8 ton olan soyudujular quraşdırılır. Bu soyudujularda kiçik avtomatlaşdırılmış aqreqatlı freonlu soyuduju qurğular istifadə olunur. Ammonyaklı qurğular yalnız düzlu məhlul sistemli soyudulmada istifadə olunur.

27.3. Yükləmə işlərinin mexanikləşdirilməsi

Soyudujularda böyük həjmdə yükləmə işləri yerinə yetirilir: vaqon və avtomobillərin yüklənməsi; soyudujunun içərisində yüklerin daşınması.

Soyudujularda kiçik ölçülü akkumulyatorlu elektrik yükləyijiləri, ştabelyığıjılar (sıraya yığanlar), elektrik arabaları və başqa mexanizmlərdən istifadə olunur. Bunlar yükləmə işlərini 80 %-ə kimi mexanikləşdirməyə imkan verir.

Paketləşdirilmiş yüklerin yüklənmə – boşaltma işlərinin kompleks mexanikləşdirilməsi sxemi əlverişli olduğundan, daha çox soyudujularda tətbiq edilir. Paket allığı (poddon) bərkidilmiş üst-üstə şabelə yiğilmiş yüklerdən ibarətdir.

Yüklerin paketləşdirilməsi kompleks mexanikləşdirilmədən istifadənin əsas şərtidir. Paylanması yükler əvvəljədən paketləşdirilir. İzotermiki vaqonlarda gələn paketləşdirilməmiş yükler altlıqlarda paketləşdirilir. Üst mərtəbələrə yüklerin qaldırılması üçün liftlərdən istifadə edilir. Birmərtəbəli soyudujularda yükləmə əməliyyatları daha asandır, çünki burada yükler yalnız üfiqi istiqamətdə hərəkət etdirilir.

27.4. Soyudujunun tutumu və soyuduju kameraların sahələrinin hesabatı

Soyudujunun tutumu və dondurujuların məhsuldarlığı soyudujunun gütünün əsas göstəriyiləridir. Məhsulların soyudulması və dondurulması üçün kameraların tələb olunan məhsuldarlığı məhsulların maksimum daxil olmasına görə təyin edilir.

Soyutma emal kameralarının tutumu və sayı soyutma və dondurma prosesləri nəzərə alınmaqla təyin edilir. Bu kameraların tutumu

$$E_o = A \cdot z,$$

burada A – soyutma və dondurma kamerasının sutkaliq məhsuldarlığıdır, tonsutka;

z – sutkada yükləmə və boşaltma vaxtını nəzərə almaqla prosesin davamı.

İstehsal soyudujularında soyudulmuş və dondurulmuş məhsullar üçün saxlama kamerasının tutumu kameraların məhsuldarlığına və saxlanma müddətinə görə təyin edilir:

$$E_s = A \cdot m, \quad (27.1)$$

burada m - ən çox saxlama müddəti, sutka (soyudulmuş məhsullar üçün 3...5 sutka, dondurulmuş məhsullar üçün 20...60 sutka).

Kameraları müxtəlif məhsullarla yükləmək olar.

Hesablanmış tutuma və 1 m^2 yükləmə normasına görə soyutma, dondurma və saxlama kameralarının təxmini sahəsini təyin etmək olar. Kameraların tikinti sahəsi (daxili ölçülərə görə)

$$F_{in} = \beta \frac{E \cdot 1000}{N} = F_y + cl + a^2 n + f, \text{ m}^2, \quad (27.2)$$

burada β - sahənin artma əmsalı (kiçik kameralar üçün sahəsi 80 m^2 -ə kimi $\beta=1,4$; orta kameralar üçün sahəsi 300 m^2 -ə kimi $\beta=1,3$; böyük kameralar üçün sahəsi 300 m^2 -ə

dən yuxarı $\beta=1,2$);

E- kameraların hesabat tutumu, ton;

N- buraxılabilən yüklemə hündürlüyünü nəzərə alaraq 1 m^2 sahəyə düşən məhsulların yüklənməsi, kqm^2 ;

F_y- kameralanın verilən tutumuna görə yüklü sahəsi, m^2 ;

j- yüklə divarlar ($0,3 \text{ m}$) və divar batareyaları ($0,4 \text{ m}$) arasındaki məsafə;

l- divarların və divar batareyalarının uzunluğu, m;

a- sütunun tərəfi (kvadrat en kəsikli) və ya onun diametri, m;

n- kameralada sütunların sayı;

f- şabellər arasındaki keçidlərin sahəsi (eni $1,2 \text{ m}$ qəbul edilir), m^2 .

Soyutma, dondurma və saxlama kameralarında 1 m^2 sahəyə düşən yük 250 kqm^2 təşkil edir. Donmuş məhsullar üçün yükü məhsulun növündən və kameraların yüklənmə hündürlüyündən asılı olaraq qəbul edirlər.

Maşın şöbəsi kompressor zalından, aparat şöbəsindən, transformator yarımdəstiyasından, köməkçi və məişət otaqlarından ibarətdir. Maşın şöbəsi soyuduju avadanlıqların əsas elementləri seçildikdən sonra layihələndirilir -elektrik mühərrrikli kompressorlar, kondensatorlar, buxarlandırıcılar, nasoslar və köməkçi aparatlar. Soyudujuların maşın şöbəsinin təxminini sahələri sorğu ədəbiyyatlarında verilir.

Yoxlama sualları

1. Soyudujuların tipləri hansılardır? 2. Sənaye (istehsal) soyudujuları nə üçündür və onların vəzifəsi nədən ibarətdir? 3. Hazırlayıçı, paylayıcı və tijarət soyudujuları hansı şəraitlər üçün nəzərdə tutulmuşdur? 4. Bu soyudujuların saxlama müddəti nə qədərdir? 5. Soyudujunu xarakterizə edən əsas göstəriji nədir? 6. Şərti tutuma görə soyudujular hansı qruplara bölünür? 7. Bir və çoxmərtəbəli soyudujuların quruluşu və vəzifəsi. 8. Soyudujularda yüksək işləri nejə yerinə yetirilir? 9. Soyuduju kameraların tutumu və sahəsi nejə təyin edilir?

XXVIII FƏSİL
SOYUDUJULARIN İZOLYASIYASI

28.1. İzolyasiyanın təyinatı

Soyuduju maşının istehsal etdiyi soyuğun bir qismi məhsulların soyudulmasına və dondurulmasına, bir qismi isə kameraya ətraf mühitdən daxil olan istilik axınının qarşısının alınmasına sərf olunur. İstilik axınları hər iki tərəfdə temperatur fərqindən yaranır. İstilik axınlarının qarşısının alınmasına sərf olunan soyuqluq soyudujunun tikinti və istismar xərjlərini artırır.

Soyuqluq itkisinin qarşısını almaq üçün soyudujular istilik keçirməyən materiallardan hazırlanmış istilik izolyasiyaları ilə örtülür.

İstilik izolyasiyasının etibarlılığı material və layın qalınlığı ilə təyin edilir. Izolyasiya lazımı miqdarda olmadıqda kameralarda durumlu temperatur recimini yaratmaq çətin olur. Bu halda istismar xərjləri artır. Daha böyük izolyasiya layı da sərfəli deyil, çünki sərmayə xərjləri qənaət edilmiş soyuğun qiymətindən çox ola bilər. Buna görə də kameraların izolyasiyasını layihələndirəndə həm istismar, həm də sərmayə qoyuluşu xərjlərini nəzərə alaraq optimal variant seçmək lazımdır.

28.2. İstilik izolyasiya materialları

Soyudujunun soyuqluq kamerasına istilik daha isti xarici mühitdən və qrundan daxil olur. Soyudujunun divarlarının istilikkeçirməsini azaltmaq (divarlar, döşəmə, tavan) üçün həmin divarlar istilik izolyasiya qatı ilə örtülür.

İstilik izolyasiyası divarlardan istiliyin keçməsini azaldaraq soyuduju avadanlıqlarda istilik yükünü aşağı salır, soyuğa olan tələbatı azaldır və nətijədə kameralarda verilmiş temperatur recimi ni saxlamaqla soyuduju qurğuların istismarına xərjlər azalır. İstilik izolyasiyasından, eləjə də, məhsulların qurumasının azaldılmasında və onların daha uzun müddətli və yüksək keyfiyyətli saxlanmasında istifadə olunur.

Soyudujularda qəbul edilən istilik izolyasiya materialları az istilikkeçirijiliyə, kiçik həjmi kütləyə, müəyyən miqdarda rütubəti özünə çəkmək qabiliyyətinə, su udmaq və buxar keçirijilik qabiliyyətinə, donmaya davamlı, iyiləri çıxartma və qəbul etmə qabiliyyətinin olmasına, köbələk və gəmirijilərin dağıtmasına qarşı davamlı, odadavamlı və zərbələrə, istismar vaxtı və nəqliyyat vaxtı titrəmələrə davam gətirməyə imkan verən lazımı mexaniki möhkəmliyə malik olmalıdır. İstilik izolyasiya materialları tapılan və ujuz olmalıdır.

Bütün istilik izolyasiya materialları məsaməli struktura malik olurlar. Quru hərəkətsiz hava çox kiçik istilikkeçirmə əmsali ilə xarakterizə olunur ($\lambda=0,023 \text{ Vtm}\cdot\text{dər}$).

Məsamənin (deşiyin, boşluğun) ölçüləri, forma və xarakteri istilik izolyasiya materialının keyfiyyətini təyin edir.

İstilik izolyasiya materialı effektivliyinə görə bölünür: yüksək keyfiyyətli (istilik keçirijilik əmsalı $0,047 \text{ Vtm}\cdot\text{dər}$ - yə qədər və həjmi kütləsi $15\dots100 \text{ kqm}^3$), keyfiyyətli (istilik keçirijilik əmsalı $0,047\dots0,082 \text{ Vtm}\cdot\text{dər}$ - yə qədər və həjmi kütləsi $100\dots300 \text{ kqm}^3$), aşağı keyfiyyətli (istilik keçirijilik əmsalı $0,17\dots0,35 \text{ Vtm}\cdot\text{dər}$ - yə qədər və həjmi kütləsi $600\dots1000 \text{ kqm}^3$). İstilik izolyasiya materialları müddətli işləmə vaxtında ilkin tərkibini saxlamalıdır. İstilik izolyasiya materiallarının tərkibinin pisləşməsinə əsas səbəb onun nəmlənməsidir.

İzolyasiya materialları hazırlanırlar:

- bərk məmulat (plitkalar, bloklar, qabıqlar, sementlər);

- əyilən məmulatlar (həsirlər, rulon materiallar);
- tökülən materiallar (şlak, kəpək, probka, qırıntılar və s.).

Onlar kəsiji alətlərlə asan emal olunmalıdır.

Təbii mənşəli izolyasiya materialı, təbii mənşəli süni materialdan (sintetik) və mineral mənşəli materialdan ibarətdir.

Təbii mənşəli istilik izolyasiya materialına probkalı və torflu plitkalar, ağaj kəpəyi və s. daxildir.

Sintetik istilik izolyasiya materialına penoplast, penopolistrol, penopoliuretan və miporlar daxildir (jədvəl 28.1).

Mineral tərkibli istilik izolyasiya materialına penobeton, penoşüşə, mineral pambıqlar, şüşə pambıqlar, plitkalar, tuf (tuf daşı) və pemzalar, şlaklar, keramzit xır və başqaları daxildir.

Jədvəl 28.1

Penopolistrol plitkaların istilik-fiziki xarakteristikaları

Göstərişilər	PS-1	PS-4	PSB-S
Həjmi kütlə, kgm^3	50...400	35...80	16 30
Möhkəmlik həddi, MPa: sıkılmada	0,3...3	0,17...0,4	0,05 0,15 0,07 0,21
Əyilmədə	-	-	0,07 0,14 0,18
24 saat ərzində nəmliyin udulması: həjmi, %	-	-	4 3 2

kqm ³	0,3	0,6...0,3	2	-	-	-
Quru halda istilik keçirijiliyi, Vt(m·K) orta temperaturda, °J +25	0,038...0,058	0,035...0,038	0,004 0,037	0,039	0,037	
-100	-	-	-	0,024	-	
-150	-	-	-	0,016	-	
Temperatur sahəsi	-180...+60		-180...+70			

28.3. Buxar və hidroizolyasiya materialları

Soyudujunun divar örtüyündən yalnız istilik yox, eləjə də nəmlik və ya rütubət də keçir. Bu atmosfer çöküntülərinin və ya qrunutun su damçıları ola bilər. Bunlardan daha səjiyyəvi olan soyudujunun divarları üçün ətrafdan su buxarının keçməsidir. Ətrafin isti və daxilin soyuq havasında hissələrə bölgünmiş təzyiqlər arasındaki fərqin təsiri altında su buxarı soyudujuya daxil olur.

Buxar izolyasiya materialı buxarın keçirilməsinə qarşı yüksək davamlı olmalıdır, nəmliyi udmamalıdır, materialın çürüməsinin qarşısı alınmalıdır, temperatura davamlı olmalıdır və iyii olmamalıdır.

Əsas buxar izolyasiya materialları bitumlardır. Bu tək və yaxud başqa materialların tərkibində

olmaqla işlədirilir. Buxar – hidroizolyasiya materialları keyfiyyətində, eləjə də, rulon (rubberoid, hidroizol, perqamin (nazik sarğı kağızı), borulin və plastik (plyonkalar, listlər, səth (üzlük), plitkalar) materiallardan istifadə edilir.

Bitumlar. Onlar təbii olurlar, anjaq onları tez – tez süni yolla nefti qızdırmaqla da alırlar. İzolə edilən səthə ərinmiş vəziyyətdə firça ilə 1 mm-dən 5 mm-ə qədər qalınlığında bitum çəkirlər.

Rubberoid. Üzərinə əvvələr yüngül ərinti, sonra ağır (bərk) bitum ərintisi hopdurulmuş kartondan ibarətdir. Onun yapışmasını mühafizə etmək üçün onun üstünə mineral paraşok (qum) səpirlər. Listin (təbəqə) qalınlığı 0,5...0,7 mm-dir.

Perqamin (pergament) heyvan dərisindən olub yazı yazmaq üçündür (kağıza oxşar şəffaf, nazik sarğı kağızı). Perqaminə yalnız yüngül bitum hopdurulur, onun üzərinə mineral paraşok səpilmir, ona görə də bu əlamətlərinə görə rubberoiddən fərqlənir. Perqamin böyük elastikliyə malikdir.

Tol daş kömür məhlulu hopdurulmuş və hər iki tərəfinə qum səpilmiş kartondan ibarətdir. Tol iy yaradır, ona görə də onu daxili izolyasiya üçün qəbul etmirlər, anjaq onu az javabdehli obyektlərin hidroizolyasiyası üçün istifadə edirlər.

Rubberoid, perqamin və tol təbii (üzvi) əsaslara malikdir və ona görə də çürüməyə məruz qalırlar.

Borulin. Bu material təbii əsaslısızdır. Onlar neft bitumlarından, asbest (odadavamlı lifli material) liflərin və rezinlərin yayılması (prokatka) yolu ilə hazırlanır. Listin qalınlığı 1,5...2 mm-dir. Borulin yaxşı buxar izolyasiyası tərkibinə malikdir və çürümə vermir. Soyudujuların ətraf örtüyünün tikinti izolyasiyasında qəbul edilir.

Hidroizol. Bu hopdurulmuş asbest kağızdan ibarətdir. Qalınlığı 1 mm-dir. Hidroizol odadavamlıdır.

Rulon buxar və hidroizolyasiya materialları örtüyün səthinə bitum ərintisi və ya bitum mastikasının köməyi ilə yapışdırılır (kleylənir).

Plastik hidroizolyasiya materialları. Bu materiallar nazik pərdə şəklində təbəqələrdən və plitkalardan ibarət buraxılır, eləjə də polietilen və polixlorvinil. Bunları hidroizolyasiya, müdafiə və üzləmə materialları kimi tijarət soyuduju avadanlıqlarında, izotermik konteynerdə və ev soyudujularında istifadə edirlər.

28.4. Soyudujuların tikinti – izolyasiya konstruksiyaları

Soyudujuların tikinti – izolyasiya konstruksiyaları özü ilə tikinti, buxar izolyasiya (hidroizolyasiya) və istilik izolyasiya materiallarının əlaqəsini yaradır.

İzolyasiya konstruksiyalarına aşağıdakı tələblər qoyulur:

1. İstilik – tikinti izolyasiyanın qalınlığı elə olmalıdır ki, soyuduju qurğuların istismarına və soyudujuların izolyasiyasına çəkilən xərjlərin minimum qiymətində tikinti istilikötürmə əmsalı optimal olsun. İstilik izolyasiyasının qalınlığı hesabatla təyin olunur.
2. İstilik izolyasiyası rütubətdən müdafiə olunmalıdır. İstilik izolyasiya təbəqəsinə nəmlik daxil olmasın deyə, daha isti mühitin tərəfləri ilə istilik izolyasiyasından qabaq yerləşdirilmiş izolyasiya konstruksiyalarında buxar və hidroizolyasiya materiallarının təbəqəsinə baxılır.
3. Tikinti – izolyasiya konstruksiyalarında istilik və buxar izolyasiya təbəqələri fasıləsiz olmalıdır.
4. Izolyasiya təbəqəsi menxaniki zədələnmədən müdafiə olunmalıdır. Müdafiə vəzifəsini tikinti konstruksiyasının hissələri yerinə yetirir.
5. Tikinti konstruksiyalarında izolyasiyanın bərkidilməsi etibarlı olmalıdır. Izolyasiya materialları tikinti materiallarına kip yapışmalı və onlarla sərt birləşməlidir. Izolyasiya altında boşluq buraxılmamalıdır. Ona görə də tikinti konstruksiyalarının səthi izolyasiya təbəqəsi çəkilməmişdən qabaq hamarlanmış olmalıdır.

6. İzolyasiya gəmirijilərdən müdafiə olunmalıdır.

İzolyasiyalara döşəmələrin, divarların, örtüklərin və mərtəbələrərəsə örtüklərin, qapıların, boruların konstruksiyaları daxildir.

Döşəmələr. Qrunut üzərində yerləşmiş döşəmə müxtəlif soyudulan binada temperatur və qrunutun tərkibindən asılı olaraq qurulur (tikilir).

Qrunut üzərində yerləşmiş binanın döşəməsi havanın temperaturu 0°J və yuxarı olduqda izolyasiya edilmir. Lakin kənar divarların uzunu boyunja, mənfi temperaturda binanın döşəməsi qeyri-təbii səpələnən materiallarla izolyasiya edilir. Qalınlığı və eni 0,5 m-dən az olmayaraq izolyasiya edilir. Bunlar kameranı qrunut təbəqəsinin isinmiş səthinin istilik keçirməsindən müdafiə edəjəkdir.

Temperatur 0°J -dən aşağı olduqda kameranın döşəməsi bütün səthi boyunja izolyasiya edilir. Buna baxmayaraq qrunut bu kameralar altında donur. Sıxılmış (kipləşmiş) qrunut üzərinə beton təbəqəsi (6...8 sm) düzülür. Qrunutdan nəmliyin aşağı temperatur zonasına keçməsində döşəmənin müdafiəsi üçün onun üzərinə rulon hidroizolyator (ruberoid, perqamin) düzürlər. Rulon material səpilmüş şlak qatı olan şlakbeton qatının zədələnməsindən müdafiə olunur. Şlak qatının qalınlığı hesabatla təyin olunur. Bunun üstünə armaturlaşdırılmış beton qatı (4...6 sm) və kameradan nəmliyin keçməsində müdafiə üçün şlakbeton qatı ilə hamarlanmış səthə izolyasiya çəkilir.

Təmiz döşəmə su keçirməyən material olan asfalt, keramika plitkası, mozaika beton plitkası və s.-dən salınır.

Gilli və tozlu qruntlarda gil və qum olub, torpaqların məsamələrinin ölçüləri kiçik, bunların donması üçün qruntdan çıxan əlavə suların keçməsinə imkan vermir. Lakin əmələ gələn duz dənələri (kristalları) qruntların işləməsinə və həjminin qeyri-bərabər böyüməsinə gətirib çıxarır. Qrunutun şısməsi nəticəsində soyudujular altında çatlar əmələ gəlir və tikinti konstruksiyaları dağılırlar. Buna görə də mənfi temperaturlu kameralar altında olan qruntların döşəməsinin

konstruksiyalarında qrunutun donmadan müdafiəsi üçün qurğu nəzərdə tutulur. Qrunutun yüngül qızmasında döşəmənin izolyasiyası altında havanın dövr etməsi üzrə səngərlər (döşəmə altında kanallar) sistemi nəzərdə tutulur. Kanallarda havanın təbii dövr etməsi uzunmüddətli olduqda – məjburı sirkulyasiya qəbul edilir.

İstənilən böyük sahəyə malik olan birmərtəbəli soyudujular üçün məqsədyönlü elektrik qızdırıcıısı və ya mayeli isti sirkulyasiyalı qızdırılma qəbul edilir.

Divarlar. Soyudujunun kənar divarları dəmir – betondan yiğilmiş paneldən, polad və ya alüminium təbəqədən düzgün profil verilmiş panellərdən, eləcə də kərpijdən tikilir. Divarlar sərbəst bünövreyə malikdirlər və onlar kənar sıra kolonnasından birmərtəbəli soyudujularda 0,25 m, çoxmərtəbəli soyudujularda 1,5...2 m hündürlüyündə qaldırılır. Arakəsmə örtük plitkalar (mərtəbələrarası) ətraf kənar divarlardan məsafədə olurlar. Bu xəriji çevrə ilə fasıləsiz izolyasiya qatı yaradılmağa imkan verir. Divarların dayanıqlığı üçün onları örtük plitkalarına və ya kolonnalara boltlarla və bəndlərlə bərkidirlər. Polad və ya alüminium listlərdən düzgün profil verilmiş panellərdən istifadə etdikdə divarlar asma ola bilərlər (kolonnalara bərkidilirlər). Divarların izolyasiyası üçün ən çox plitkalı materiallardan istifadə edilir.

Yığma panellər zavodlarda izolyasiya edilir və tikinti yerlərində istənilən vaxt izolyasiya materialı qoyulur.

Tikinti yerində divarların izolyasiyasında əvvəljə divarların səthi hamarlanır. Divarın düz səthinə 2,6...3 mm qalınlığında buxar izolyasiya qatı çekilir, sonra istilik izolyasiya pilətələri bitum mastikası, emulsiyası və ya xüsusi yapışqanlarla yapışdırılır. Plitkalar arasındaki tikişlərə bitum mastikası izolyasiya materialının qırıntıları ilə çekilir. Sonrakı qatların plitkaları əvvəlki qatlardakı tikişləri örtür. Birinci qat pilətə başdan – başa bitum qatı ilə kleylənir, ikinci və sonrakı qatlar isə bitum zolaqları və ya ləkələri ilə kleylənir. Beləliklə, fasıləsiz buxar izolyasiya qatı yalnız isti izolyasiya tərəflərindən yaranır ki, bu da izolyasiyanın özünün qurumasına, yəni

nəmliyin kamera tərəfə çıxışına imkan yaradır. Kiçik həjmli kütləyə malik olan polistrol pilətələr (izolyasiya edən plastik kütlə) əvvəljə bloklarda lazımi qalınlıqda yapışdırılır ki, bu da yapışdırılma keyfiyyətini yüksəldir. Izolyasiya plitkaları divara ağaj reykalarla sixılır. Reykaların divarlara bərkidilməsi üçün əvvəljə sink məftillər və ya ağaj pazlarla ona bərkidilərlər (polosa kimi). Reykaları mixlarla pazlara çalırlar, sonra onu ilişkənlərlə bərkidirlər. Izolyasiyalı divarların daxili səthlərini metal tor üzərində sement suvaqla və ya asbest – sement listlərlə örtürlər, plastik qatlarla və ya başqa materiallarla üzləyirlər. Tökülən, səpələnən izolyasiyadan istifadə etdikdə divarları ikiqat edirlər. Izolyasiya divarlararası tikişə – yarığa səpilir. Izolyasiya çökdükdə əlavə izolyasiya tökmək üçün divarların yuxarı hissələrində pənjərə saxlayırlar.

Arakəsmələr. Penobeton və ya penoşüşə bloklardan ibarət bir və iki qatda penokeramzit arakəsmələri təşkil edir. Belə bloklar tikinti və izolyasiya materialının vəzifəsini yerinə yetirir. Bunlar isti sement məhlul üzərində düzülür. Tikişlər bitumlu mastika, izolyasiya materialının qarışığı ilə doldurulur. Arakəsmələrin hər iki tərəfinin səthləri sement – əhəng məhlulu ilə hamarlanır.

Arakəsmələrin vəzifəsini dəmir – beton və metal panel və ya istilik izolyasiya kərpijləri də yerinə yetirə bilər.

Kiçik soyudujularда ağaj izolyasiyalı arakəsmələrdən istifadə edilir. Bu soyudujularda sıfır və müsbət temperaturlu kameralar arasındaki temperatur 4°J -ni keçmirsə, onda onların arakəsmələrinin izolyasiya edilməməsinə ijazə verilir.

Üst örtük və mərtəbələrarası örtüklər (və ya arakəsmələr), 6x6 m kolon torda hamar tavanların örtüklərinə nisbətən üstündür. Hər təbəqə arası örtük (arakəsmə) yuxarıdan və aşağıdan izolyasiya etmək üçün pneopolistrol PST-S və ya penopolüretan PPU-ZS-dən qəbul edilirsə, onda tavanın səthi üzlənmir. Üzləmə işlərinə yalnız ağartma daxil edilir.

6x12, 6x18 kolon addımlı birmərtəbəli soyudujularda örtük üçün dəmir-beton tırlər və ya metal

fermalar istifadə edilir. Tirlər üstünə yiğma dəmir-beton plitkalar düzülür, onun üzərinə də istilik izolyasiyası düzülür. Yuxarıdan izolyasiyanı həsirlərlə mühafizə edirlər. Hal-hazırda 15 %-ə qədər olan maillikdə rulon həsirlərin çekilməsi geniş yayılmışdır. Mailliyi qəbul edilən kolonlar müxtəlif hündürlüyü yarada bilər. Əgər kolonlar eyni hündürlüyə malik olarsa və plitkalar üfiqi olarsa, onda örtüyün mailliyi izolyasiya materialının müxtəlif qalınlığının yaradılması yolu ilə alınır.

Hidroizolyasiya örtüyü bir neçə qat (5...7 qat) borulin və hidroizol qatlardan ibarətdir. Yay müddətində rulon örtüyün su ilə sulanması əlverişli olur ki, bu da günəş radiasiyasının təsirini azaldır və örtüklerin keyfiyyətini saxlayır. Rulon örtükler asbest – sement təbəqəli bitum mastika ilə örtülürlər.

Birmərtəbəli soyudujularda tırlı örtükler və ya fermalar, eləjə də asma tavanlar istifadə edilir. Belə tavanlar ikiqat penopolistirol PSB-S ($\delta=200$ mm) və hər iki tərəfi asbest – sement təbəqəsilə tikilmiş izolyasiya panellərdən yığılırlar. Yanan və çətinyanan izolyasiya materiallarının istifadəsində penobetondan, qazobetondan, keramzit betondan və asbest perlitdən istifadə edilir.

Qapılṛ. Söykənilən və diyirlənən qapılar qəbul edilir. Qapıların izolyasiyası üçün polixlorvinil PXV-1 və ya 150 mm qalınlığında penopolistrol istifadə edilir. Metal üzləmə qapıları mexaniki zədələmədən mühafizə edir və buxar izolyatoru adlanır.

Borular. Bunlar müxtəlif materialların qabıqları və seqmentləri ilə izolyasiya edilir. Boruların çirkdən və pasdan təmizlənməsindən sonra onlar bitumla rənglənir. Sonra bunların üzərinə bir neçə qat bitum qarışdırılmış qabıq və seqmentlər yapışdırılır. Bu hesabat qalınlığının alınmasına qədər aparılır. Tikişlər izolyasiya materialının qırıntıları və bitumdan alınmış mastika ilə doldurulur. Borunun üstünə perqamin çökilir və məftil dolanır. Sonra metal tor bərkidilir və suvanır. Boruların izolyasiyası üçün elastik materialdan da istifadə edilir. Borular hidravlikı sınadından sonra izolyasiya edilir.

Aparatlar da borular kimi sınaq sistemindən sonra izolyasiya edilir. Aparatlar və borular üçün

daha effektli, örtülü məsaməli strukturlu materiallardan istifadə edilir.

Yoxlama sualları

1. Soyudujularda izolyasiya nə üçün lazımdır? 2. Hansı istilik izolyasiya materiallarından istifadə olunur? 3. İstilik izolyasiya materialları hansı xüsusiyyətlərə malikdir? 4. İstilik izolyasiya materiallarının tərkibi nədən ibarətdir? 5. Buxar və hidroizolyasiya materialları hansılardır? 6. Soyudujuların tikinti-izolyasiya konstruksiyaları hansılardır? 7. Izolyasiya konstruksiyalarına hansı tələblər daxildir? 8. Borular nejə izolyasiya edilir?

XXIX FƏSİL
SOYUDUJU QURĞULARIN AVTOMATLAŞDIRILMASI

Soyudujuların avtomatlaşdırma jihazlarına aşağıdakılardır: verilmiş temperaturu saxlamaq üçün termonizamlayıcıları; elektrik mühərrikinin avtomatik işə salınması üçün buraxıçı rele; buxarlandırıjinın divarlarından qar örtüyünü çıxarmaq üçün avtomatik jihazlar; elektron nəzarət sistemləri.

29.1. Məişət soyuduju texnikasının termonizamlayıcıları

Termonizamlayıcıları soyudujuda lazımlı olan temperaturu saxlamaq üçün nəzərdə tutulur. Temperaturun nizamlanması üçün iki üsuldan istifadə olunur. Birinci üsul havanın sabit temperaturda saxlanmasıdır. Burada termonizamlayıcıının həssas elementi soyu-duju kamerada yerləşir. İkinji üsul sabit qaynama temperaturunun və ya buxarlandırıjinın səthinin sabit temperaturunun saxlanmasıdır. Hər iki üsulun üstünlükləri və çatışmayan jəhətləri vardır. İkinji üsul soyuduju kameranın konvektiv soyudulmasında geniş istifadə edilir. Birinci üsul məjburi sirkulyasiyalı hava ilə işləyən soyudujularda istifadə olunur.

Konvektiv soyudulan soyudujularda kompressorun elektrik mühərrikini açıb bağlamaq yolu ilə iki vəziyyətli nizamlama qəbul olunmuşdur. Həssas element yuxarı temperatur həddinə çatanda (işəsalma temperaturu) elektrik mühərriki işə düşür, o aşağı həddə çatdıqda (söndürmə temperaturu) söndürülür. Bu temperaturların fərqi jihazın diferensialı adlanır.

Aşağıda geniş yayılmış ikinji üsula əsaslanan termonizamlayıcıları verilmişdir.

29.1.1. APT tipli termonizamlayıcı. APT-2 jihazlarının beş modifikasiyası mövjuddur (jədvəl

29.1).

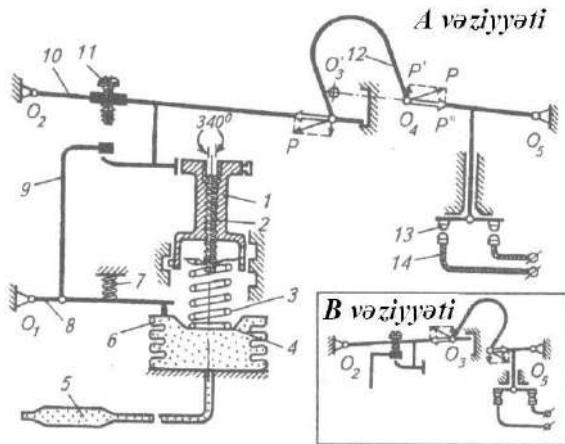
APT-2 jihazı şəkil 29.1-də verilmişdir. Buxarlandırıjının divarına sıxılan damcı borusunda 5 temperatur artdıqda silfon borusunda olan R12 təzyiqi artır və silfon 6 uzanır. Silfonun 6 dibi 4 yaşı 7 sıxır, dibdəki çıxıntı isə dəstəyi 8 dərtqi 9 ilə birgə çevirir.

Jədvəl 29.1

**APT tipli termonizamlayıcıların kontaktlarının
temperatur xarakteristikaları ($^{\circ}\text{J}$)**

Jihaz	Soyuq recim		Orta recim		İsti recim	
	Ayrılması	Birləşməsi	Ayrılması	Birləşməsi	Ayrılması, az olmadan	Birləşməsi, çox olmadan
APT-2-1	-16-dan aşağı	-	-13,5...-11	-6,5...-4	-9,5	0
APT-2-2	-14,5...-12	-6,5...-4	-	-	-7,5	2,5
APT-2-3	-16...-13,5	-8...-5,5	-	-	-8,5	1
APT-2-4	-17,5...-15	-9,5...-7	-	-	-10	0,5
APT-2-5	-18,5...-16	-10,5...-8	-	-	-11,5	0,5
APT-2A	-11...-13,5	-7,5...-10	-	-	-	1
APT-2A-2	-9...-11,5	-5,5...-9	-	-	-	1

Kapilyar borusunda temperatur düşdükdə jihazın təsiri silfon 6 və yayın 7 təsiri ilə eks istiqamətdə gedir. İşə salma və söndürmə temperaturu çubuğun 1, vintin 2 və qaykanın köməyi ilə yayın dərtləşməsi nəticəsində nizamlanır.



Şək. 29.1. APT-2 termonizamlayıcının sxemi:

1-çubuq; 2, 11-vint; 3-yay; 4-silfonun dibi; 5-kapilyar boru; 6-silfon; 7-yay; 8, 10-dəstəklər; 9-dartçı; 12-arxa yay; 13, 14-kontaktlar

APT-2A termonizamlayıcıları arbsorbsiyalı soyudujular üçün nəzərdə tutulur. Jihazın kütləsi 0,25 kq, APT-2 jihazında birləşdirilmiş kapilyar borunun uzunluğu 0,6 m, APT-2A jihazında isə 1 m-dir.

Dartçı vinti 11 sıxaraq dəstəyi 10 O₂ oxu ətrafında saat əqrəbi əksinə çevirəjək. Yayın təsirindən yaranan P qüvvəsinin A vəziyyətində yuxarı yönələn proyeksiyası P' olur. O₃ noqtəsi O'₃ vəziyyətinə keçdikdə P' sıfırə bərabər olacaq, dəstəyin 10 sonrakı hərəkətində P' istiqamətini əks tərəfə dəyişərək və kontaktları 13 aşağı düşərək elektrik zənjirini qapayacaq.

Buxarlandırıcı ilə birləşən kapilyar borunun uzunluğu soyuq lehimləmə yerindən başlayaraq 60 mm-dən az olmamalıdır.

29.1.2. T tipli şkalasız termonizamlayıcılar. T tipli jihazların beş modifikasiyası mövjuddur. Bunlara T-110 termonizamlayıcılarının modifikasiyaları aiddir.

T-110 (TPX) termonizamlayıcılar(şək.29.2.a). Jihaz plastik gövdədə 6 quraşdırılır və aşağıdakı hissələrdən ibarətdir: termohəssas sistem, temperatur düyüünü, kontakt qrupu ilə kontaktların və qəliblərin çevrilmə mexanizmi.

Termohəssas sistemin elastiki elementi silfondur. Temperaturu işə salan kontaktların düyüünü yaydan 2, sürüngəjdən 3, qaykadan 4, nizamlayıcı vintdən 5 və əks təsirli yaydan 10 ibarətdir.

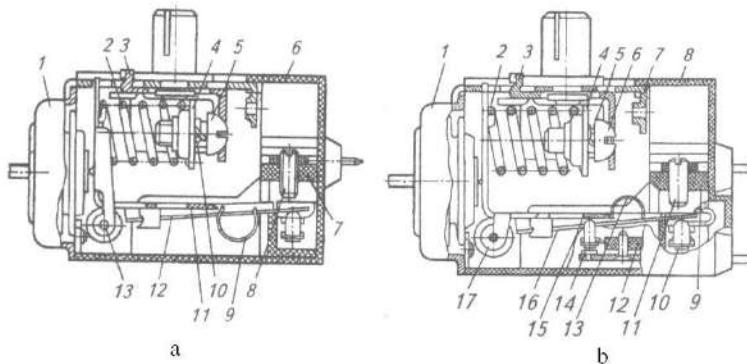
Qeyri həssas zonanı qəliblərdə 7 yerləşən nizamlayıcı vintlə nizamlayırlar. Kontaktların çevrilmə mexanizmi dəstəklərdən 11, 12, oxdan 13 və tullayıçı yaydan 9 ibarətdir (şək.29.2).

Jihaz aşağıdakı kimi işləyir. Termohəssas sistemin silfonu oxa oynaqlı bərkidilən ikiqollu dəstəyə təsir edir. Termostat recimində termohəssas sistem və yayın təsiri altında dəstək yayı çəkərək kontaktları qapayır və ya ayırrı. Nəzarət edilən mühitin temperaturu qalxdıqda kontaktlar qapanır, temperatur düşdükdə ayrılır.

Ən soyuq recimdə jihazın dəstəyi saat əqrəbi istiqamətində sona kimi çevrilir, orta soyuqluqda 125° bujaq, ən istidə isə 250° bujaq altında saat əqrəbinin əks istiqamətində çevrilir.

Jihaz həm soyudujunun kamerasında, həm də daxilində, su düşməyən yerdə quraşdırıla bilər. Kapilyar borunun buxarlandırıcı jihazla birləşmə kontaktının uzunluğu 120 mm-dən az olmamalıdır.

T- 144 termonizamlayıcılardan (şək.29.2.b) məişət dondurujularında temperatur reciminin idarə edilməsi və qəza reciminin siqnalizasiyası üçün istifadə olunur. Jihazın əsas fərqli jəhəti nəzarət edilən mühitin temperaturunun qalxması zamanı qəza reciminin siqnalizasiyasını təmin edən əlavə kontakt qrupunun olmasıdır.



Şək. 29.2. Termonizamlayıcılar:

- a) T-110: 1-termohəssas sistem; 2-yay; 3-sürüngəj; 4-qayka; 5,8-nizamlayıcı vintlər; 6-gövdə; 7-qəlib; 9-tullayıçı yay; 10-əks təsir yayı; 11,12-dəsteklər; 13-ox; b) T-144: 1-termohəssas sistem; 2-yay; 3-sürüngəj; 4-qayka; 5-əks təsir yayı; 6,11-nizamlayıcı vintlər; 7-gövdə; 8-köynək; 9,12-qəliblər; 10,14-signalizasiyanın kontakt qrupları; 13-tullayıçı yay; 15-ikiqollu dəstek; 16-dəstek; 17-ox

Jihazlar ətraf mühitin temperaturu 50°J -yə və nisbi rütubət 80 %-ə kimi, həmçinin ətraf havanın temperaturu 35°J -yə və nisbəti rütubət 95 %-ə kimi olduqda işləmək üçün nəzərdə tutulur. Jihazın kütləsi 0,1 kq-dır.

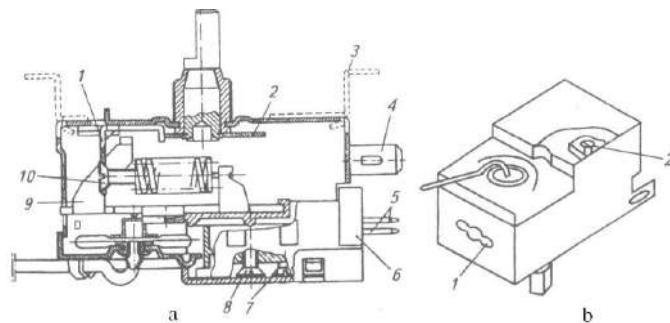
Termonizamlayıcıda termohəssas sistemin elastiklik elementi silfondur.

Temperaturu nizamlayan kontaktlar qrupu yaydan 2, sürüngəjdən 3, qaykadan 4, nizamlayıcı vintdən 6, əks təsir yayından 5 və başqa elementlərdən ibarətdir. Qeyri həssashlıq zonasını qəlibdə

yerləşən nizamlayıçı vintlə 11 nizamlayırlar. Kontaktları çevirən mexanizm dəstəkdən 16, oxdan 17, dəstək 15 və tullayıçı yaydan 13 ibarətdir. Jihaz aşağıdakı kimi işləyir. Termohəssas sistem 1 oxla oynaq birləşmiş ikiqollu dəstəyə 15 təsir edir. Termostat recimində termohəssas sistem 1 və yayın 2 təsiri ilə dəstək yaydan keçərək idarəetmə və siqnalizasiya kontaktlarını qapayır və ayırrı.

Nəzarət edilən mühitin temperaturu qalxdıqda idarəetmə və siqnalizasiya kontaktları qapanır. Temperatur düşdükdə idarəetmə kontaktları ayrırlı.

29.1.3. K tırı termonizamlayıçılar. Bir sıra xariji soyudujular və dondurujular Almanıyanın "Ranjo" firmasının K seriyalı termonizamlayıçıları ilə təjhiz olunur. K seriyalı termonizamlayıçılar – buxardoldurujulu həssas elementli kapilyar temperatur nizamlayıçılarıdır (şək. 29.3).



Şək. 29.3. K tırı termonizamlayıçılar (K50; K54):

- a) kəsik: 1-eksentirkə nizamlanan rəzə; 2-eksentrik; 3-bərkidiji pərçim (skoba); 4-torpaqlanmanın kontakt qütbü; 5-çevirijinin qütbləri(3 ədəd siqnal qütbü); 6-çeviriji; 7-siqnali tənzimləyən vint; 8-temperaturun dəyişməsini

tənzimləyən vint; 9-dəstək; 10-söndürmə momentini tənzimləyən vint; b) temperatur hüdudunun nizamlanma vintlərinin yerləşməsi; 1-hüdud və 2-işə salınmanın nizamlanma vintlərinin yerləşməsi

Kamerada temperaturun dəyişməsi buxar doldurujunun təzyiqinin dəyişməsinə gətirib çıxarır. Temperatur qalxdıqda sadə bir qütblü çeviriji bağlanır.

Həssas elementlərin kapilyar borularının uzunluğu 400-dən 2500 mm-ə kimi uzunluqda hazırlanır.

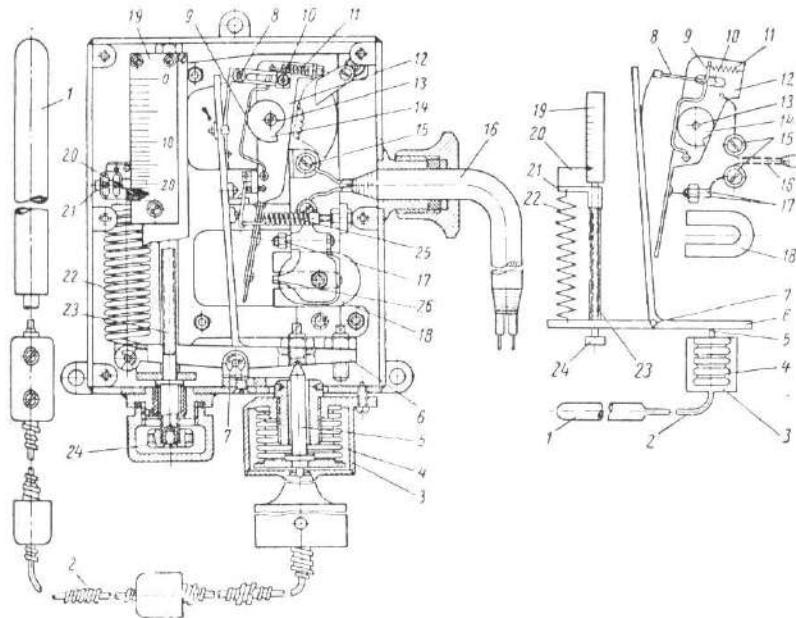
29.2. Soyuduju qurğuların avtomatik nizamlanması

Soyuduju kameraların temperaturunun nizamlanması. Soyuduju kameralarda soyuduju batareyaların istilik yükü dəyişsə də, sabit temperaturun saxlanması vajibdir.

Sabit temperatur batareyaların soyuqluq məhsuldarlığının nizamlanması ilə saxlanılır. Sadə və geniş yayılmış üsul ikimövqeli nizamlama sistemidir. Belə sistemdə hər bir kamerada fərdi temperatur relesi quraşdırılır, məsələn, TDDA tipli – ikimövqeli məsafəli termorele (şək.29.4). Maye soyuduju agent və ya duzlu su boru kəmərində batareyanın girişində solenoid ventili quraşdırılır. Havanın temperaturu yuxarı sərhəd qiymətinə çatanda temperatur nizamlayıcısı avtomatik olaraq solenoid ventilinin elektrik dövrəsini qapayır. Ventil tam açılır və soyuduju maye batareyalara daxil olur; kameralar soyudulur. Temperatur aşağı sərhəd qiymətinə çatdıqda, əksinə ventilin dövrəsi açılır, soyuq mayenin batareyalara verilməsi dayanır.

Qismən maye freon-12 doldurulmuş TDDA temperatur nizamlayıcısının termobalonu soyuduju kamerada yerləşdirilir. Termobalonda freonun təzyiqi temperaturdan asılı olub kameradakı havanın temperaturuna bərabərdir. Bu temperatur artlığı termobalonun təzyiqi artır. Yüksək təzyiq kapilyar boru ilə büzməli boru şəklində olan silfon 4 yerləşən kameralaya 3 verilir. Silfon sıxlıqlaraq

bynəni 5 hərəkətə getirir. O isə öz növbəsində 22 yayın müqavimətini dəf edərək bujaq dəstəyini oxun ətrafında saat əqrəbinin əksi istiqamətində fırladır. Dəstək 6 özü ilə dartqı 8 bərkidilmiş lövhəli yayı daşıyır, o da dəstəyin saat əqrəbinin əksi istiqamətində hərəkəti zamanı sola hərəkət edir. Dartqı 8 kontakt lövhəsi 12 yarığında hərəkət edən barmaqla 10 birləşir. Barmaq dəstəyə 9 dəyərək onu və kontakt lövhəsini 12 ox 13 ətrafında çevirir. Bu zaman kontakt lövhəsinin alt hissəsi nalşəkilli sabit maqnitə 18 yaxınlaşaraq onunla çəkilir. Bu halda əsas 17 və qıgiljım söndürən 26 kontaktlar qapanırlar. Maye xəttində yerləşən solenoid ventilinin idarəetmə dövrəsi qapanır, ventil açılır və maye batareyalara daxil olur.



Şək. 29.4. TDDA tipli temperatur nizamlayıcısı:

1-termobalon; 2-kapilyar boru; 3-silfon üçün kamera; 4-silfon; 5-iynə; 6-bujaq dəstəyi; 7-ox; 8-dartçı; 9-dəstək; 10-barmaq; 11-yay; 12-kontakt lövhəsi; 13-ox; 14-yumruq; 15-qütblər; 16-elektrik naqilləri; 17-əsas kontakt; 18-nalşəkilli maqnit; 19-temperatur şkalası; 20-göstəriji; 21-karetka; 22, 25-yaylar; 23-vint; 24-dəstək; 26-qıgiljım söndürən kontakt

Havanın temperaturu düşdükdə silfon yerleşən kamerada 3 və termobalonda təzyiq azalır və bujaq dəstəyi 6 yayın 22 təsirindən saat əqrəbi istiqamətində çevirilir. Barmaq 10 dəstəkdən 9 kontakt lövhəsinən 12 yarığının sonuna kimi (sərbəst gediş) hərəkət edir, lövhəni sıxır və maqnit jazibəsini dəf edərək onu saat istiqamətində çevirir. Bu zaman elektrik kontaktları ayrıılır, solenoid ventili bağlanır və batareyaya mayenin verimi dayandırılır. Jihazı müəyyən ayırma temperaturuna nizamlamaq üçün temperatur şkalasının 19 müvafiq qiymətinə uyğun olaraq dəstəyi fırladaraq kartkanın 21 yerini dəyişirlər.

Jihaz elektrik kontaktlarının qapanma və ayrılma temperaturlarının müəyyən fərqi nəzamlanır. Bu fərq kontakt lövhəsinin yarığından barmağın sərbəst gedisindən asılıdır. Sərbəst gedış isə yumruq 14 ox 13 ətrafında firlandıqda dəstəyin 9 üst hissəsi yarığın uzunu boyunja hərəkəti zamanı dəyişir. Yumruğun radiusu dəstəyin toxunduğu yerdə nə qədər çox olarsa, bir o qədər sərbəst gedış çox olar və kontaktların qapanma və ayrılma temperaturlarının fərqi də çox olar. TDDA temperatur nizamlayıcı solenoid ventilinin -25°J - dən 0°J temperatur sərhədinə kimi söndürülməsini təmin edir. Jihazın minimum diferensialı 2°J , maksimum isə 8°J -dən az deyil. Jihazın kütləsi 3,5 kq, kapilyar borunun uzunluğu 3 m-dir.

29.2.1. Kompressorların soyutma məhsuldarlığının nizamlanması. Soyuduju kameranın istilik yükü məhsulların temperaturundan, miqdardan, ətraf mühitin temperaturundan asılıdır. Quraşdırılan kompressorların soyutma məhsuldarlığı tələb olunan temperaturun ən çətin şəraitdə saxlanması nəzərə almaqla seçilir.

Kiçik freon qurğularında kompressorun məhsuldarlığı soyudulan obyektiñ temperaturu ilə birgə nizamlanır.

Duzlu məhlulla soyudulan maşınlarda kompressorun məhsuldarlığını nizamlamaq üçün ən əlverişli parametr məhlulun buxarlandırmasının çıxışında məhlulun temperaturudur. İstilik yükü

azaldıqda buxarlandırıjıda məhlulun temperaturu aşağı verilən həddə kimi düşür və temperatur nizamlayıcısı (TDDA) maqnit işə buraxıjsının dolaq sarğısının dövrəsini açaraq kompressorun elektrik mühərrikini dayandırır. Temperatur yuxarı həddə kimi qalxdıqda kompressor yenidən işə düşür. Buxarlandırıjıya (soyuduju batareyalara) düşən istilik yükü nə qədər çox olarsa, o kompressorun işi bir o qədər çox davam edər. İş müddəti əmsalını dəyişməklə kompressorun lazım olan orta məhsuldarlığı əldə edilir.

Orta və iri qurğularda çox sayılı otaqları soyutmaq üçün sistemin çox miqdarda soyuduju batareyası olur. Otaqlarda lazımı temperatur alındıqda batareyaların bir qismi söndürülür və müvafiq olaraq kompressorların soyutma məhsuldarlığı azalır.

Bu halda ən əlverişli nizamlama kompressorun porşenlərinin işçi həjmini dəyişməklə pilləli nizamlamadır. Bir neçə kompressorlu qurğularda pilləli nizamlama ayrı-ayrı kompressorları söndürüb yandırmaqla əldə olunur. İki eyni kompressorun olması üç pillədə soyutma məhsuldarlığı almağa imkan verir, yəni 100 – 50 – 0 %.

AV-100 və AU-200 kompressorları dörd pillədə 100-67-33-0%) soyüutma məhsuldarlığı verir. Çoxsilindrli kompressorların pilləli nizamlanması aşağı təzyiq relesi ilə idarə edilən xüsusi mexanizmlərlə soruju klapanları sıxaraq ayrı-ayrı silindirləri söndürməklə mümkündür.

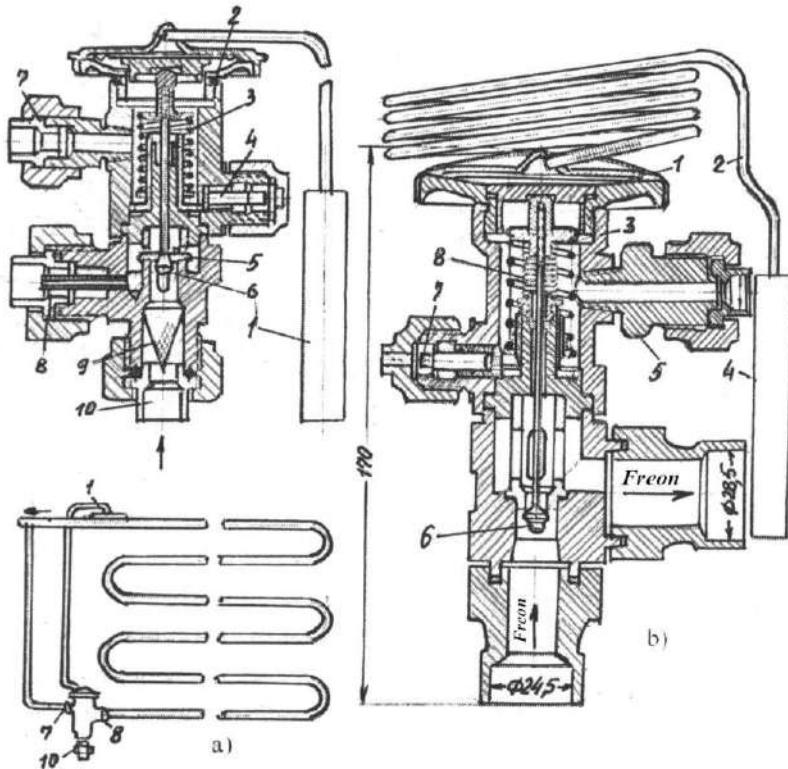
Bəzi hallarda kompressorun məhsuldarlığının tədrijən nizamlanmasından istifadə olunur – sorulan buxarın drossellənməsi ilə və s. Bu üsullar energetik baxımdan əlverişli deyillər. Perspektivli soyuqluq məhsuldarlığının nizamlanma üsulu kompressorun fırlanma tezliyinin dəyişməsi yolu ilə çox sürətli elektrik mühərriklərindən istifadə etməklə həyata keçirilir.

29.2.2. Soyuduju agentin buxarlandırıjıya verilməsinin nizamlanması. İstilik yükünün qiymətindən asılı olmayaraq avtomatik nizamlama jihazları buxarlandırıjının soyuduju agentlə düzgün dolmasını təmin etməlidir. Mayenin buxarlandırıjıda artıq olmasına imkan vermək olmaz, çünkü

bu sərfəli işin azalmasına və hidravlik zərbənin (nəmli gediş) yaranmasına götirib çıxarır. Maye az olduqda səthin bir hissəsi istifadə olunmur, bu da buxarlanma temperaturunun azalması nəticəsində iş recimini pisləşdirir.

Buxarlandırıjıya verilən mayeni nizamlayan jihazlar termonizamlayıcı ventillər (TPB) və üzgəjli nizamlayıcı ventillərdür (PRV). Bu jihazlarda mayenin drossellənmə prosesi də yerinə yetirilir. Hazırlanan termonizamlayıcı ventillərin əsas tipi – membranlıdır. TPB-nin işə salınma sxemi şəkil 29.5-də verilmişdir. Jihazın işi buxarlandırıjıdan çıxan çox qızmış buxardan asılıdır. Çox qızmanın olmaması buxarlandırıjıda həddindən çox nəmin olmasına və onun souruju xəttə və kompressora dolma imkanına işarə edir.

Bu halda TPB buxarlandırıjıya mayenin verilməsini avtomatik olaraq dayandırır. Sorma zamanı soyuduğu agentin buxarının çox qızması əksinə buxarlandırıjıda onun çatışmamazlığını göstərir. Bu halda TPB mayenin verilməsini artırır.



Şek. 29.5. Metal gövdeli membranlı termonizamlayıcı ventillər:

a) TPBA ammonyaklı: 1-termobalon; 2-membran; 3-yay; 4-vint; 5-yəhər; 6-klapan; 7-ştuser; 8-drossel borusu; 9-süzgəj; 10-maye ammonyak ştuseri; b) TPB - 40 freonlu: 1,2,4-termohəssas sistem; 5-ştuser; 6-klapan; 3,7-nizamlayıcı qurğu; 8-kipləşdiriji silfon

TPBA ammonyak ventilinin termobalonu (jihazın həssas elementi) freon 22 ilə doldurulur. Termobalon soruju boru kəmərinə kip bərkidilir və onun temperaturu buxarlandırıçıdan çıxan ammonyak buخارının temperaturuna bərabər olur.

Temperatur dəyişdikdə termobalonun təzyiqi dəyişir. Ventilin klapanı membranla mexaniki bağlanır. Membrana yuxarıdan kapılıyar boru ilə termobalondan verilən buxar təzyiqi, aşağıdan isə bərabərləşdiriji borujuqla ştuserdən 7 keçməklə buxarlandırıçıdan verilən təzyiq təsir edir. Membranın hərəkəti buxarlandırıçının çıxışında buxarın çox qızmasına mütənasib olan təzyiqlərin fərqindən asılıdır, bununla bərabər buxarlandırıçıya verilən mayeni nizamlayan klapanın açılması da. Ammonyak TPBA-ya ştuserlə 10 verilir. Drossellənmə klapan yarığında və qismən drossel borusunda baş verir.

Maşının işi zamanı TPBA buxarın sabit çox qızmasını təmin edir, müvafiq nizamlamalarla çox qızmanın qiymətini 2-dən 10°J -yə kimi dəyişmək olar. Nizamlama vint 4 və onunla bağlı olan dişli çarxlarla yerinə yetirilir.

TPBA qaynama temperaturları 0-dan 30°J -yə kimi olan müxtəlif tip buxarlandırıjlarda ammonyakın verilməsini etibarlı nizamlayıır. Duzlu məhlulun soyudulması üçün köynəkli borulu buxarlandırıjıların qidalanması çox böyük olmayan temperatur fərqində nizamlanır (2-dən 4°J -yə kimi). Soyutma məhsuldarlığı 6-dan 230kVt-a ($\sim 5 \dots 200$ Mkalsaat) qədər olan maşınlar üçün müxtəlif tip TPBA modelləri buraxılır.

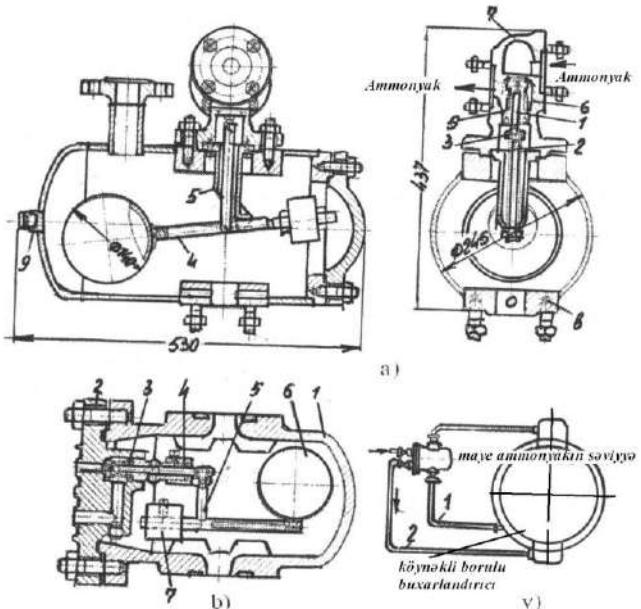
12...190 kVt ($\sim 10 \dots 160$ Mkalsaat) olan freon qurğuları üçün TPB-lər konstruksiyasına görə TPBA tipli ventillərə yaxındır. Kiçik freonlu maşınlarda membranlı bərabərləşdiriji xətti olmayan

TPB istifadə olunur.

Ammonyakin buxarlandırıcıya və sərbəst səviyyəli çənlərə verilməsinin nizamlanması aşağı təzyiqli üzgəjli nizamlayıcı ventillərlə (PRV) mümkündür (şək.29.6).

PRV buxarlandırıjıda mayenin istənilən səviyyəsində quraşdırılır. Jihazın gövdəsi buxarlandırıcı ilə bərabərləşdiriji xətlərlə birləşir. Buxarlandırıjıda mayenin səviyyəsinin dəyişməsi PRV-nin gövdəsində səviyyənin dəyişməsinə gətirib çıxarır. Eyni zamanda gövdənin içərisində üzgəjin vəziyyəti dəyişir, bu da klapanı hərəkət etdirir və kondensatordan buxarlandırıcıya maye axınının en kəsik sahəsini dəyişir.

5PR tipli keçidli ventilin drossel yarığının sahəsi 5 mm^2 və soyutma məhsuldarlığı 12-dən 35 kVt-a qədər ($\sim 10 \dots 30 \text{ Mkalsaat}$) olan buxarlandırıjılarda istifadə olunur. Aşağı təzyiqli keçidsiz PRV, 10PR, 20PR, 50PR, 100PR, 200PR ventillər soyutma məhsuldarlığı 55-dən 930 kVt-a qədər ($\sim 50 \dots 800 \text{ Mkalsaat}$) olan buxarlandırıjılar üçün nəzərdə tutulur.

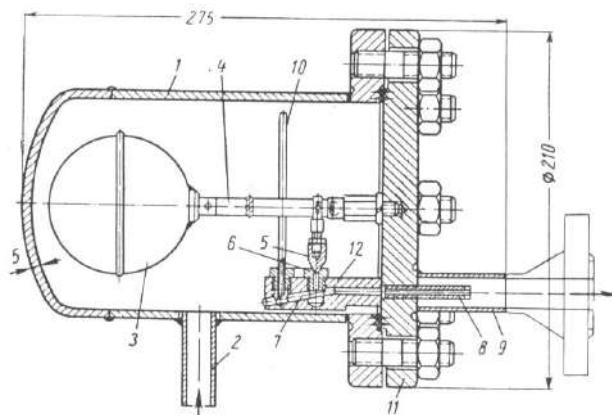


Şek. 29.6. Üzgəjli amonyaklı nizamlayıcı ventillər:

a) 20PR markalı: 1-klapan; 2-asqı; 3-suxarı; 4-manivela; 5- istiqamətləndirici; 6-yəhər; 7-başlıq; 8-kronsteyn; 9-bobişka; b) 5PR markalı: 1-gövdə; 2-qapaq; 3-klapanın iynəsi; 4-şpindel; 5-manivelanın dəstəyi; 6-üzgəj; 7-əks yük; v) üzgəjli nizamlayıcı ventilin işəsalma sxemi: 1-maye bərabərləşdiriji xətt; 2-maye vermək üçün xətt

PRV köynökli borulu buxarlandırıjlarda boruların ikinji jörgesinin üstündə quraşdırılır. Yüksək təzyiqli üzgəjli ventil (PR-1) buxarlandırıjlarda və çənlərdə mayenin səviyyəsini nizamlamaq üçün nəzərdə tutulmuşdur (şək.29.7). Aşağı təzyiq ventillərindən fərqli olaraq yüksək təzyiqli PR-1 ventilini buxarlandırıçı və kondensatora nisbətən müxtəlif səviyyələrdə quraşdırmaq olar.

Gövdənin ventilinə ştuser qaynaq edilib. Gövdənin daxilində dəstəyin köməyi ilə iynəli klapanla bağlı olan üzgəj yerləşir.



Şək. 29.7. PR-1 tripli yüksək təzyiqli üzgəjli ammoniyaklı nizamlayıcı ventil:

1-ventilin gövdəsi; 2-ştuser; 3-üzgəj; 4-dəstək; 5-iynəli klapan; 6-klapanın yəhəri; 7-kanal; 8-drossel borusu; 9-ştuser; 10-kapilyar boru; 11-ventilin qapağı; 12-qəlib

Ammoniyak klapanın yəhərinin yarığından, kanaldan və drossel borusundan keçərək ştuserə

tərəf çıxır və oradan da boru kəmərindən buxarlandırıjiya verilir. Ventilin gövdəsinin içərisində kapilyar borusu var. Onun yuxarı hissəsi açıqdır, aşağı hissəsi isə kanallarla drossel borusu ilə birləşir. Ventildə təzyiq kondensatorda olan təzyiqdən az olur. Maye kondensatordan ventilin gövdəsinə keçir. Mayenin təsiri altında üzgəj üzə qalxır. Üzgəjin gövdəsinə nə qədər çox maye verilərsə, buxarlandırıjinın klapanı mayenin keçməsi üçün bir o qədər çox açılar. PR-1 tipli ventillərlə istifadədə kondensator mayedən azad olur. Buna görə də sistemdə ammonyakin miqdarı elə olmalıdır ki, ammonyakin buxarlandırıjiya tam axması zamanı mayenin səviyyəsi buxarlandırıjda birinci və ikinci boru jərgəsinin səviyyəsindən yuxarı olmamalıdır. Belə dolmada maye ammonyakin soruju xəttə dolmasının qarşısı alınır və buxarlandırıjda intensiv istilikdəyişmə üçün şərait yaranır.

Kompressorun temperaturunun artmasının qarşısını almaq üçün temperatur relesindən istifadə olunur. O, gövdəyə birləşmiş latun borudan ibarətdir. Onun daxilində kontaktlı bərkidilmiş yay yerləşir. Qızdırıldıqda boru və yay müxtəlif uzunluqlarda uzanır, bu halda yay uzanaraq kontaktı ayırrı. İşə salma temperaturunu nizamlama vinti ilə nizamlayırlar.

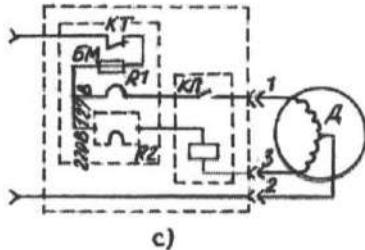
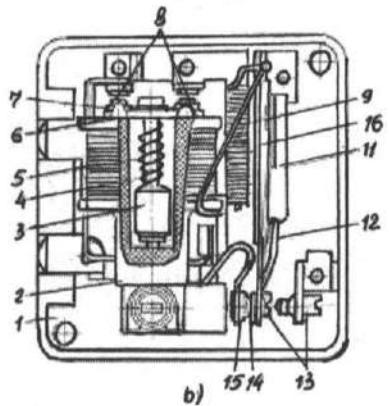
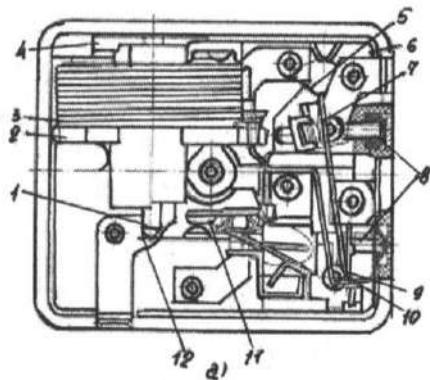
Yağlananın verilməsini nizamlamaq üçün kompressorlarda (PKJ) yağlamaya nəzarət relesindən istifadə olunur. O iki hissədən ibarətdir: həssas və ijra hissələrindən. Həssas hissəyə bir – biri ilə çubuqla bərk bağlanan iki silfon daxildir. Həssas hissə ötürüyü mexanizmin köməyi ilə kontaktları çevirən mexanizmlə bağlanır.

Relenin iş prinsipi jihazın həssas sistemində silindrik vintli yayın deformasiyasının elastikli qüvvəsinə və təzyiqlər fərqi ilə yaranan qüvvənin bərabərləşməsinə əsaslanır. Nəzarət edilən təzyiqlər fərqiin dəyişməsi qüvvələrin tarazlığını pozur. Bu, mexanizmin elementlərinin dəyişməsini və ya kompressorun elektrik dövrəsindən işə düşən kontaktların qapanmasına gətirib çıxarır. Yağlamaya nəzarət edən relenin silfonları kompressorun karterinə və kipgəjinə birləşdirilir.

Kompressorun silindrinin soyudulması üçün suyun verilməsi axın relesi RP-12 ilə nizamlanır.

O alüminium gövdədən ibarətdir. Gövdə relenin həssas elementi olan rezin membranla iki hissəyə bölünür. Gövdəyə daxil olan su onun membranalı hissəsindən keçir. Nizamlanan drosseldə təzyiqin düşməsi nətijəsində membran qalxır və yayın müqavimətini dəf edərək itələyijini yuxarı qaldırır. İtələyijinin sonluğu (quyruğu) mikroçevirijinin işini idarə edir. Suyun axması dayandıqda membran aşağı hərəkət edir və klapan mikroçevirijinin kontaktlarını ayırrı. Kompressor dayanır. Kompressorun soyudulması üçün su sərfi onun pasport göstərijilərdə verilir. Bu sərfiyat reledə nizamlayıcı vintin çevrilməsi ilə qoyulur. 0,3 MPa təzyiqdə maksimal su sərfi $2,5 \text{ m}^3/\text{saat}$.

Məişət soyudujularının elektrik mühərriklərini işə salmaq və onun sarğısını çox yüklənmədən qorumaq üçün işəsalma qoruyuju relelərdən istifadə olunur (şək. 29.8). Bunlar əsasən DXR, RTP, PTK-X, RPZ tipli relelərdir (jədvəl 29.2).



Şək. 29.8. RTP-1 tipli işəsalma qoruyuju rele:

1-mil; 2-dolağın gövdəsi; 3-dolaq; 4-araqatı; 5-tullayıçı yay; 6-gövdə; 7-istilik relesinin kontaktları; 8-nizamlayıcı vintlər; 9-bimetal lövhə; 10-qızdırıcı spiral; 11-buraxıcı relenin tərpənməz kontaktı; 12-buraxıcı relenin tərpənməz kontaktının lövhəsi

DXR tipli rele kompressorun çərçivəsinə qaynaq olunmuş xüsusi yerdə yerləşdirilir və pərcimlə bərkidilir. Relenin kontaktları lövbər bərkidilən elastiki lövhənin təsirindən ayrılmış vəziyyətdə olur. Relenin kontaktlarının birdən – birə ayrılması kiçik sabit maqnitlə təmin olunur. Maqnit relenin gövdəsində bilavasitə lövhənin altında bərkidilir. Mühərrrikin sarğısının yaxşı soyuması üçün maqnitin olması kontaktların ayrılmış vəziyyətdəki müddətini artırmağa imkan verir.

Jədvəl 29.2

İşəsalma qoruyuju relelərin texniki xarakteristikaları

Tip	Modifi-kasiya	Gərginlik, V	Jərəyan, a işləmə buraxma	Kompres-sorun tipi	Relenin yerləşdiyi yer
DXR	DXR	127	5,7	4,3	Çərçivədə
	DXR -3	127	4,8	3,4	
	DXR -5	220	3	2,1	
RTP	RTP-1	127	4,7	3,7	Çərçivədə və ya kontaktlarında
	RTP-1	220	2,7	2,1	
RTK-X	PTK-X	127	4,5	3,8	Keçid kontakt-larında
	PTK-X	220	2,7	2,2	
RPZ	RPZ-23	220	2,9	2,5	Çərçivədə
	RPZ-24	220	3,5	3,1	
	RPZ-25	220	4,1	3,7	

Qoruyuju relenin iş prinsipi aşağıdakı kimidir. Bimetal lövhə 9, ayırıcı kontaktlar 7 və qızdırıcı spiral 10 elektrik mühərrikinin işçi dolağının dövrəsinə ardişıl birləşir. Rele elə işə salınır ki, buraxıçı sarğını işə saldıqda qızdırıcı spiraldan hər iki sarığının ümumi jərəyanı keçsin. Jərəyan şiddəti artdıqda qızdırıcı spiral bimetal lövhəyə təsir edərək onu əyilməyə məjbur edir, bu halda kontaktlar ayrıılır və elektrik mühərriki dayanır. Soyuduqda bimetal lövhə normal vəziyyət alır, relenin kontaktları qapanır və aqreqatın elektrik mühərriki işə düşür.

Yoxlama sualları

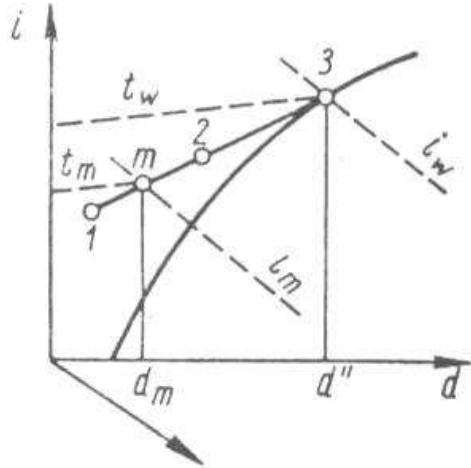
1. Soyudujuların avtomatlaşdırma jihazlarının təyinatı. 2. Termonizamlayıjılar nə üçün nəzərdə tutulur?
3. Temperaturun nizamlanmasında hansı üsullardan istifadə olunur? 4. Soyuduju qurğuların avtomatik nizamlanması nejə yerinə yetirilir? 5. Pilləli nizamlamadan hansı hallarda istifadə olunur? 6. Soyuduju agentin buxarlandırıcıya verilməsinin nizamlanması nejə və hansı jihazlarla yerinə yetirilir? 7. Hansı tip işəsalma qoruyuju relelərdən istifadə olunur?

XXX FƏSİL
QRADİRNYALAR

30.1. Qradirnyada soyudulan suya havanın təsiri

Soyuduju maşınların kondensatorlarının soyudulmasına çoxlu su tələb olunur. Su kəmərindən gələn su kondensatorun soyudulmasından sonra adətən kanalizasiyaya axıdılır. Suya sərf olunan xərjlər istismar xərjlərinin çox hissəsini təşkil edir. İstismar xərjlərini azaltmaq və suya qənaət etmək məqsədi ilə onun xüsusi soyudujularда (qradirnyalarda) soyudulduqdan sonra yenidən istifadəsi daha əlverişlidir.

Qradirnyada su xarıji hava ilə konvektiv istilikdəyişmə yolu ilə soyudulur. Soyutma prosesi yalnız o vaxt baş verir ki, nəmlı termometrlə müəyyən edilən havanın temperaturu suyun temperaturundan aşağı olsun. Havanın soyudulan su ilə təmasda olması zamanı halının dəyişməsi *d-i* - diaqramında verilmişdir (şək.30.1). Havanın temperaturu və nəmliyi nə qədər aşağı olarsa, suyun soyudulması bir o qədər intensiv baş verər.



Şek. 30.1. Suyun soyudulması zamanı havanın d - i -diaqramı:

1-havanın ilkin hali; 2-prosesin sonunda havanın hali; 3-suyun üzerinde doymuş havanın hali; m - aparatda havanın hali

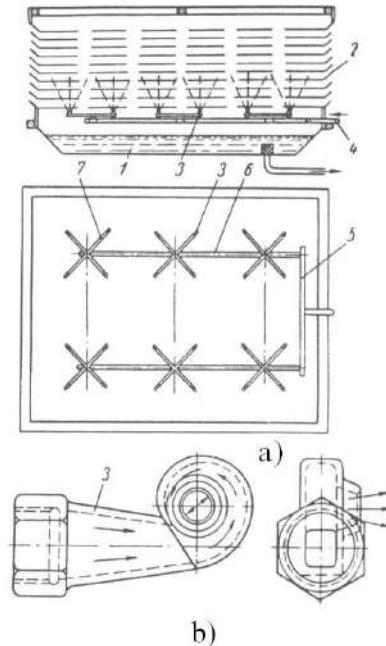
Suyun temperaturu nömlü termometrin temperaturuna bərabər olarsa suyun temperaturu dəyişməz.

30.2. Qradirnyaların konstruksiyası və hesabatı

Dövr edən suyun soyudulması üçün aşağıdakı tip qradirnyalardan istifadə olunur: forsunkalı

püskürjülü; damjılı və ventilyatorlu qradirnya.

Forsunkalı püskürjülü qradirnyalar (hovuzlar) dövr edən suyun miqdarı 2000 m³saata qədər olan soyuduju qurğuların kondensatorlarında istifadə olunur. Köynəkli borulu və elementli kondensatorlardan istifadədə püskürjülü hovuzlar torpaqda yerləşir (şək. 30.2).



Şək. 30.2. Torpaqda yerləşən püskürüjülü hovuz:

a) sxem; 1-hovuzun allığı; 2-calyzülü örtük; 3-forsunkalar; 4-nasosdan suyu qovmaq üçün boru kəməri; 5-kollektor; 6-paylayıcı borular; 7-forsunkaya ötürüyülər, b) forsunka

Hovuz su keçirməyən altlıqdan (dərinliyi 1,0...1,5 m), dövr etdiriji nasosdan və forsunkalardan ibarətdir. Su forsunkalara verilərək püskürülür. Su soyudulur və allığı tökülür. Soyudulan su oradan nasosla kondensatora verilir. Su isindikdə həmin nasosla yenidən püskürüjü hovuzda soyudulmağa qaytarılır. Kondensatordan çıxdıqda suyun qalıq təzyiqi $0,05 \text{ MNm}^2$ təşkil edir.

Su forsunkalara supaylayıcı kollektorlarla verilir. Kolektorların arasında məsafəsi 4 m, forsunkaların arasındaki məsafə isə 2 m-dir. Forsunkalar hovuzdan 1...1,5 m hündürlükdə yerləşir. İş zamanı suyun bir qismi küləklə sorulur (3...4 %). Bunu azaltmaq üçün örtükdən istifadə olunur. Torpaqda yerləşən hovuzları su ehtiyatı çəni kimi də istifadə etmək olar.

Suvariji və köynəkli borulu kondensatorlardan istifadə etdikdə püskürüjü hovuzlar onların üstündə yerləşdirilir.

Hovuzun məhsuldarlığı istilik və hidravlikı yüklerin qiyməti ilə təyin edilir. İstilik yükü Q (Vt) 1 saat ərzində hovuzda dövr edən suyun verdiyi istiliyə bərabərdir. Praktiki olaraq bu istilik kondensatorların istilik yükünü bərabərdir. Hovuzun hidravlikı yükü 1 saat ərzində orada dövr edən suyun miqdarı ilə təyin olunur. Hidravlikı yükü aşağıdakı tənliklə hesablayırıq:

$$W = \frac{3,6\Gamma}{10^3 \vartheta \Delta \eta} \text{ m}^3/\text{caan}, \quad (30.1)$$

burada j - suyun istilik tutumu, $\text{kJoul(kq}\cdot\text{dər)}$;

Δt_{ω} - kondensatordan verilən və hovuzda soyumuş suların temperatur fərqi ($\Delta t_{\omega} = t_{\omega 2} - t_{\omega 1}$, dər).

Soyumuş suyun temperaturu

$$m_{\omega} = m_{\text{hm}} + 3\Delta m_{\omega}, \quad (30.2)$$

burada t_{nt} - nəmli temrmometrlə ölçülən havanın temperaturu.

Temperaturlar fərqi təxminini aşağıdakı kimi hesablanılır:

$$\Delta m_{\omega} = 0,239y(u_{\omega} - u), \quad (30.3)$$

burada u - soyutma əmsalıdır, küləyin sürətindən və forsunkalarda havanın təzyiqindən asılıdır;

u_{ω} - suyun orta temperaturu qiymətində doymuş havanın istilik tutumu, kJoulkq;

i - ətraf havanın istilik tutumu, kJoulkq.

Temperaturlar fərqi $\Delta t_{\omega}=2\dots4^{\circ}\text{J}$ qəbul olunur. Xüsusi hidravlikı yük (suvarma sıxlığı) 1 saat ərzində 1 m^2 hovuza püskürülən suyun miqdarıdır. Onun qiyməti ümumi hidravlikı yükdən H_{ω} asılıdır və $H_{\omega}=0,5\dots1,0 \text{ m}^3(\text{m}^2\cdot\text{saat})$ qəbul olunur.

Püskürjülü hovuzun sahəsi material balansı tənliyindən təyin edilir

$$\Phi = \frac{W}{I\!U_{\omega}} \text{ m}^2 \quad (30.4)$$

və ya hovuzun istilik balansı tənliyindən

$$\Phi = \frac{3,6\Gamma}{10^3 \nu I\!U_{\omega} \Delta m_{\omega}} \text{ m}^2. \quad (30.5)$$

Püskürülən suya təmiz havanın yaxşı verilməsi üçün hovuzun eni 40 m-dən çox olmamalıdır.

Püskürjülü hovuzun 1 m^2 sahəsinə düşən istilik yükü xüsusi istilik yükü adlanır və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

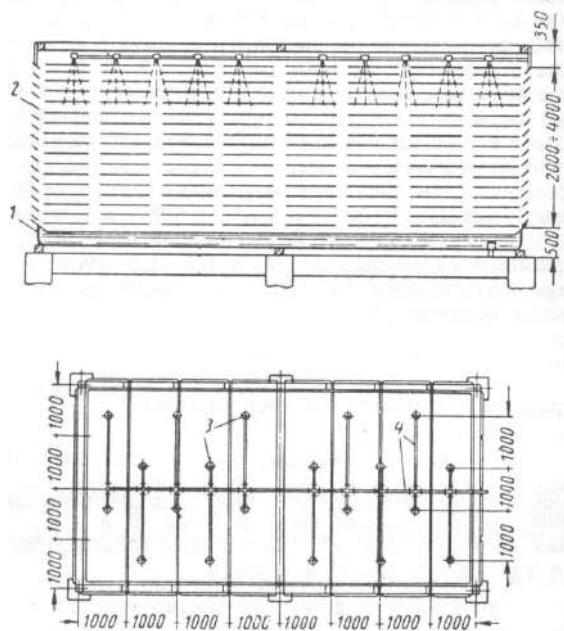
$$\varepsilon_{\phi} = \frac{\Gamma}{\Phi} = \frac{10^3 \eta \Pi_w \Delta m_{\phi}}{3,6} \cdot B m^2. \quad (30.6)$$

Təjrübədən püskürüjülü hovuz üçün $q=1750...4650 \text{ Vtm}^2$ [$1,5...4 \text{ Mkal(m}^2\text{-saat)}$] qəbul olunmuşdur.

Açıq tipli qülləli qradirnyalar iki jür olur: püskürüjülü və damjılı. Püskürüjülü qradirnayalarda suyun püskürülməsi nətijəsində hava ilə təmasda olan su soyudulur (şək.30.3). Soyumuş su altlığa axaraq dövr etdiriji nasosa verilir. İş prinsipinə görə açıq tipli püskürüjülü qradirnya püskürüjülü hovuzla eyni olub, daha intensiv işləyir. Suvarma sıxlığı $H_{\omega}=2,5...3,5 \text{ m}^3(\text{m}^2\text{-saat})$ olduqda xüsusi istilik yükü $q=6...16 \text{ kVtm}^2$ -dir.

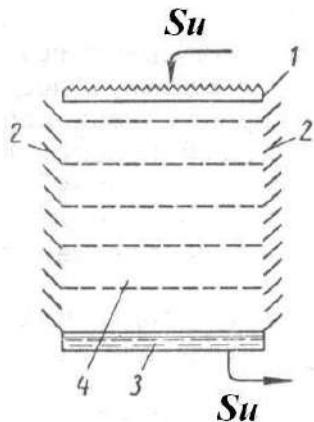
Açıq püskürüjülü qradirnyalar düzbujaqlı və ya kvadrat formasında hazırlanır. $\Delta t_{\omega}=3...4^\circ\text{J}$ olduqda məhsuldarlığı 1-dən $400 \text{ m}^3\text{saata}$ qədər olur. Bu tip kiçik qradirnayalarda ($W \approx 20 \text{ m}^3\text{saat}$) $H_{\omega}=4...5 \text{ m}^3(\text{m}^2\text{-saat})$ qəbul olunur.

Damjılı qradirnya (şək.30.4) supaylayıcı qurğudan, suvariçı səthdən, altlıqdan və calyüzdən ibarətdir. Su əsas paylayıcı nova, oradan da dişli novlara verilir. Novlarda damjı şəklində su suvarılan səthə axır. Qradirnyanın eni $2...6 \text{ m}$, hündürlüyü $5...9 \text{ m}$ -dir.



Şək. 30.3. Açıq tipli püskürjülü qradirnyalar:

1-altlıq; 2-calyüz-örtük; 3-forsunkalar; 4-paylayıcı borular



Şək. 30.4. Damjılı qradirnya:

1-paylayıcı qurğu; 2-calyüz; 3-altilıq; 4-suvarıcı elementlər

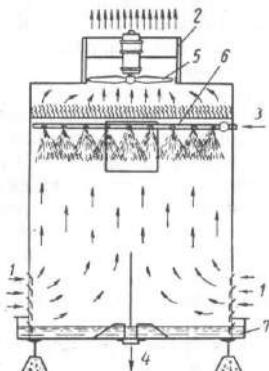
Qradirnya iki paylayıcı qurğu ilə təjhiz edilir. Qışda alt paylayıcıdan istifadə edirlər ki, suvarılan səth donmasın.

Damjılı qradirnyaların məhsuldarlığı $5\dots1500\text{ m}^3/\text{saat}$ dır. Suyun soyutma əmsalı və çox soyuması ($\Delta t_0 \approx 3\dots5^\circ\text{J}$) qradirnyanın ölçülərindən və hündürlüyündən asılıdır. $H_o=3\dots5\text{ m}^3(\text{m}^2\cdot\text{saat})$ olduqda xüsusi istilik yükü $q=7\dots23\text{ kVtm}^2$ -dir.

Damjılı qradirnyanın suvarılan səthi üçbujaqlı və ya düzbujaqlı formasında hazırlanaraq 10...12 rəflərdə yerləşdirilir. Rəflərin araməsafəsi $0,5\dots1\text{ m}$ -dir. paylayıcıdan rəflərə süzülən su damçı şəklində alt rəfə tökülmür, bu zaman su damçılarının sürəti və istiqaməti dəyişir.

Ventilyatorlu qradirnyalar (şək.30.5) yiğjam olması ilə fərqlənir. Burada sabit hava sürəti nətijəsində suyun daha yaxşı soyudulması baş verir. Əlavə edilən suyun miqdarı 0,5 % təşkil edir. Ventilyatorlu qradirnyaların çatışmayan jəhəti ventilyatorun işləməsinə sərf olunan elektrik enerjisidir.

Ventilyatorlu qradirnyalar püskürjülü (forsunkalı), damjılı və plyonkalı olur. Plyonkalı qradirnyaların üstün jəhətləri ondan ibarətdir ki, burada hava axınının müqaviməti azdır, istilikdəyişmə intensivliyi yüksəkdir. 1m^2 səth üçün ventilyatorun orta məhsuldardlığı $0,3\dots0,4 \text{ kVt}$ -dır.



Şək. 30.5. Püskürjülü ventilyatorlu qradirnya:

1-havanın daxil olması üçün calyüz; 2-havanın çıxması üçün baja; 3-suyun daxil olması üçün qısa boru; 4-suyun çıxması üçün qısa boru; 5-ventilyator; 6-püskürjü; 7-althiq

Son zamanlar kapilyar taxması olan plyonkalı qradirnyalardan istifadə olunur. Bunlar yüksək effektivli olub kiçik ölçülü və kiçik kütləlidir. Ventilyatorlu qradirnyaların hesabatı üçün istilik ba-

lansı tənliyi aşağıdakı kimi qurulur:

$$Q = \frac{1}{3,6} G_{\omega} c (t_{\omega 2} - t_{\omega 1}) = \frac{A}{3,6} G_b (i_2 - i_1), \quad (30.7)$$

burada Q - qradirnyanın istilik yükü, Vt;

G_{ω} - soyudulan suyun miqdari, kqsaat;

$t_{\omega 2}$ və $t_{\omega 1}$ - soyudulmadan əvvəl və sonra suyun temperaturu, dər;

j - suyun istilik tutumu, kJoul(kq·dər);

G_b - dövr edən havanın miqdari, kqsaat;

i_1 və i_2 - havanın qradirnyadan əvvəl və sonrakı entalpiyası, kJoulkq;

A - buxarlanan suyun ilkin entalpiyasını nəzərə alan əmsal.

$t_{\omega 1}$ və $t_{\omega 2}$ temperaturlarını təyin etmək üçün $\Delta t_{\omega} = 2 \dots 4^{\circ}\text{J}$ qəbul edilir

$$m_{\omega 1} = m_{\omega m} + 1,5 \Delta t_{\omega}, \quad (30.8)$$

burada $t_{\omega m}$ - nəqli termometrlə ölçülən havanın hesabat temperaturu.

Soyudulan suyun temperaturu $t_{\omega 1} = 25 \dots 30^{\circ}\text{J}$ -də $A = 0,96$; $t_{\omega 1} = 30 \dots 35^{\circ}\text{J}$ -də $A = 0,95$ olur.

$\Delta i = i_2 - i_1$ hesablanaraq (30.7) tənliyindən dövr edən havanın miqdarı G_b tapılır (şək. 30.6).

Suvarılan səth hava və su arasındaki istilik və nəqli mübadiləsi tənliyi əsasında hesablanılır:

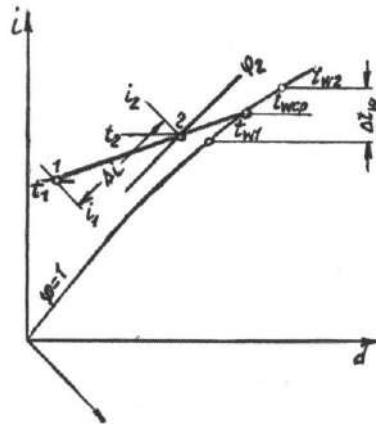
$$\Gamma = \frac{1}{3,6} A \sigma F \Delta i_m, \quad (30.9)$$

burada Q - qradirnyanın verilən istilik yükü, Vt;

σ - kütłədəyişmə (buxarlanması) əmsalı, kq(m²·saat);

F - qradirnyanın istilik ötürən səthi, m²;

Δi_m - havanın istilik tutumunun orta loqarifmik fərqi, kJoulkq.



Şek. 30.6. Qradirnyadan sonra havanın son halinin təyin edilməsi üçün $d\text{-}i$ - diaqramı:
1-qradirnyanın girişində havanın hali; 2-qradirnyanın çıkışında havanın hali

Əks axınlı qradirnya üçün Δi_m temperaturların orta loqarifmik fərqi kimi hesablanır:

$$\Delta i_m = \frac{(u_{\omega 1} - u_1) - (u_{\omega 2} - u_2)}{2,303 \cdot 10^3 \frac{u_{\omega 1} - u_1}{u_{\omega 2} - u_2}}, \quad (30.10)$$

burada $i_{\omega 2}$ və $i_{\omega 1}$ - qradirnyanın girişində suyun $t_{\omega 2}$ temperaturunda və qradirnyanın çıkışında $t_{\omega 1}$ temperaturunda doymuş havanın istilik tutumu.

Qradirnyanın vahid en kəsiyinə onu xarakterizə edən bütün xüsusi göstərijiləri aiddir: havanın sürəti, suvarma intensivliyi, xüsusi istilik yükü, kütlədəyişmə əmsali.

Yoxlama sualları

1. Qradirnya nədir? 2. Qradirnyada su nejə soyudulur? 3. Qradirnyaların hansı konstruksiyaları var? 4. Dövr edən suyun soyudulması üçün hansı tip qradirnyalardan istifadə olunur? 5. Hovuzun məhsuldarlığı nejə təyin edilir? 6. Ventlyatorlu qradirnyalar digər qradirnyalardan nə ilə fərqlənir? 7. Qradirnyanın vahid en kəsiyinə onu xarakterizə edən hansı göstərijilər aiddir?

XXXI FƏSİL
MAYE VƏ QURU BUZUN İSTİFADƏ EDİLMƏSİ VƏ İSTEHSALI

Maye və quru buz maşın istifadə edilmədən süni soyutmanın yaranmasına imkan verir. Maşinsız soyutma əsasına baxmayaraq ondan daha geniş istifadə edilir. Buz istifadə edilərini demiryol nəqliyyatı, balıq sənayesi, ət və süd sənayesinin kiçik müəssisələri və eləjə də satış müəssisələridir. Maşinsız soyutmada keyfiyyətli soyutma üçün maye buz, buz-duz qarışığı və quru buz-bərk karbon qazından istifadə edilir. Bu maddələr aşağı temperaturda axıdılan sublimasiya və ərimə proseslərində böyük miqdarda istiliyin udulması xassəsini əmələ gətirir.

31.1. Maye buz

Maye buz atmosfer şəraitində aşağıdakı xassələrlə xarakterizə olunur:

Ərimə temperaturu, t_{pl}	${}^{\circ}\text{J}$	0
Ərimə istiliyi, τ_{pl}	kJoulkq	335
İstilik keçirijiliyi, λ	VtmK	2,2
Bütöv buzun sıxlığı, ρ	kqm^3	917

Buz parçasının həjmi kütləsi onun hissəjiklərinin ölçülərindən asılı olaraq $500\dots600 \text{ kqm}^3$, qar buzununku isə $300\dots350 \text{ kqm}^3$ -dir. Suyun donub buz halına keçməsində onun həjmi 9 % artır.

Atmosfer təzyiqində 0°J temperaturlu buzun soyutma məhsuldarlığı onun ərimə istiliyindəkinə uyğundur (335 kJoulkq). Əgər buzun temperaturu 0°J -dən aşağıdırsa, onda onun məhsuldarlığı buzun 0°J ərimə temperaturuna qədər qızdırılması üçün lazımlı istiliyin miqdarı qədər artır.

Keyfiyyətinə görə buzlar: bulanlıq, şəffaf, yeyinti və antiseptik, eləjə də, dəniz və distillə edilmiş sulardan olan buzlara ayrırlırlar.

Əger donan suda hava, duzlar, qum, lil şəklində qatışqlar olursa, onda bu zaman bulanlıqlı buzlar əmələ gəlir.

Şəffaf buzlar hava və qatışqlardan təmizlənmiş sulardan alınır. Şəffaf buzu qaynamış sulardan da almaq olar. Yeyinti (ərzaq) üçün olan buz içməli sulardan alınır. Belə buzlar şəffaf olmalıdır. Bunlardan restoranlarda, kafe və yeməkxanalarda ayrı-ayrı yeməklərin və içkilərin soyudulmasında və eləjə də ev şəraitində istifadə edilir.

Antiseptik buz (dezinfeksiya dərmanları) o sulardan hazırlanır ki, onların tərkibinə bakterial preparatlar daxil edilmiş olur. Bunlar üçün hətta antibiotiklər qəbul edilir.

Dəniz suyundan alınmış buzlar aşağı ərimə temperaturuna malik olurlar (-0,5°C...-2°C).

31.2. Təbii buzun hazırlanması və saxlanması

Təbii buzun hazırlanmasında üç əsas üsuldan istifadə edilir: hovuzlarda buzun hazırlanması, laylara görə buzun dondurulması, soyuduju qurğularda buz salxımlarının (lülə) dondurulması.

31.2.1. Hovuzlarda (su tutanlar) buzun hazırlanması. Qışda çayların, göllərin və ya dənizlərin səthində əmələ gəlmış buzların deşilməsi, çıxarılması və ya kəsilməsi yolları ilə buz hazırlanır. Su tutan hovuzlar istənilən qədər təmiz suya, dərinliyi 0,75m- dən az olmayan və buzun çıxarılması üçün əlverişli sahilə malik olmalıdır.

Buz qışın ikinji yarısında hazırlanır, hansı ki, bu vaxt onun qalınlığı 20...30 sm-ə qədər çatmış olsun. Daha düz bərabər buz tirlərinin alınması üçün əvvəljə buz sahəsi $0,8 \times 0,6$ və ya $1,0 \times 0,7 \text{ m}^2$ ölçülərində düzbujaqlı şəklində qeyd olunur (xətlənir) və sonra ling (lom) vasitəsilə deşilir və ya

mışarla kəsilir. Sonra sudan çıxarıllaraq saxlanma yerinə daşınır.

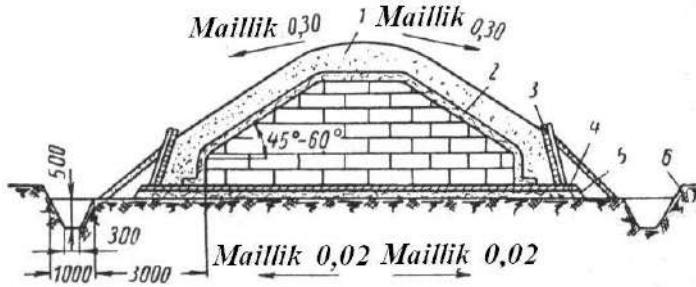
Bu hazırlanma üsulunun çatışmamazlıqları su tutan hovuzların və buzun daşınması vaxtı çirk-lənməsinə görə buzun keyfiyyətinin aşağı olması, buz tirlərinin sıx yiğilması nətijəsində saxlamada böyük itkilər, eləcə də başlangıçda böyük əmək sərfərinin olmasından ibarətdir.

31.2.2. Laylara görə dondurulan buzun hazırlanması. Buzların hazırlanması elə sahələrdə aparılır ki, həmin sahələr istifadə yerlərinə yaxın olsun.

Buz sahələrdə monolit massiv kimi yetişdirilir. Buz yetişdirilən sahələr düzbujaqlı formaya malikdir. Həmin sahələrə qalınlığı 15 sm-dən aşağı olmayan lay (qat) şəklində şlak və qraviy (çin-qıl) töküür. Sonra onun üstündən köhnə taxtalar düzülür. Bu taxtalarla ərimiş suyun axması üçün maililik yaradırlar. Ərimiş suyun yiğilması və kənarlaşdırılması üçün sahənin bütün ətrafindan 1 m məsafədə dərinliyi 0,5 m olan arx çəkilir. Sahənin ətrafi ilə hündürlüyü təxminən 0,5 m olan bort qoyulur və nazik təbəqə şəklində rezin borudan (şlanqdan) su töküür.

Bu layın qalınlığının sutka ərzində donması havanın temperaturundan və hərəkət sürətindən asılıdır. Belə ki, küləyin 1 msan sürətində havanın temperaturu -5°J olduqda sutka ərzində buz hayatı 15 mm, -10°J -də 30 mm, -15°J -də 50 mm və -20°J -də 70mm qalınlığında dona bilir. Küləkli havada donma intensivliyi 2...3 dəfə artır. Nə vaxt ki, layın qalınlığı bortun yuxarı kənarına çatır, onda aqaj bort aralanır və onu həmin kənarlardan təxminən bortun hündürlüyü qədər məsafədə donmuş buz hayatınə səthinə quraşdırırlar. Bundan sonra növbəti buz hayatınə başlanılır. Nətijədə pilləli buz plitkaları alınır.

Dondurulmanın sonunda buz dəstlərinin (buntlar) üstünün örtülməsi üçün onu formaya salırlar (şək. 31.1).



Şek. 31.1. Örtülü buz buntu:

1-ağaj yonqarları; 2-saman döşənəklər; 3-dayaq; 4-kipləşdirilmiş qar; 5-şlak; 6-əridilmiş suyun axıdılması üçün arx

Böyük buz dəstlərinin (buntlarının) donmasında hidromexanikləşdirilmiş üsulun istifadə olunması məqsədə uyğundur. Bu vaxt su dondurulajaq sahəyə forsunkalarla cılənir. Su kranının idarəetmə pultu sahəyə yaxın yerləşən isti budkada quraşdırılır. Hidromexanikləşdirilmiş üsulla dondurulmuş buz sahədə əl ilə hazırlanın buza nisbətən 2 dəfədən çox ujuzdur, su tutan hovuzlarda hazırlanmış buzdan isə 4...5 dəfə ujuzdur. Buz təmiz alınır, dondurulub hazırlanmasındakı çatışmamazlıqlar isə bütöv buzların deşilməsində əmək sərfi və buzun parçalanması zamanı olan itkinin olmasına.

Bu üsullar soyuq və orta iqlim zonalarında tətbiq edilir. Burada 3...5 m hündürlüyündə buntlar dondurmaq olur.

31.2.3. Buz-duz qarışığının fiziki xassələri. Buza duzların əlavə edilməsində qarışığın ərimə temperaturu təmiz buzun ərimə temperaturu ilə müqayisədə aşağı düşür. Müxtəlif duzların və müx-

təlif qüvvəli qarışqların istifadə edilməsi ilə istənilən geniş hüdudda 0°J -dən aşağı temperaturu almaq olar. Qarışığın temperaturunun aşağı düşməsi, qarışıqdan götürülən istiliyin udulması ilə keçən bəzi duzların su ilə qarışması prosesində əldə edilir. Yerlərdə buzun duzla toxunmasında qarışq yaranır ki, bu qarışqlar duzların su ilə qarışmasında və buzun əriməsində istiliyin udulması nəticəsində soyuyur. Bu zaman buz da 0 -dan aşağı temperaturda soyuyur.

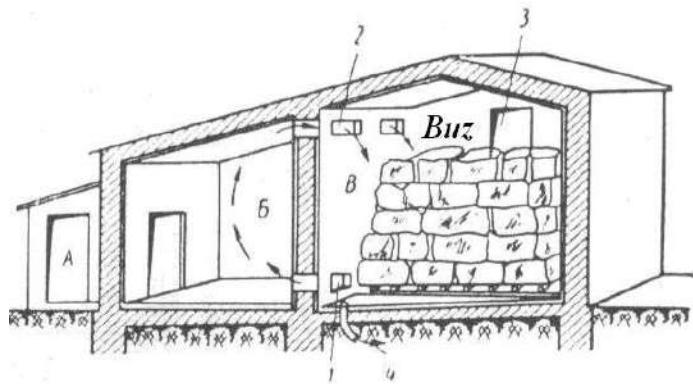
Buza duzların əlavə edilməsində qarışığın ərimə temperaturu, qarışığın on aşağı ərimə temperaturu ilə xarakterizə olunan kriohidrat nöqtəsinə qədər aşağı düşür. Yenidən duzların əlavə edilməsində ərimə temperaturu aşağı düşməyib, əksinə yüksəlir.

Müxtəlif duzlu qarışıklı sulu məhlulun dondurulmasında kriohidrat nöqtə yaranır ki, bu zaman buz alınır və bu evtektiv buz adlanır.

31.3. Buz və buz-duz ilə soyutma qurğuları

Buz və buz-duz ilə soyudan qurğulara buzxanalar, buz anbarları, qəfəsli (şəbəkəli) bölməli (jibli) və metal çənli soyudujular, eləjə də duzlu su dövr edən soyudujular daxildir.

31.3.1. Buzxana. Bu maye buzla soyudulan sadə stasionar binadır. Qışın sonunda bütün yay-yaz dövründə buzxanaların soyudulması üçün lazım olan qədər təbii buzla buzxanalar doldurulur (Şək.31.2). Buzxanalarda temperatur $4\ldots 8^{\circ}\text{J}$ və havanın nisbi rütubəti 90 % ətrafında saxlanılır.



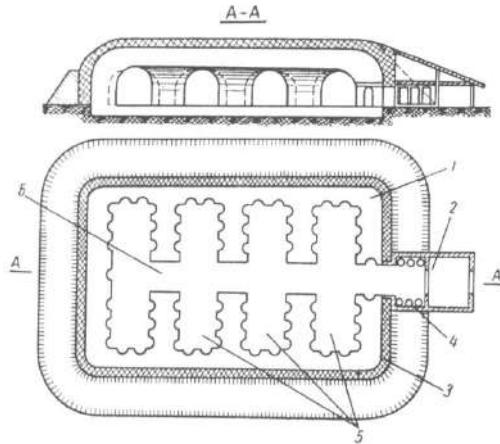
Şək. 31.2. Buzxana:

A-tambur; B-məhsul kamerası; V-buz şöbəsi; 1-soyudulmuş hava üçün pənjərə; 2-isinən havanın qaytarılması üçün pənjərə; 3-buz yükləmə pənjəresi; 4-suyun axıdılması üçün boru

Daxilində və kənarlarında buzlar yerləşən buzxanalar geniş yayılmışdır. Buzxanaların xarici kənarının örtüyü istilik izolyasiyasına malikdir. Buz üçün şöbələr üzrə kameralara bölən divar nəmliyin düşməsinin qarşısını almaq üçün izolə edilir. Daxili divarda aşağıda və yuxarıda havanın dövr etməsi üçün pənjərələr qurulur. Bilavasitə buzla toxunmada hava soyudulur. Kameraların qabağında şimala tərəf çıxışı olan tambur qurulur.

Buzxanaların buzla doldurulması üçün xüsusi pənjərələrdən istifadə edilir. Buz üçün şöbələrdə ərimiş suyun qayıtması və axması üçün döşəmə maili, su keçirməyən düzəldilir. Döşəmənin üstündə qəfəslər (reşotkalar) və ya uzun çör-çöplər düzülür. Sonra buz havanın dövr etməsi üçün divardan bir qədər aralı, sıx düzülərək yığılır.

31.3.2. Buz anbarları. Buz anbarlarının əsas növünü Krılov anbarı (sklad) təşkil edir (şək. 31.3). O buzun özünün dondurulması yolu ilə tikilir. Bu özlüyündə soyutma üsulu və tikinti materialı kimi olur. İri bütöv buzda soyuduju kameralar, birləşdirilmiş ümumi dəhlizlər nəzərdə tutulmuşdur.



Şək. 31.3. M.M.Krilov sistemli buz anbarı:

1-buz; 2-tambur; 3-izolyasiya; 4-buz-duz soyuqluq jihazları; 5-kameralar; 6-dəhliz

Anbarın əsası katlovanda dondurulan qalınlığı 0,8 m olan buz sahələridir. Divar və tavanın qurulması üçün sahələrdə taxta qəliblər tikilir, hansı ki, lazımı ölçülü iri buzun alınması üçün buz

dondurulur. Donmadan sonra taxta qəlib sökülür. Kameranın sahəsi $24\dots30\text{ m}^2$, dəhlizin eni 3 m, divarda dəhlizin və kameranın hündürlüyü 2,8 m, mərkəzdə 3,2 m, divarın qalınlığı 2...3 m, tavan 2 m-dir.

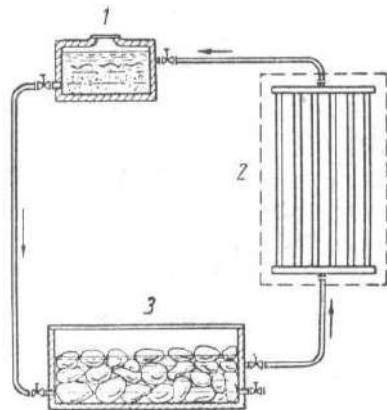
İri buz kütləsi kənardan qalınlığı 1 m-dən az olmayan izolyasiya materialı təbəqəsi ilə örtülür. Izolyasiya düzülərkən su ilə suvarılır və dondurulur. Bu buz kütləsinin xarij (ətraf) tərəfdən əriməsini müdafiə edir, ona görə ki, ilin isti vaxtlarında xarijdən daxil olan istiliyi izolyasiya təbəqəsi özündə saxlayır və izolyasiyada buzun əriməsinə sərf olunur. Örtüyün aşağı hissəsində torpaq mailliyi yaradılır, ondan ötrü ki, izolyasiya sürüşməsin. Tambura çıxış izolə edilmiş qapılarla bağlanır, çıxışına isə brezent asılır.

Daxildən buz kütləsinin əriməsini saxlamaq üçün anbarda temperatur $-0,5\dots1,5^\circ\text{J}$ -də saxlanılır. Bunun üçün kamera və dəhlizlərin divarları qəfəslə, bölməli, jibli quraşdırılır, hansı ki, bura buz-duz qarışığının doldurulur. Belə jiblər tamburda da yerləşir. Jiblərin altında buz-duz qarışığının əriməsində yaranan duzlu suyun yıgilması üçün çəlləklər qoyulur. Buz-duz qarışığının köməyi ilə temperaturu anbarda $2\dots6^\circ\text{J}$ -yə qədər, soyuq rayonlarda isə -12°J -yə qədər endirmək olar. Soyudulan buz kamera və dəhlizlərin döşəməsindən qopardılır. Ona görə də hər il qış vaxtında anbarların döşəmələri dondurulur. Buz anbarlarının soyuq iqlim zonalarında tikilməsi məsləhət bilinir. Buz anbarlarının binalarının qiyməti 5-6 dəfə adi maşınlı soyutma soyudujularından azdır. Buz anbarları tikintisinə sərf olunan bütün xərjlərin ödənmə müddəti 2-3 ildir, onların istismarı 6...8 ildir. Buz anbarlarında maşınlı soyutmadan istifadə etmək olar.

31.3.3. Duzlu su dövr edən soyudujular. Kameranın soyudulması ayrija qondarılan çəndə buz-duz qarışığının əriməsində yaranan soyuq duzlu su ilə yerinə yetirilir. Soyudujunun kamerasından kənardə buz-duz qarışığı üçün çıxarılmış tutum imkan verir ki, onların həjmlərindən daha səmərəli istifadə edilsin.

Bu buz-duz soyuqluq sistemində duzlu suyun (rassolun) dövr etməsi məjburi və təbii olur. Məjburi dövretmə ilə buz-duz soyutma sistemi – "Frigator" sistemi adlanır. Bu sistemdə soyuq duzlu su buz və duzlarla doldurulmuş çəndə yaranır və hansı ki, bu soyuq generator və ya friqator adlanır. Generatorun çəni izolə edilmişdir. Onun üstündə qəfəs qoyulmuşdur ki, bu qəfəsə buz doldurulur. Çənin aşağı hissəsində soyuq duzlu su yiğilir. Generatordan soyuq duzlu su nasosla sorulur və soyutma kamerasında yerləşən adı duzlu su batareyasına verilir. Qızdırılmış duzlu su yenidən suvarma kanalından keçərək generatora qayidaraq buzu suvarır, soyudur və çənin aşağı hissəsinə töküür. Qatılığın bərpası üçün duzlu suyun qızdırılmış hissəsi üçgedişli krandan keçərək duz konsentratora qaytarılır. Duzlu suyun artıq hissəsi boşaldığı borudan keçərək kanalizasiyaya axıdılır.

Təbii (öz-özünə) dövr etmeli duzlu su buz-duz soyutma sistemində (Kleymonov sistemi) elektrik energi sərfi tələb olunur (şək. 31.4).



Şək. 31.4. Təbii dövr etməli buz-duz soyutma sistemi (İ.A.Kleymenov sistemi):

1-duzlu su konsentratoru; 2-soyuduju batareya; 3-soyuqluq generatoru

Təbii dövr etməli buz-duz soyutma sistemində nasos olmur, qarışdırılmış və qatılışdırılmış duzlu su arasındaki fərqlərdən yaranan basqının təsiri altında duzlu suyun öz-özünə dövr etməsi baş verir.

31.4. Quru buz

Quru buz özü ilə karbon 4 – oksidin və ya karbon qazının bərk fazasını təmsil edir. Onu karbon qazı adlandırmaq qəbul olunmuşdur. Karbon qazının fərqləndiriji xüsusiyyəti onun üçqat nöqtələridir: bu o deməkdir ki, $0,536 \text{ MPa}$ təzyiqində və uyğun olaraq temperatur $-56,6^\circ\text{J}$ olduqda karbon qazı həmin an üç vəziyyətdə ola bilir: bərk, maye və qaz halında. Daha aşağı təzyiqdə, yəni atmosfer təzyiqində anjaq iki vəziyyətdə ola bilər: bərk və qaz halında.

Beləliklə, atmosfer şəraitində bərk karbon qazı maye fazasını örtərək, birbaşa qaz halına keçir. Buradan bərk karbon "quru buz" adlandırılmağa başlandı. $0,1 \text{ MPa}$ təzyiqdə quru buz $-78,9^\circ\text{J}$ -də sublimasiya edir. Təzyiqin azalmasında sublimasiya temperaturu aşağı düşür. Normal şəraitdə karbon qazının sixlığı $1,877 \text{ kqm}^3$ -dir. Bu qaz havadan $1,529$ dəfə ağırdır. Bərk karbon qazı 1560 kqm^3 sixliga malikdir və özünü şüşəyəbənzər jisim kimi təmsil edir.

Atmosfer təzyiqində və $-78,9^\circ\text{J}$ sublimasiya temperaturunda quru buzun soyutma məhsuldarlığı 574 kJoulkq -dır. 0°J -yə qədər buxarın sublimasiyasında yaranmış istilik hesabına quru buzun soyutma məhsuldarlığı 633 kJoulkq olacaqdır.

Beləliklə, quru buzun kütləvi soyutma məhsuldarlığı maye buzdan $1,7$ dəfə ($574:335$) çoxdur.

Orta həjmi kütləli quru buzun həjmi soyuqluq məhsuldarlığı 1400 kqm^3 olaraq maye buzdan təxminən 3 dəfə ($574 \cdot 1400335 \cdot 900$) çoxdur.

Karbon qazı metallara qarşı neytraldır və nisbətən zərərsiz qazdır.

İstifadə etmək üçün quru buz əlverişlidir və $-60\dots -70^\circ\text{J}$ -yə qədər temperaturu almağa daha yaxşı imkan yaradır. Yüksək qiymətə malik olmasına baxmayaraq (maye buzdan 10 dəfə bahadır) quru buz sənayenin çox sahələrində istifadə edilir. Adətən dondurmaların satışında və daşınmasında onun saxlanması üçün quru buzlardan daha geniş istifadə edilir (istehsal olunan quru buzun ümumi miqdarının 90 %). 1 kq dondurmanın realizə edilməsinə 100 q quru buz buraxılır.

Quru buzun istehsal prosesi təmiz karbon qazından, maye karbonatın və quru buzun alınmasından ibarətdir. Təmiz karbon qazı tərkibində istənilən qədər böyük miqdarda JO_2 olan qazlar qarışığından alınır. Bunun üçün təbii və süni mənbələrdən istifadə etmək olar.

Təbii mənbələr təbii karbonat Qavqazda və Kuril adalarında yerləşir. Tərkibində yüksək JO_2 (98 %-ə qədər) olmasına baxmayaraq praktiki olaraq onlar quru buzun istifadə mərkəzlərinən uzaqlarda olmasına və yerli energi bazasının çatışmamazlığına görə istifadə olunmur.

Süni mənbələrə müxtəlif təsərrüfatların müxtəlif qazşəkilli tullantıları daxildir: spirtli qızılırmalar, kimyəvi tullantılar, sənaye qazanxanalarının dəm qazları.

Buzun saxlanması sublimasiya nətijəsində onun itkiləri imkan daxilində az olmalıdır. Havada quru buz aktiv sublimasiya edir. Ona görə də quru buzu yaxşı izolə edilmiş buz anbarlarında saxlayırlar. Quru buzun saxlanması və daşınması üçün konteynerlər qapaqlı iri anbar şəklində hazırlanır. Konteynerin divarları və qapaqları 250 mm -ə qədər olan istilik izolyasiyasına malikdir. Göstərilən tədbirlərə baxmayaraq quru buzun saxlanması zamanı sutka ərzində 3...4 %-i itir. Buz anbarları 2-3 gün ərzində quru buzun saxlanması üçün hesablanır.

Yoxlama sualları

1. Maye və quru buzdan harada və hansı müəssisələrdə istifadə olunur? 2. Maye buz atmosfer şəraitində hansı xassələrlə xarakterizə olunur? 3. Keyfiyyətinə görə buzlar hansı qruplara bölünür? 4. Hovuzlarda buzun hazırlanması nejə yerinə yetirilir? 5. Laylara görə dondurulan buzun hazırlanması nejə yerinə yetirilir? 6. Buz-duz qarışığının fiziki xassələri hansılardır? 7. Buz və buz-duz ilə soyutma qurğuları hansılardır? 8. Quru buz nədir?

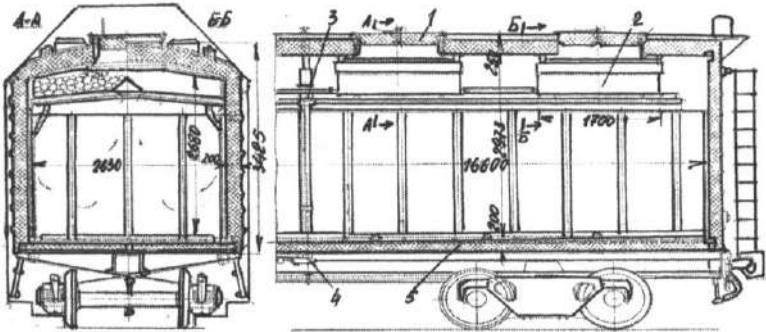
XXXII FƏSİL
NƏQLİYYAT SOYUDUJULARI

Soyudulmuş və dondurulmuş qida məhsullarının dəmir yolu, avtomobil və su yolu ilə daşınması üçün nəqliyyat soyudujularından istifadə olunur. Onlara vaqonlar, seksiyalar və qatar soyudujuları (avtorefreceratorlar) daxildir. Xüsusi halda nəqliyyat soyudujuları hazırlayıcı və istehsal soyudujuları kimi istifadə olunur.

32.1. Dəmir yolu nəqliyyatı soyudujusu

Dəmir yolu nəqliyyatı soyudujusu tez xarab olan qida məhsullarını uzaq məsafələrə daşımaq üçün əsas nəqliyyat növüdür. Soyutma üsluluna görə izotermiki vaqonlar buz və buz – duzla soyudulan, maşınla soyudulan vaqonlara, soyudulmayan vaqon-sisternlərə (istilik izolyasiyalı) bölünürlər.

İzotermiki vaqonların 90 %-ni buzxana vaqonları təşkil edir. Bunlardan ən əlverişlisi tavandan soyudulanlardır (şək.32.1). Daşınan yüklerin növünə görə iki tip vaqon mövjuddur: müxtəlif yüklerin daşınması üçün universal (soyudulan, soyudulmayan, dondurulmuş) və bir növ məhsulun daşınması üçün xüsusiləşmiş (süd, meyvə, diri balıq və s.) vaqonlar.



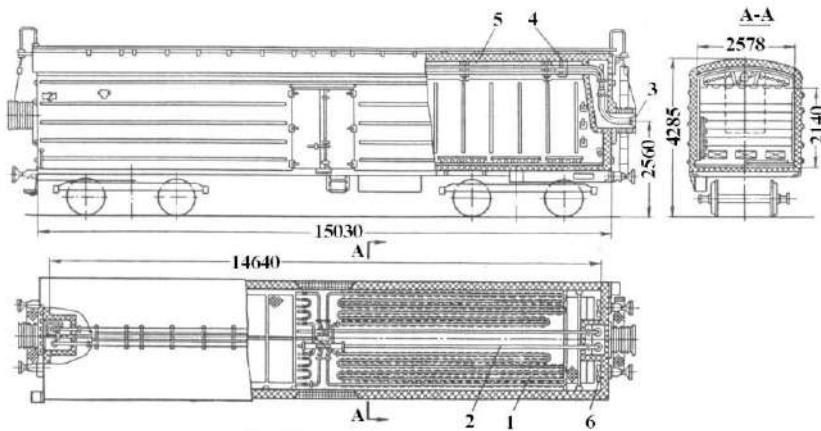
Şək. 32.1. Tavandan soyutma jihazlı buzxana-vaqon:

1-buz və duz yükləmə pənjərəsi; 2-buz və duz məhlulu üçün çən; 3-duzlu suyun axması üçün boru; 4-hidravlikı rəzə; 5-döşəmə şəbəkələri

Bu növ universal vaqonlarda ətraf havanın temperaturu 35°C olduqda vaqon daxilində -8°C temperatur saxlanıla bilər. Universal buzxana-vaqon daxildən və xarıjdən taxta ilə örtülmüş metal karkasdan ibarətdir. Vaqonun kuzovu mipor ilə izolyasiya edilmişdir. Vaqonun döşəməsi və divarlarının aşağı hissəsi sinkləşdirilmiş metalla örtülmüşdür. Tavanın altında bir-biri ilə birləşən 12 metal çən yerləşir. Çənlərin ümumi həjmi 5,5 ton buz tutur, bu da 3-4 gün üçün kifayət edir. Vaqon iki pənsərə vasitəsi ilə ventilyasiya edilir.

Refrigerator – qatarlar qida məhsullarını uzaq məsafəyə daşımaq üçün istifadə olunur. O 20 soyuduğu vaqonlardan, maşın bölməsindən ibarət olan vaqondan, dizel-elektrik stansiyası vaqonundan və xidmət personalı vaqonundan ibarətdir. Dizel-elektrik stansiyası vaqonunda hər biri 60 kW olan generatorlu iki dizel və 30 kW generatorlu köməkçi dizel yerləşir.

Maşın bölməsi vaqonunda soyutma məhsuldarlığı 102 kVt olan iki ammonyaklı kompressor yerləşir. Bundan başqa burada hava ilə soyudulan iki kondensator (800 m^2), iki köynəkli-borulu buxarlandırıcı, nasoslar və köməkçi avadanlıq yerləşir. Soyuduju vaqonların yüksəklidir qabiliyyəti 30000 kq-dir (şək. 32.2).



Şək. 32.2. Refrecerator-qatarının soyuduju vaqonu:

1-qabırğalı duzlu su batareyaları; 2-duzlu su boru kəmərləri; 3-boru kəmərlərinin elastik birləşmələri; 4-ventilyator; 5-hava kanalı; 6-elektrik sobası

Vaqonlar mipor ilə izolyasiya edilib və -10°J temperaturun saxlanması üçün (ətraf havanın temperaturu $+30^\circ\text{J}$ olduqda) nəzərdə tutulur. Vaqonların soyudulması üçün tavan tipli qabırğalı duzlu su soyuduju batareyalarından istifadə olunur. Havanın ventilyasiyası və dövr etməsi üçün elektrik ventilyatorları quraşdırılır.

Qiş mövsümündə müsbət temperaturu saxlamaq üçün elektrik qızdırıcı jihazlarından istifadə olunur. Vaqonlar ölçü-nəzarət və avtomat jihazlarla təjhiz olunur.

Son zamanlar qida məhsullarının daşınması seksiyalarla yerinə yetirilir. 12 vaqonlu seksiya refreccator-vaqonu kimi təjhiz olunmuşdur. Vaqonda -12°J -dən $+12^{\circ}\text{J}$ -yə kimi temperaturu saxlamaq olur. 5 vaqonlu seksiya freonlu soyuduju qurğularla təjhiz olunmuşdur. Hər vaqonda soyuqluq məhsuldarlığı 10,2 kWt olan iki soyuduju qurğu quraşdırılır. Vaqonlar -12°J -dən $+12^{\circ}\text{J}$ -yə kimi temperatur üçün nəzərdə tutulur. Soyudulma hava ilə yerinə yetirilir.

Tez xarab olan yüklərin daşınması -20°J temperaturda izotermiki vaqonlarda yerinə yetirilir. Bu vaqonlar iki freon aqreqatla təjhiz olunub, soyutma sistemi hava ilədir.

32.2. Avtomobil nəqliyyatı soyudujuusu

Avtomobil nəqliyyatı soyudujuusu tək şəhərdaxili daşımalar üçün deyil, həm də uzun marşrutlara, 300 km-ə kimi qida məhsullarının daşınması üçün də istifadə edilir.

Avtonəqliyyat soyudujularının əsas növləri avtomobil soyudujuları və ya avtorefreccatorlar, yarımqoşqu və qoşqu soyudujularıdır. Bunlardan ən geniş yayılmış avtorefreccatorlardır. Onlar iki növ olur: soyudulan və soyudulmayan kuzov ilə.

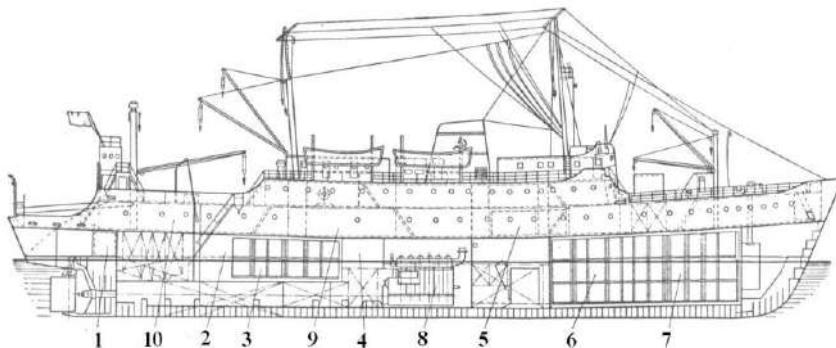
Avtorefreccatorların hazırlanmasında mipor, alfol qofrlu kartondan istifadə olunur. Kuzovun soyudulması üçün buz-duz məhlulundan və quru buzdan, evtektiv qarışqlardan, kompresssorlu soyuduju qurğularından istifadə olunur. Soyutma üsulundan asılı olaraq kuzovun daxilində 4-dən -20°J -yə qədər temperaturu saxlamaq olar.

32.3. Su nəqliyyatı soyudujuusu

Su nəqliyyatı soyudujusu (dəniz və çay nəqliyyatı) refreccator-gəmilərlə müxtəlif tez xarab olan məhsulları, import, eksport və ölkə daxilində daşımaq üçün istifadə olunur.

Balıq sənayesində xüsusi refreccator-gəmilərdən istifadə olunur: balığın tutulması, emalı və nəql etdirilməsi üçün traulerlər (balıq gəmisi), başqa gəmilərdən balığı qəbul edən, donduran və soyudan və sahilə nəql etdirən gəmilər, üzən balıq zavodları.

Böyük balıq dondurana traulerlər (BMRT) ən müasir balıq refreccator gəmilərindəndir (şək. 32.3).



Şək. 32.3. Balıq dondurana trauler:

1-tərəvəz anbarı; 2-balıqunu hazırlayan qurğu üçün yer; 3,6,7-soyudulan anbarlar; 4-soyuduju maşın bölməsi; 5-qida məhsulları kamerası; 8-əsas maşın; 9-balıq dondurana; 10-balıq emali otağı

Çay refreccator-gəmiləri dəniz gəmilərindən fərqli olaraq aşağı yüksəldirme qabiliyyətinə

malikdirlər. Gəminin gövdəsinin izolyasiyası üçün plitka şəklində probkadan, mipordan, penoplastdan, şüşə pambiqdan istifadə olunur. Refrecerator gəmilərinin soyudulması üçün ammonyaklı və freonlu soyuduju qurğularından istifadə olunur.

Freonlu soyuduju qurğular əsas maşın bölməsində yerləşdirilir. Ammonyak qurğuları yaxşı ventilyasiya edilən yerdə yerləşdirilir. Yük-sərnişin gəmilərində ammonyak qurğularından istifadə olunmur.

Anbarların soyudulma sistemi refrecator-gəminin təyinatından asılıdır. Soyudulmuş məhsulları daşıdıqda hava ilə soyudulmadan, donmuş məhsulların daşınmasında duzlu su ilə soyudulmadan istifadə olunur. Bilavasitə soyudulma sistemindən yalnız donduruju aparatların soyudulmasında istifadə olunur. Gəmi soyudujuları kiçik, yığjam olmalı və normal işləməlidir.

Böyük refrecator gəmilərinin qurğalarının soyutma məhsuldarlığı 1100...1200 kVt-a çatır.

Yoxlama sualları

1. Soyudulmuş və dondurulmuş qida məhsullarının daşınması üçün hansı nəqliyyat soyudujularından istifadə olunur? 2. Dəmir yolu nəqliyyatı soyudujusu hansı məhsulların daşınması üçün nəzərdə tutulmuşdur? 3. Soyutma üslubuna görə vaqonlar hansı qruplara bölündür? 4. Avtonəqliyyat soyudujularının əsas növləri hansılardır? 5. Su nəqliyyatı soyudujusu hansı məhsulların daşınması üçün nəzərdə tutulmuşdur?

XXXIII FƏSİL
MƏİŞƏT SOYUDUJULARI

Məişət elektrik kompressorlu, absorbsiyalı və termoelektrik soyudujular DÜİST 16317-76, DÜİST 14087-80, DÜİST 26678-85, DÜİST 16317-87-yə uyğun hazırlanırlar. Soyuñdujular aşağı temperaturlu bölmədə (HTO) uzun müddətli saxlama və soyuduju kamerada qısa müddətli saxlama üçün və buz hazırlamaq üçün nəzərdə tutulur. Faydalı həjmi $60\dots500\text{ dm}^3$ olan bir, iki, üç və dördkameralı soyudujular istehsal olunur. Təyinatına görə soyudujular dondurujulara (M) və soyuduju dondurujulara (MX) bölünür.

Soyuqluq istehsalına görə soyudujular olurlar: kompressorlu (K), absorbsiyalı (A) və termoelektri (TG); qurulma üsullarından asılı olaraq şkaf tipli döşəmə üzərinə qoyulma (Ş), stol tipli döşəmə üzərinə qoyulma (J), divardan qurulma tipli (H), bloklarla qurulma tipli (B); komfortluq dərəjəsinə görə – adı və yüksək komfortlu (P); kameraların sayına görə – bir, iki (D) və üçkameralı (T); konstruktiv quruluşuna görə, KŞ – bir kameralı şkaf tipli, KJ – bir kameralı stol tipli, KŞD – ikikameralı şkaf tipli, KŞT – üçkameralı şkaf tipli, MKŞ – şkaf tipli dondurujular, KŞMX – kombinə edilmiş şkaf tipli soyuduju dondurujular. Soyuduju kamerada termonizamlayıjisının qiymətləri: U (müləyim iqlim) – ətraf havanın temperaturu $16\dots32^\circ\text{J}$ olduqda soyuduju kamerada orta temperatur 0-dan 5°J -yə kimi; T (tropik iqlim) ətraf havanın temperaturu $18\dots43^\circ\text{J}$, soyuduju kamerada 0-dan 7°J -yə kimi temperatur saxlanılır.

Ətraf mühitin temperaturuna görə soyudujuların jihatları aşağıdakı siniflərə bölünür:

Soyudujular

SN, N

32

**Dondurujular və soyuduju –
dondurujular**

ST	38	N	32
T	43	T	43

SN və N tipli soyudujular üçün soyuduju kamerada orta temperatur 5°J-dən , ST və T tipli soyudujular üçün isə 7°J-dən çox olmamalıdır.

Soyuduju jihazların ümumi (brutto) həjmi, dm³:

Soyudujular:

<i>absorbsiyali</i>	80...320
<i>kompressorlu</i>	120...450
Dondurujular	80...300
Soyuduju-dondurujular	200...450

Soyudujuların ölçüləri (mm):

eni	480, 580, 600
dərinliyi	600
hündürlüyü	850...2100
stol tipli soyudujuların və dondurujuların hündürlüyü	850

33.1. Kompressorlu məişət soyudujuları

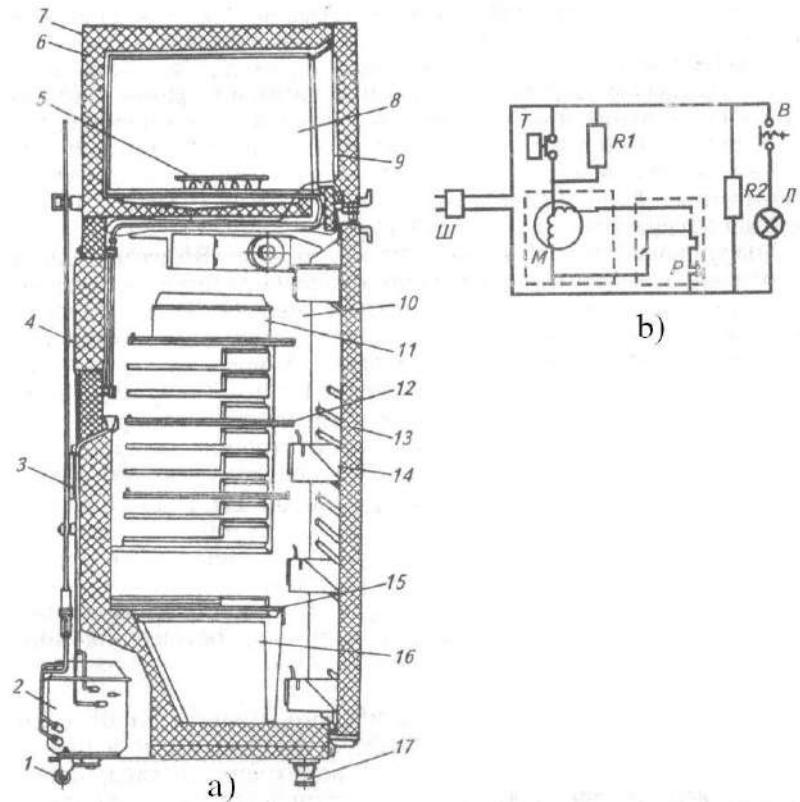
Kompressorlu soyudujulara "Saratov", "Zil", "Apşeron", "Çinar", "Minsk" və s. aiddir.

Birkameralı "Apşeron-2E" KŞ-240P düzbujaqlı formasında metal şkafdan ibarətdir. Soyudujunun daxili kamerası da metaldan hazırlanır. Konstruksiyası rəflərin hündürlüyünü dəyişməyə imkan verir.

Soyudujunun qapısı maqnitli kipləşdirijilidir. Üst hissədə aşağı temperatur bölməsi yerləşir. İstilik izolyasiyası şüşə pambıqdır. Soyudujunun kompressor aqreqatı R12 soyuduju agent və XF 12-16 mineral yağıla işləyir. "Apşeron-2E" soyudujusunun elektrik sxemi kompressorun elektrik mühərrikindən, buraxıçı qoruyuju P3 və ya RP3P-24 tipli reledən, T-110-1 tipli termonizamlayıcıdan, TO-11 yarımavtomatik əriməni idarəetmə jihazından, DXK tipli qapıda olan elektrik açarından, PH220-15-1 tipli lampadan və naqildən ibarətdir.

"Çinar" soyudujuları bir və ya iki kameralı hazırlanır. Bir kameralı soyudujuların KŞ-240P və KŞD-22040 tipli iki kameralı modifikasiyaları olur.

"Çinar-7" KŞD-22040 tipli soyuduju şkaf tipli hazırlanıb, aşağı temperatur və soyuduju kamerasından ibarətdir (şək. 33.1). Soyuduju kameranın istilik izolyasiyası – şüşə pambıqdır, aşağı temperatur hissəsinin izolyasiyası isə penopoliuretandır.



Şək. 33.1. "Çinar - 7" KŞD- 22040 soyudujuusu:

a) ümumi görünüş: 1-diyirjəkli dayaq; 2-soyuduju aqreqat; 3-ərimiş su boşaltma sistemi; 4-istilik nizamlayıcısı (şüşə pambıq); 5-buz üçün forma; 6-istilik izolyasiyası (penopoliuretan); 7-xariji şkaf; 8-aşağı temperaturlu kamerası; 9-aşağı temperaturlu kameranın qapısı; 10-soyuduju kamera; 11-ət və balıq üçün qapaqlı çən; 12-metal rəf; 13-soyuduju kameranın qapısı; 14-qapının panelinin rəfi; 15-şüşə rəf; 16-meyvə və tərəvəz üçün çən; 17-qaykalı dayaq; b) elektrik sxemi

Soyudujunun konstruksiyasında buxarlandırıjinın avtomatik əriməsi və ərimiş suyun kameradan kənarlaşdırılması nəzərdə tutulur. Soyudujunun qapıları maqnit taxmalı elastiki polivinilxlorid kipl-əşdirijisinə malikdir. Soyudujunun üst hissəsində aşağı temperaturlu kamera yerləşir. Diyrjəkli dayaqlar soyudujunun hərəkətini asanlaşdırır. Aşağı temperaturlu kamerada -18°J temperatur saxlanılır.

"Çinar-7" soyudujuusunun elektrik sxemi (şək.33.1.b) aşağıdakı elementlərdən ibarətdir: kompressorun M elektrik mühərrikindən (GDP-24 tipli), P3 tipli buraxıçı qoruyuju reledən P, T-130-2 tipli termonizamlayıcıdan T, BOK-2 qapı elektrik açarından B, PH 220-15-1 tipli lampadan L, buxarlandırıjinın elektrik qızdırıjisindən R1, köndələn elektrik qızdırıjisindən R2 və naqildən Ş ibarətdir.

33.2. Absorbsiyalı məişət soyudujuuları

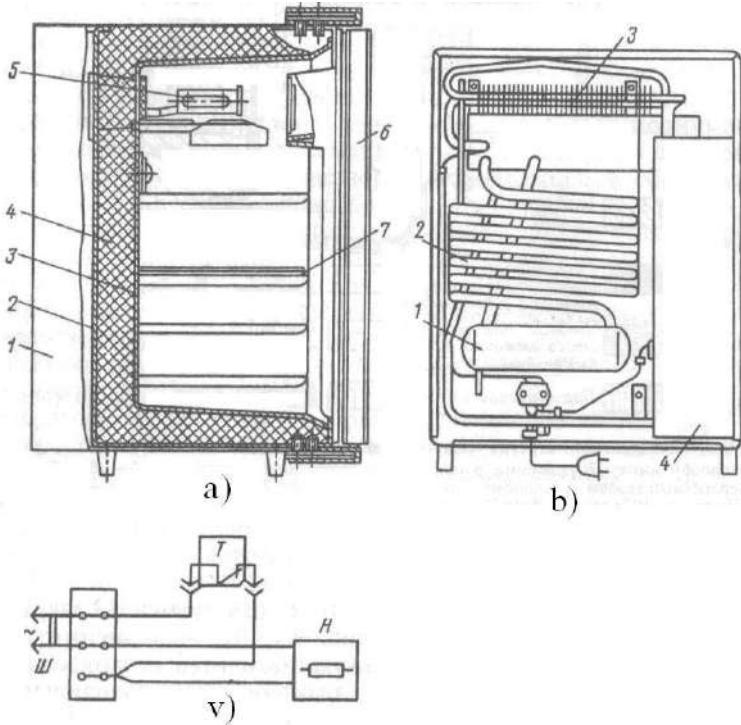
Absorbsiyalı soyudujuulara "Morozko", "Sadko", "Kristal", "Ladoqa", "Sputnik" soyudujuuları daxildir.

"Morozko-3M" AŞ-30 tipli soyuduju ML-12 markalı emalla örtülmüş metal şkaf 1 (şək.33.2.a),daxili soyuduju kamerası 3 vakuumla emal olunmuş UPS-0803L markalı polistroldan ha-

zırلانır. İstilik izolyasiyası PSB-4FR markalı penopolistroldan, qapının paneli isə UPS-0803L markalı polistroldan hazırlanıb, böyük divarların istilik izolyasiyasının eni 51 mm, arxa divarının 61mm, qapının istilik izolyasiyasının eni isə 45 mm-dir. Kameranın içərisində termonizamlayıcı yerləşir. Soyuduju kamera ərimiş suyu yığmaq üçün altlıqla təjhiz olunur. Soyuduju aqreqata buxarlandırıcı 5, kondensator 3, (şək. 33.2.b), generator, maye istilikdəyişən, absorber 2, absorberin çəni 1 və elektrik qızdırıcısı daxildir. Absorbsiyalı-diffuziyalı təsirli soyuduju aqreqat 450sm^3 miqdarda su-ammoniyak məhlulu ilə və $1,81\dots1,88 \text{ MPa}$ təzyiqqli hidrogenlə doldurulur.

Soyudujunun elektrik avadanlığı (şək. 33.2.v) NGX-1-1 tipli 75 Vt güjü olan elektrik qızdırıcısından H, T-110-5 tipli termonizamlayıcıdan T, qapının elektrik açarından, lampadan, naqıldən Ş ibarətdir.

Su-ammoniyak məhlulunun dövr etməsi termosifonla 10 yerinə yetirilir (şək. 33.3).



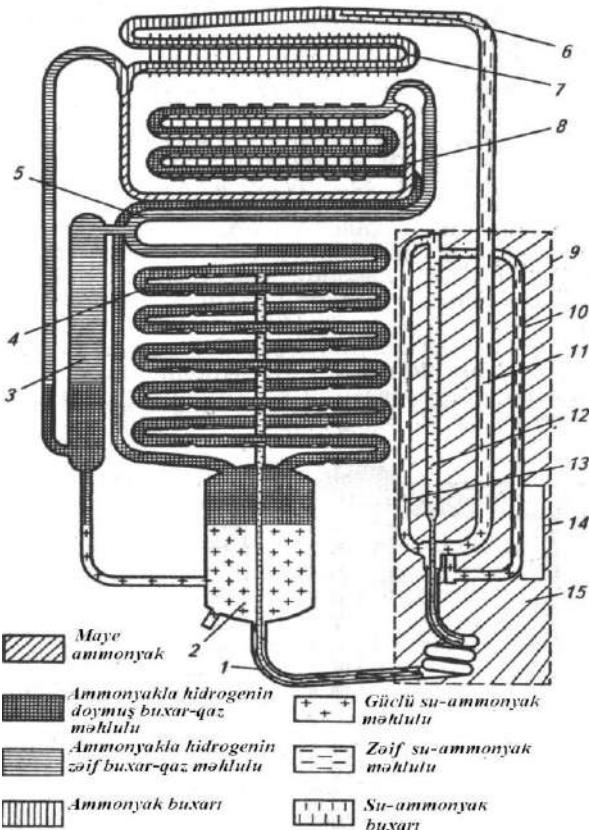
Şək. 33.2. "Morozko-3M" AŞ-30 soyudujusu:

a) kəsiyi: 1-xarici şkaf; 2-xarici örtük; 3-daxili kamera; 4-istilik izolyasiyası; 5-buxarlandırıcı; 6-qapı; 7-metal rəf; b) arxadan görünüş: 1-absorberin çəni; 2-absorber; 3-kondensator; 4-elektrik qızdırıcısı və generatorun örtüyü; v)

elektrik sxemi

Termosifon alt hissəsindən elektrik qızdırıjısı ilə qızdırılan kiçik diametrlı boru şəklində hazırlanır. Generator 9, elektrik qızdırıjısı 14, termosifon 10, zəif məhlul borusu 12 və buxar borusu 13 metal örtüklə 4 örtülür. Örtüyün istilik izolyasiyası şüşə pambıqdandır.

Soyuduju aqreqatın iş prinsipi aşağıdakı kimidir. R717-nin 33% qatılıqlı su-ammonyaq məhlulu generatorun 9 termosifonunda 10 165...175°J-yə kimi elektrik qızdırıjısı 14 ilə qızdırılır. Qaynama zamanı əmələ gələn buxar-maye məhlulu termosifonla qalxır.



Şək. 33.3. "Morozko-3M" AŞ-30 markalı soyudujunun soyuduju aqreqatı:

1-istilik dəyişən; 2-məhlul yığan; 3-hidrogen akkumlyatoru; 4-absorber; 5-regenerativ qaz istilik dəyişəni; 6-defleqmator; 7-kondensator; 8-buxarlandırıcı; 9-generator; 10-termosifon; 11-regenerator; 12-zəif məhlul borusu; 13-buxar borusu; 14-elektrik qızdırıcı; 15-istilik izolyasiyası

Termosifonun çıxışında buxar-maye məhlulundan su-ammoniyak məhlulu ayrılır, zəif su-ammoniyak məhlulu zəif məhlul borusu ilə və istilikdəyişənlə absorberə 4 verilir. Su-ammoniyak buxarı buxar borusu ilə regeneratora 11, sonra isə defleqmatorдан 6 keçərək kondensatora 7 verilir.

Qatı məhlulla soyudulma nətiyəsində regeneratorda 11 buxarin qatılığının artması baş verir. Buxarin ətraf hava ilə əlavə soyudulması, buxarin qatılığının maksimal artması üçün defleqmatorda fleqmanın əmələ gəlməsi və ondan suyun ayrılması baş verir. Ammoniyak buxarı kondensatora 7, fleqma - regeneratora 11 verilir.

Absorbsiyalı soyuduju aqreqatlarda su buxarı olan ammoniyak buxarları ətraf hava ilə soyudulması zamanı generatorda defleqmasiya prosesi baş verir. Bu zaman fleqma (qatı ammoniyak məhlulu) ammoniyak buxarından ayrılırlar, yəni buxar su qarışığından təmizlənir. Su buxarı fleqma ilə generatora qayıdır.

Ammoniyak buxarı kondensatorda kondensasiya edir. Əmələ gələn maye ammoniyak buxarlandırıcıya 8 verilir, burada buxarlanır. Buxarlanma soyuduju kameradan istiliyin udulması ilə müşayət olunur. Buxarlandırıcı və absorber arasında yüksək təzyiqli hidrogen-ammoniyak məhlulu dövr edir. Buxarlandırıcıda ammoniyak buxarı diffuziya edərək buxar-hidrogen məhluluna çevrilir.

Ammoniyak buxarı ilə doymuş buxar-hidrogen məhlulu regenerativ qaz istilikdəyişənidən 5 keçərək məhlul çəninə 2 yığılın. Maye ammoniyakın buxarlanmayan hissəsi də oraya verilir. Ammoniyakla doymuş buxar-hidrogen məhlulu hərəkət edərək absorbsiya prosesində buxarlandırıcıda alınan ammoniyakı əks istiqamətdə hərəkət edən zəif buxar-ammoniyak məhluluna verir.

Ammonyakin çox hissəsindən təmizlənərək qatılığı azalmış zəif buxar-hidrogen məhlulu buxarlandırıjıdan verilən doymuş ağır qaz məhlulu ilə çıxarılır və regenerativ istilikdəyişənə 5 verilir. Burada o, buxarandrıjıdan verilən doymuş buxar-hidrogen məhlulu ilə soyudulur. Soyumuş zəif buxar-hidrogen məhlulu buxarandrıjıya daxil olur. Absorberdə ammonyakla zənginləşmiş su-ammonyak məhlulu məhlul çəninə 2 yiğilir, sonra məhlul istilikdəyişənə 1 axaraq, burada o, generatordan qayıdan zəif su-ammonyak məhlulu ilə qızdırılır. Qızdırılmış doymuş su-ammonyak məhlulu termosifona 10 daxil olur. Soyuduju aqreqatın prosesləri fasıləsiz baş verir. Generatorda qaynama elektrik qızdırıjisindən istiliyin udulması ilə müşayət olunur, məhlul qaynayıv və su-ammonyak buxarı əmələ gəlir.

Hidrogen akkumulyatoru 3 hidrogenin və qaz şəkilli ammonyakin yiğilması üçün nəzərdə tutulur və ətraf mühitin temperaturu artdıqda soyuduju aqreqatın işini nizamlayır.

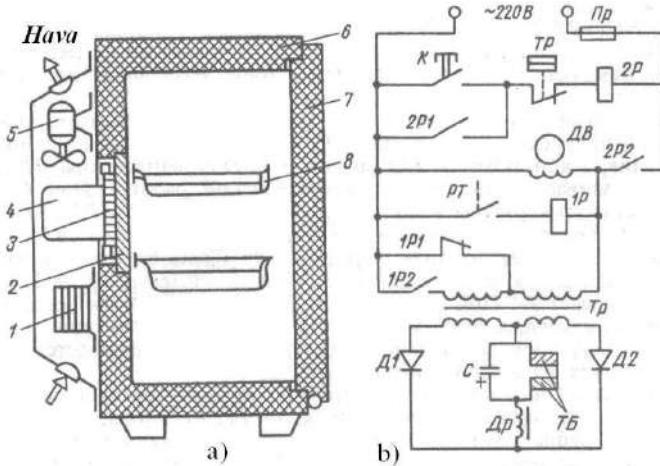
33.3. Termoelektri ki və burulğanlı soyudujular

Termoelektri ki və burulğanlı soyudujular avtomobil nəqliyyatı soyudujularında istifadə olunur. Bundan başqa kondisionerlərdə və içki soyudujularında da istifadə olunur.

Termoelektri ki soyudujulara TGX-40 "Çayka" məişət soyudujusu, XATG-12M, XATG-24 UXL4, "Xolodok", XTGP-13,8 PR avtomobil soyudujuları aiddir.

Burulğanlı soyudujulara isə TBX-15 və TBX-14 nəqliyyat soyudujuları aiddir.

Məişət tipli TGX-40 "Çayka" soyudujusu (şək.33.4) 0,8 mm qalınlığında polad vərəqdən hazırlanıb və sintetik pylonka ilə emal olunur, daxili 3 mm enində alüminium təbəqədən hazırlanıb, həjmi 40 dm^3 -dir. İstilik izolyasiyası-penopoliuretandır. Kameranın daxilində rəflər yerləşir. Qapısı aşağı açılır və stol kimi istifadə oluna bilir.



Şək. 33.4. TGX-40 "Çayka" soyudujusu:

a) kəsik: 1-T_p transformatoru; 2-istilik keçidi bloku; 3-elektrik termobatareyası TB; 4-qabırğalı radiator; 5-ventilyator; 6-izolyasiya; 7-qapı; 8-rəflər; b) elektrik sxemi

Soyudujunun arxa divarında iki elektrik batareyasından 3 ibarət olan qidalandırılmış blok yerləşir. Hər bir batareyaya ardıl olaraq 60 termoelement birləşir. Batareyalar yanında istilik keçidi blokları 2 yerləşir. Onlar batareyalarla şkafdan alınan istiliyi xarijə verir. Termoelektriki batareyalarla temasda olan səthlər anod elektrik izolyasiyalı pylonka və istilik keçirən pasta ilə örtülürlər. Radiatordan istilik ventilyatorlarla 5 çıxarılır.

Termoelektriki batareyaların elektrik qidalandırılmış bloku iki güj transformatorundan 1, iki germanium diodlarından D₁ və D₂ (D-305 tipli), drosseldən D_r, tutumu 50 mkF-a kimi olan iki kon-

densatordan və düyməli iki reledən MKU-48J ibarətdir.

TGX-40 termoelektriki soyudujunun kamerasında $2\ldots 5^{\circ}\text{J}$ temperatur saxlanılır.

K düyməsi ilə soyudujunu işə salanda aralıq relesi 2P işə düşür. 2P-1 kontaktı ilə o öz-özünə qidalanmağa keçir, 2P2 kontaktı ilə isə ventilatorun DV mühərrikini işə salır və 1P dövrəsini avtomatik işə hazırlayır. Şkafda temperatur qalxdıqda t_{sk} temperatur relesi PT 1P-i işə salır. 1P1 kontaktı ayrılır, 1P2 kontaktı isə qapanır, yəni transformatorun Tp hər iki bölməsi işə düşür. Termobatareya TB tam güjü ilə işləyir (73 kVt). $t_{sk}=2^{\circ}\text{J}$ -yə çatdıqda PT 1P-i ayırr. Bu zaman 1P2 kontaktı transformatorun bir bölməsini ayırr, 1P1 kontaktından isə yalnız bir bölmə qidalanır. Batareyanın soyutma məhsuldarlığı iki dəfə azalır, şkafda temperatur 5°J -yə kimi artır. Radiatorun temperaturu 70°J -yə çatdıqda temperatur relesi soyudujunu söndürür. Kamerada 5°J temperatur üç saatdan sonra alınır. Soyudujunun dövrəsində 2 A jərəyan qüvvəsi üçün nəzərdə tutulmuş qoruyuju quraşdırılır.

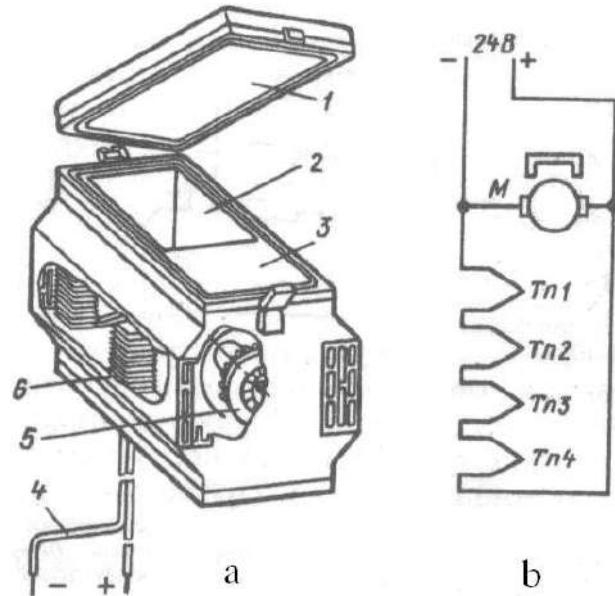
XATG-24UXL4 avtomobil soyudujusu yük maşınlarının kabinasında qurulur. O qida məhsullarının və içkilərin soyudulması və qısa müddətli saxlanması üçündür.

Soyuduju gövdədən, qapaqdan, dörd termoaqreqatdan, ventilatordan və naqildən ibarətdir(şək.33.5). Gövdə polad vərəqdən hazırlanır və süni dəri ilə örtülür. İstilik izolyasiyası penopolistroldür. Soyuduju kamera alüminiumdan hazırlanmış çəndir. Soyuduju kameranın qarşı-qarşıya olan divarlarına ardıljıl jüt termoaqreqatlar birləşir. Hər termoaqreqat termoelektriki batareyalardan və istilikdəyişəndən ibarət olan blokdir.

Elektrik jərəyanı keçdiğə termoelektriki batareyanın bir səthi isinir, o biri səthi işə soyuyur. Termobatareyaların soyuq tərəfi kameraya tərəf sixılır. İsti tərəfinə termobatareyadan istiliyi almaq üçün istilikdəyişənlər sixılır. İstilikdəyişənlər ventilatorla yaranan hava axını ilə soyudulur.

XATG-24 UXL4 soyudujusunun elektrik avadanlığı elektrik mühərrikindən M, dörd

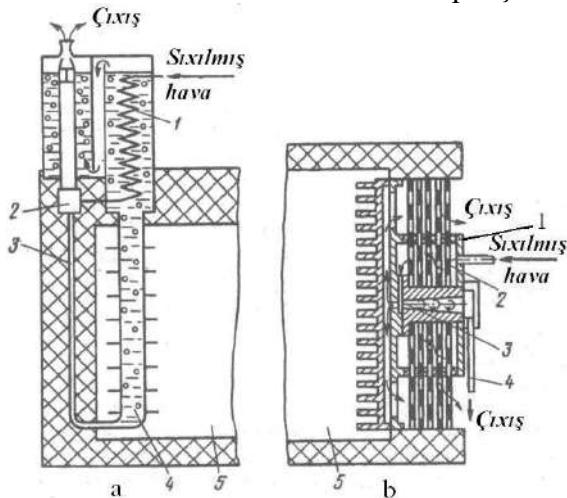
termoelektriки aqreqatlardan Tn1...Tn4 və elektrik naqilindən ibarətdir.



Şək. 33.5. XATG-24 UXL4 soyudujuusu:

- a) ümumi görünüşü: 1-qapaq; 2-soyuduju kamera; 3-gövdə; 4-elektrik naqili; 5- ventilyator; 6- termoaqreqat; b) elektrik sxemi: M- elektrik mühərriki; Tn1...Tn4- termoelektriки aqreqatlar

TBX-15 və TBX-14 burulğanlı soyudujular böyük həjmli yük daşıyan avtomobillerdə, təplovəzlarda qida məhsulları və içkiləri soyutmaq üçün istifadə olunur. Dizel qatarlarında maşinistin kabinasında, KamAZ avtomobilərinin kabinasında quraşdırılır (şək. 33.6).



Şək. 33.6. Burulğanlı nəqliyyat soyudujuları:

- a) TBX-14 soyudujusunun prinsipal sxemi: 1-sıxılmış havanın ilkin soyudulması üçün ilanvari boru; 2-burulğanlı kamera; 3-soyuq havanın keçməsi üçün kanal; 4-barbotaclı soyutma akkumlyatoru; 5-soyutma kamerası;
 b) TBX-15 soyudujusu: 1-halqalı araqatlar; 2-perforasiyalı lövhələr; 3-burulğanlı kamera; 4-isti havanı çıxaran boru; 5-soyuduju kamerası

TBX-14 və TBX-15 burulğanlı soyudujuların texniki xarakteristikaları jədvəl 33.1-də

verilmişdir.

Jədvəl 33.1

Burulğanlı nəqliyyat soyudujularının texniki xarakteristikaları

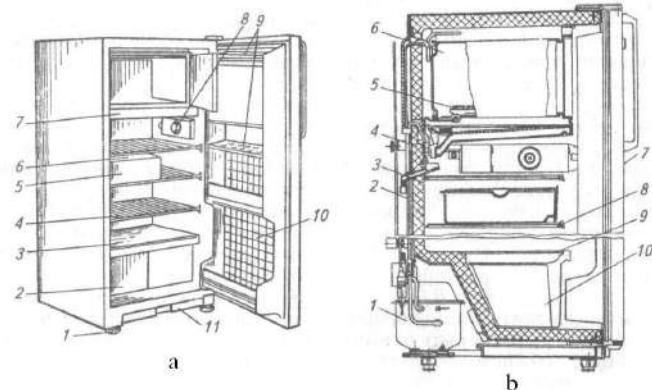
Göstərijilər	TBX-14	TBX-15
Faydalı həjmi, dm ³	14,3	15,5
Qabarit həjmi, dm ³	39,3	39,3
Kütləsi, kq	13	12
Istilik izolyasiyası	PSB-S	PPU-309
Soyuduju kameraya istilik izolyasiyasından xüsusi istilik axını, VtK	0,5	0,5
İlkin mütləq təzyiqi 0,9 MPa olan sıxılmış hava sərfi, kqsaat: fasıləsiz işdə 70 % işləmə müddətində	10,8 7,6	7,2 5,0
Kabina və soyudujuda maksimal temperatur fərqi, °J	30...32	32...36
Burulğanlı kameranın diametri, mm	5	4

33.4. "Minsk" soyudujuları

"Minsk" soyudujuları bir və iki kameralı olur. Bir kameralı soyudujulara "Minsk-212", "Minsk-212-0", "Minsk-216" və "Minsk-216-0" aiddir. Bu soyudujular oxşar konstruksiyalıdır. "Minsk-212-0" və "Minsk-216-0" R134A soyuduju agenti ilə, "Minsk-212" və "Minsk-216" R12 soyuduju agenti ilə doldurulur. Soyuduju şkaflar panel konstruksiyalıdır, daxili şkafı plastik materialdan hazırlanır. İstilik izolyasiyası kimi sərt penopoliuretan PPU 309M (R12-dən istifadə etdikdə) və ya Elastopor SH210 (R134a-dan istifadə etdikdə) materialdan istifadə olunur.

Soyuduju aqreqat germetik kompressorla (KL6-İS və ya J-KM140H5) təjhiz olunmuşdur.

Kapilyar boru soruju borunun içlerisindən keçərək regenerativ istilik mübadiləsi əmələ gətirir. Soyüdən aqreqatı R134a soyuduju agenti ilə doldurulduqda NaA-2MM-AT markalı seolitli süzgəj-qurudujandan və XFS-134 yağından istifadə olunur. "Minsk-16" KŞ-280 düzbujaqlı şkaf şəklində hazırlanır (şək. 33.7).



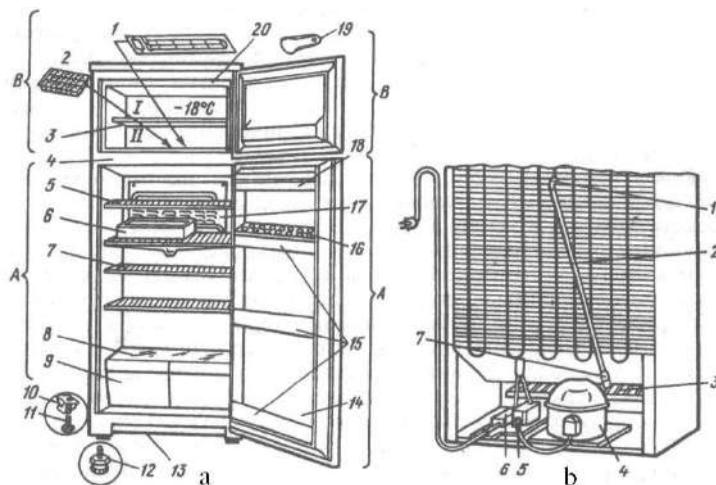
Şək. 33.7. "Minsk-16" KŞ-280 soyudujusu:

- a) ümumi görünüşü: 1-dayaq; 2-meyvə-tərəvəz üçün altlıqlar; 3-şüşə rəf; 4-metal rəf; 5-balıq üçün çən; 6-çənin qapağı; 7-altlıq; 8-termonizamlayıcının dəstəyi; 9-yumurta qabı; 10-qapı; 11-ərimiş su çəni; b) kəsiyi: 1-soyuduju aqreqat; 2-xarıji şkaf; 3-daxili kamerası; 4-istilik izolyasiyası; 5-buz üçün forma; 6-buxarlandırıcı; 7-qapı; 8-metal rəf; 9-şüşə rəf; 10-meyvə və tərəvəz üçün qab

İki kameralı "Minsk" soyudujularına "Minsk-15" və "Minsk-15M" KŞD-26045 və "Minsk-125" aiddir. Bu soyudujular düzbujaqlı formada hazırlanır (şək.33.8). Xarıji (metal) və daxili (plastmass) divarları arasına poliuretan qoyulur. Daxili şkaf üfüqi istilik izolyasiyası ilə iki hissəyə bölündür: üst

- 45 dm^3 həjmə malik aşağı temperatur hissə, alt – soyuduju hissə.

Soyuduju şkafın kameraları qapaqlarla bağlanır. Qapı rezin kipləşdiriji ilə təjhiz olunur. Şkafın arxa divarında iki temperaturlu buxarlandırıcı üçün xüsusi pənjərə yerləşir. Şkafın daxilində havanın və məhsulun soyudulması soyuduju aqreqatla yerinə yetirilir. Soyuduju aqreqat germetik kompressordan, kondensatordan, kapilyar borudan və iki temperaturlu buxarlandırıcıdan ibarətdir. Germetik sistem R12 soyuduju agentlə doldurulmuşdur.



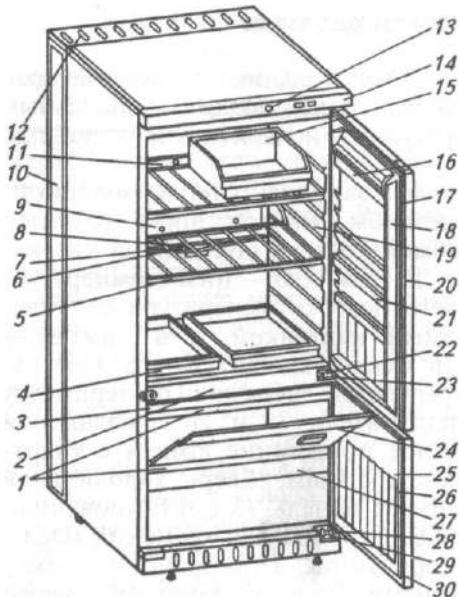
Şək. 33.8. "Minsk-15M" KSD-26045 soyudujusu:

a) ümumi görünüşü: A-soyuduju kamera; B-donduruju kamera; 1-reşotka; 2-buz üçün forma; 3-ref; 4-arakəsmə; 5-

fiqurlu rəf; 6-ət və ya balıq üçün qapaqlı çən; 7-rəf; 8-şüşə rəf; 9-meyvə və tərəvəz üçün çən; 10-diyirjək; 11-bolt; 12-qaykalı dayaq; 13-ərimiş su çəni buxarlandırıcısı; 14-qapının paneli; 15-rəflər; 16-taxma; 17-soyuduju kameranın buxarlandırıcısı; 18-çən; 19-kürək; 20-donduruju kameranın çərçivəsi; b) arxadan görünüşü: 1-qısa boru; 2-boru; 3-ərimiş su çəni buxarlandırıcısı; 4-kompressor; 5-buraxıçı qoruyuju rele; 6-klemanın qəlibi; 7-ujluq. Soyudujunun üst hissəsində aşağı temperatur kamerası, alt hissəsində soyuduju kamera yerləşir.

Soyuduju aqreqat R12 ilə işləyir. R12 soyuduju agentin miqdarı 103 ± 2 q, XF 12-16 mineral yağın miqdarı 350 qramdır. Elektrik mühərriki GDP-24, germetik kompressor XKB6-1LBU tiplidir. Kompressor dayandıqda buxarlandırıcının su damjılıarı əmələ gəlir və boru ilə ərimiş su üçün çənə 3 axır və orada buxarlanır.

İkikameralı "Minsk-125" KŞD-35080 soyudujusunun şkafı siyirtməli aralıq divarı ilə iki hissəyə bölünür: soyuduju üst hissə və aşağı temperaturlu alt hissə. Üst kamerada yuxarı temperaturlu "ağlayan" buxarlandırıcı yerləşir, alt kamerada soyuduju aqreqatın aşağı temperaturlu buxarlandırıcısı yerləşir. Hər iki kamera qapı ilə örtülür (şək. 33.9).



Şək. 33.9. "Minsk125" KSD-35080 soyudujusu:

1-buxarlandırıcı; 2-aralıq divar; 3-qab; 4-çən; 5-rəf; 6-bonka; 7-paz; 8-lotok; 9-yığma bəzək; 10,12-dayaqlar; 11-vint; 13-dəstək; 14-kronşteyn; 15,16-qablar; 17,26-kipləşdirijilər; 18,25-daxili panellər; 19-şkaf; 20,30-xarıji panellər; 21-rəf; 22,28-rəzənin oxları; 23-bolt; 24-panel; 27-zənbil; 29-məhdudlaşdırıcı

Qapıların daxili və xarıji panellərinin arası istilik izolyasiya materialı ilə – penpoliuretanla doldurulmuşdur.

Soyutma və aşağı temperatur kamerasında havanın soyuması germetik kompressordan, kapilyar borudan, kondensatordan, iki temperaturlu buxarlandırıjıdan ibarət olan soyuduju aqreqatla yerinə yetirilir.

Aşağı temperaturlu buxarlandırıjının soyuması sistemdə dövr edən soyuduju agentin drossellənməsi hesabına və onun buxarlandırıjında aşağı temperaturda qaynaması hesabına baş verir. Soyuduju kameranın buxarlandırıjisının soyuması kompressordan sorulan soyuduju agentin buxar axını hesabına baş verir. Soyudujunun kameralarında lazımlı olan temperaturun saxlanması T-132-1 termonizamlayıcı vasitəsilə yerinə yetirilir.

Kapilyar boruların tutulmasının və donmasının qarşısını almaq üçün borunun girişində süzgəj-quruduju quraşdırılır. Elektrik mühərrikinin işə salınması və onun sarıqlarının istilikdən qorunması buraxıcı-qoruyuju P4-2 tipli rele ilə yerinə yetirilir.

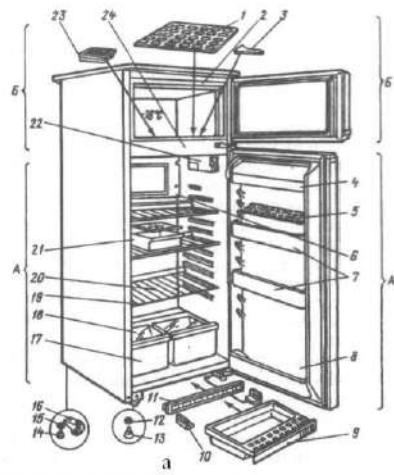
Buxarlandırıjının əriməsi prosesi avtomatik recimdə elektrik qızdırıjisının işi nətijəsində baş verir. Aşağı temperaturlu kamerada ərimə yalnız soyudujunu söndürdükdə baş verir.

33.5. "Nord" soyudujuları

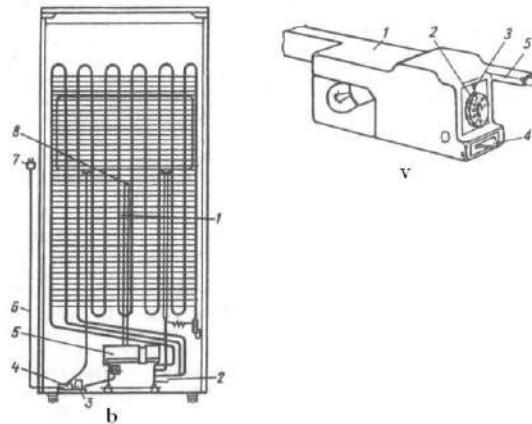
"Nord" soyudujuları şkaf şəklində hazırlanır. İstilik izolyasiyası – penopoliuretandır (PPU). Soyudujuda ərzaqların soyulması R12 və ya R134a soyuduju agent ilə işləyən germetik kompressorlu soyuduju aqreqatla yerinə yetirilir.

"Nord-416", "Nord-431", "Nord-517", "Nord-417" soyudujuları birkameralıdır. Soyudujunun üst hissəsində donduruju kamera yerləşir. Burada -12°J temperatur saxlanılır. Alt hissədə yerləşən soyuduju kamerada 5°J temperatur yaranır. Döşəmədə rahat hərəkət etməsi üçün soyuduju iki diyirjəklə təjhiz olunmuşdur.

"Nord-214-1" iki kameralı soyudujudur, ərzaqların dondurulması, saxlanması və buzun hazırlanması üçün nəzərdə tutulmuşdur (şək. 33.10).



a



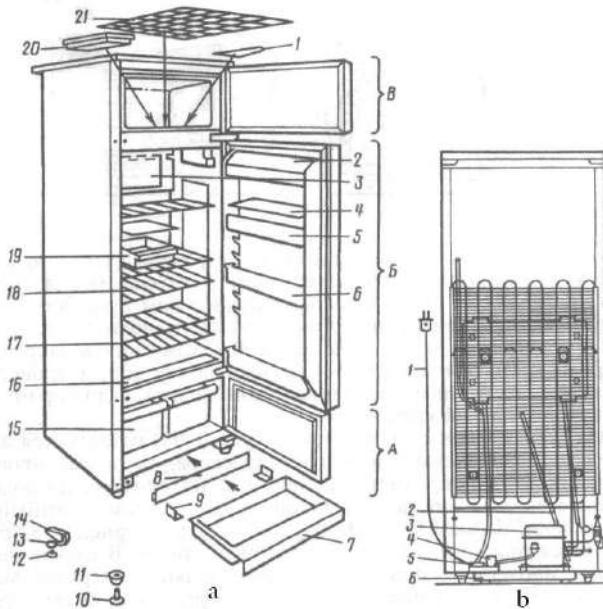
b

Şək. 33.10. "Nord-214-1" KŞD-28045 soyudujuusu:

a) ümumi görünüşü: A-soyuduju kamera; B-donduruju kamera; 1-şadara (reşotka); 2-donduruju kameranın buxarlandırıjısı; 3-kürək; 4-qapaqlı çən; 5-taxma; 6-soyuduju kameranın buxarlandırıjısı; 7-rəflər; 8-soyuduju kameranın qapısı; 9-ərimiş su çəni; 10-bujaq; 11-planka (tamasa); 12-qayka; 13-dayaq; 14, 15-boltlar; 16-diyirjek; 17-meyvə-tərəvəz çəni; 18-şüşə rəf; 19-rəfin çərçivəsi; 20-rəf; 21-qapaqlı çən; 22-jihazlar bloku; 23-buz üçün forma; 24-aralıq; b) arxadan görünüşü: 1-su çıxaran; 2-kompressor; 3-buraxılı-qoruyuju rele; 4- klemanın qəlibi; 5-ərimiş su çəni; 6-birləşdiriji naqıl; 7-çəngəl; 8-qısa boru; v) jihazlar bloku: 1-plafon; 2-termonizamlayığının dəstəyi; 3-göstəriji; 4-kamerada işığı söndürən elektrik açarı; 5-panel

Soyudujunun üst hissəsində donduruju kamera (MX), alt hissəsində isə soyuduju kamera (XK) yerləşir. Soyudujunun divarında TAM-133-1-1 termonizamlayıcı, lampa və kameranın işığını söndürən elektrik açarı olur. Donduruju kamerada avtomatik olaraq temperatur -18°J -də saxlanılır. Dondurulmuş ərzaqların sutkalıq norması 3 kq-dir. "Nord-233", "Nord-232", "Nord-240-3", "Nord-320", "Nord-239" iki kameralı soyudujuular analoci quruluşa malikdirlər və kameralarının həjminə görə fərqlənirlər.

"Nord-225" KŞT-3504545- üç kameralı soyudujudur (şək. 33.11).



Şək. 33.11. "Nord-225" KST-3504545 soyudujuusu:

a) kameraların yerləşməsi: A-meyvə-tərəvəz saxlamaq üçün kamera; B-soyuduju kamera; V-donduruju kamera: 1-kürək; 2-qapaqlı çən; 3-soyuduju kameranın buxarlandırıcı; 4-taxma; 5, 6-rəflər; 7-ərimiş su çəni; 8-planka; 9-ujluq; 10-dayaq; 11-dayağın qaykası; 12,13-boltlar; 14-diyirjək; 15-meyvə-tərəvəz çəni; 16-pərdə; 17-rəfin çərçivəsi; 18-ref; 19-qapaqlı çən; 20-buz üçün forma; 21-şadara; b) arxadan görünüşü: 1-birləşdiriji naqil; 2-su çıxaran; 3-kompressor; 4-buraxıçı qoruyuju rele; 5-klemanın qəlibi; 6-ərimiş su çəni

A kamerası meyvə-tərəvəzin saxlanması üçün, B soyuduju, V donduruju kameradır. Soyudujunun jihazlar blokunun yerləşməsi "Nord-214-1" soyudujusu ilə analocidir.

Soyudujuda bir soyuduju aqreqatdan istifadə olunur. Burada XKB-8 və ya XKB6-1M tipli kompressordan 3, GDP-125 və ya DAO-131-120 elektrik mühərrikindən, termonizamlayıcıdan (TAM-133-1-1), buraxığı qoruyuju reledən (PTK-3M-07) istifadə olunur. Buxarlandırıjinın qar örtüyü kompressorun dayanma müddətində avtomatiki əriyir. Bu zaman buxarlandırıji su damçıları ilə örtülür. Su suçixaranla ərimiş su çəninə yiğilir və hava temperaturunda buxarlanır.

"Nord-226" KŞT-3254545 üç kameralı soyuduju soyuduju (XK) kamerasından (orta temperatur 5°J), donduruju (MK) kameradan (orta temperatur -18°J) və krioskopikə yaxın (BK) kameradan (orta temperatur -3°J) ibarətdir.

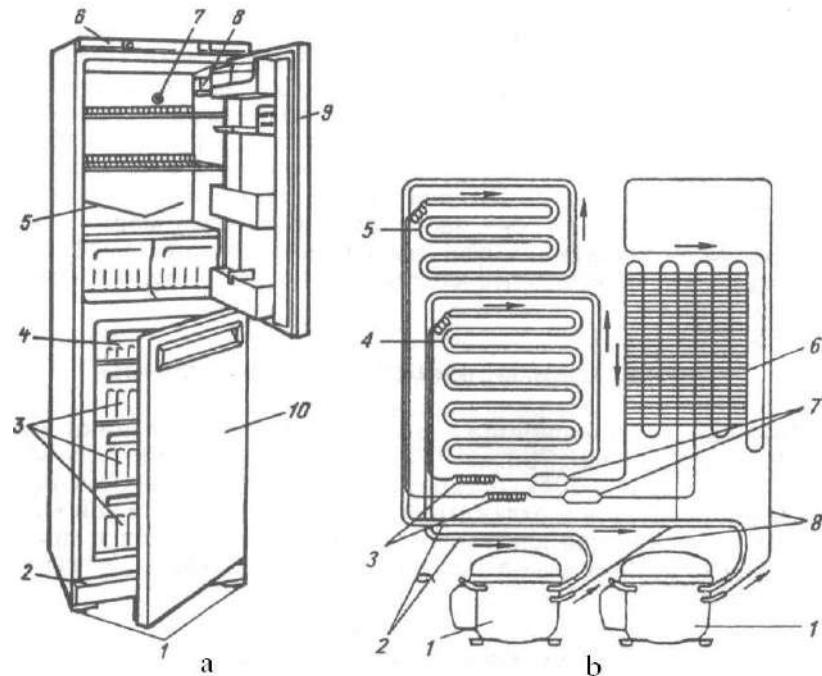
Soyuduju aqreqat "Nord-225" ilə analocidir.

33.6. "Stinol" soyuduju-dondurujuları

Məişət tipli kompressorlu "Stinol-101", "Stinol-102", "Stinol-103", "Stinol-107", "Stinol-123", "Stinol-124" və "Stinol-104" soyudujuları ərzaq məhsullarının soyuduju kamerada qısa müddətli saxlanması və donduruju kamerada ərzaqların dondurulması və uzun müddətli saxlanması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Soyuduju agent kimi R12, R134a-dan istifadə olunur. "Stinol-103" KŞMX-340200 soyuduju-donduruju iki kameralıdır (şək. 33.12). İstilik izolyasiyası materialı kimi penpoliuretandan (PPU) istifadə olunur.

Soyuduju-donduruju iki soyuduju aqreqatla təjhiz olunur. Soyuduju kameranın buxarlandırıjisini arxa divara bərkidilir. Dondurujunun buxarlandırıjisini sinklənmiş polad borudan ibarətdir və donduruju kameranın rəflərinə bərkidilir. Soyuduju kameranın buxarlandırıjisini mis borudan hazırlanır.

Soyuduju aqreqatların kompressorları metal traversdə, şkafın arxa divarında isə kondensator yerləşir. Onun borularının bir hissəsi birinji soyuduju aqreqatın sisteminə, o biri hissəsi isə ikinji sistemə daxil olur.



Şək.33.12."Stinol-103" KŞMX 340200 soyuduju-dondurujusu:

a) ümumi görünüşü: 1-nizamlanan dayaqlar; 2-dayaq; 3-dondurulmuş ərzaqların saxlanma bölməsi; 4-dondurma bölməsi; 5-su axıdan; 6-idarəetmə paneli; 7-termonizamlayığının kapilyar borusunun bərkidijisi; 8-işıqlanma bloku; 9-soyuduju kameranın qapısı; 10-donduruju kameranın qapısı; b) soyuduju aqreqatın işləmə sxemi: 1-kompressor; 2-soruju boru; 3-kapilyar boru; 4-soyuduju kameranın buxarlandırıcı; 5-donduruju kameranın buxarlandırıcı; 6-kondensator; 7-süzgəs-quruduju; 8-qovuju boru

Drossellənmə qurğusu kimi kapilyar borularından istifadə olunur. Hər iki aqreqatda quruduju-süzgəjlər nəzərdə tutulmuşqdur.

Soyuduju kameranın sağ tərəfində işıqlanma bloku, üst hissəsində işə idarəetmə paneli yerləşir. O, iki termonizamlayıcıdan və iki yaşıl siqnal lampasından ibarətdir. TH1 və TH2 termonizamlayıcılarla soyuduju aqreqatların elektrik sxemlərinə gərginlik verilir və orada lazım olan temperatur alınır.

RA1 və RA2 buraxığı relelər JO1 və JO2 kompressorlərini işə salır, onlar da sistemdə soyuduju agentin dövr etməsini təmin edir. RH1 və RH2 qoruyuju relelər kompressoru çox yüklemədən qoruyur. Soyuduju və donduruju kameralarda istənilən temperatur yarandıqda termonizamlayıcılar kompressorları söndürür.

"Stinol-104" KŞT-305 üç kameralı soyuduju-dondurujusu soyuduju, donduruju və meyvə-tərəvəzi saxlama kameralarından ibarətdir. Donduruju kamera soyudujunun üst hissəsində yerləşir və qarsız sistemlə (NoFrost) təjhiz olunur. Soyuduju kamera buxarlandırıcıdan soyudulur. Soyuduju kameranın altında meyvə-tərəvəzin saxlanması üçün kamera-konteyner olur. Kameraların soyulması iki buxarlandırılı sistemlə yerinə yetirilən soyuduju aqreqatla təmin olunur.

Donduruju kameranın radiator tipli buxarlandırıcı "NoFrost" sisteminin əsas elementidir. Buxarlandırıcı və donduruju kamera arasında havanın dövrəni hərəkətini təmin etmək üçün buxar-

landırıjının arkasında elektrik ventilyatoru yerləşir.

Hər 10...12 saatdan bir buxarlandırıcıya bərkidilən elektrik qızdırıcısı avtomatik olaraq işə düşür və buxarlandırıjinın əriməsini təmin edir.

Soyuduju aqreqatın kompressoru şkafın arxa hissəsində yerləşir. Arxa divara kondensator bərkidilir. Drossellənməni kapılıyar boruları yerinə yetirir. Sistemin təmizlənməsi və qurudulması üçün süzgəj-quruduju nəzərdə tutulur.

33.7. "Bosjh" soyudujuları

"Bosjh" (Almaniya) soyuduju və dondurujularında FJKW-dan (karbohidratın fтор-xlor birləşmələri) istifadə olunmur. Bundan başqa "Bosjh" jihazlarının 80 %-də FKW-dan (karbohidratın fтор birləşmələri) istifadə edilmir (jədvəl 33.2).

Soyudujuların rəfləri sınmayan şüshedən hazırlanır. Bəzi iki kameralı soyudujularda temperatur nizamlanması ayrı-ayrılıqda yerinə yetirilir.

Soyudujuların hamısında buxarlandırıcı arxa divarın arxa tərəfində yerləşir. Buna görə də soyuduju kameranın divarları sığallıdır. Bu da təmizləmə üçün rahatlıq yaratır. Dondurulmuş ərzaqların saxlanması kamerasında -18°J temperatur yaranır. Donduruju kamerada temperatur $-18\text{...}-24^{\circ}\text{J}$ -dir.

KSV 2802 soyudujusu – iki kameralıdır. Soyudujunun üst hissəsində donduruju kamera (60 dm^3), alt hissəsində soyuduju kamera (215 dm^3) yerləşir. Soyudujunun gövdəsinin tilləri hamarlanıb (müasir stil "soft line"). Soyuduju kameranın qapısı maqnitli bağlayıcıdır. Soyudujuda dörd metal, bir şüşə rəf nəzərdə tutulmuşdur.

KGE 3501 soyudujusu – iki kameralıdır. Üst hissəsində soyuduju kamera (237 dm^3), alt

hissəsində – donduruju kamera (90 dm^3) yerləşir. Dondurulmayı idarəetmə sistemi avtomatikidir, soyuduju kameranın işıqlandırılması halogenlidir. Soyudujuda dörd rəf nəzərdə tutulmuşdur. Donduruju kamerada dondurulmuş ərzaqları saxlamaq üçün üç siyirtməli boks yerləşir.

KGS 3702 və KGS 3202 soyudujuları – iki kameralıdır. Üst hissədə soyuduju kamera ($222 \text{ və } 187 \text{ dm}^3$), alt hissədə donduruju kamera (88 dm^3) olur. Buxarlandırıjinin əriməsi avtomatiki olub soyuduju kameralar rəflərlə təjhiz olunmuşdur.

KGS 4200 soyudujusu iki kameralı soyuduju olub soyuduju kameradan (299 dm^3) və donduruju kameradan (86 dm^3) ibarətdir. Soyuduju kameranın halogenli işıqlandırılması nəzərdə tutulur. Üç şəbəkəli rəflər ərzaqların yerləşdirilməsi üçündür. Buxarlandırıcı avtomatiki əridilir, donduruju kamerada superdondurma recimi və aktiv xəbərdarlıq sistemli avtomatik dondurma recimi nəzərdə tutulur. Dondurulmuş ərzaqların saxlanması üçün üç tutum olur.

KGU 4101 iki kameralı soyudujusunun üst hissəsində soyuduju kamera (296 dm^3), alt hissəsində donduruju kamera (89 dm^3) olub, işıqlanması halogenlidir. Buxarlandırıcı avtomatiki əridilir. Ərzaqları yiğmaq üçün dörd şadalarlı rəflər nəzərdə tutulmuşdur. Donduruju kamerada hava ilə soyudulma "NoFrost" sistemindən istifadə olunub, superdondurma reciminə malikdir. Ərzaqları saxlamaq üçün üç tutumdan ibarətdir.

KGV 3603 iki kameralı soyudujusunun üst hissəsində soyuduju kamera (230 dm^3), alt hissəsində donduruju kamera (90 dm^3) yerləşir. Soyuduju kamerada "batmış" soyuqluq generatoru (buxarlandırıcı), daxili işıqlanma və buxarlandırıjinin avtomatik əriməsi nəzərdə tutulmuşdur. Ərzaqları yiğmaq üçün dörd şadalarlı və bir şüşə rəf olur. Ərimiş suyun axıdılması nəzərə alınmışdır. Donduruju kamera ərzaq yerləşdirmək üçün üç siyirtməli həjmlə təjhiz olunmuşdur.

33.8. "Ariston" kompressorlu soyudujuları və dondurujuları

"Ariston" (İtalya) soyudujularının texniki xarakteristikası jədvəl 33.3 -də verilmişdir.

370 B Jombi soyuduju-dondurujusu iki kameralıdır. Üst hissəsində faydalı həjmi 242 dm^3 olan soyuduju kamera, alt hissəsində həjmi 128 dm^3 olan donduruju kamera yerləşir. Hər kameranın öz soyuduju aqreqatı var. İki termonizamlayıcı hər kamerada temperaturu müstəqil nizamlamağa imkan verir. Donduruju kameranın əriməsi avtomatik yerinə yetirilir. Qapılar maqnit kipləşdirililərlə təjhiz olunmuşdur.

NF 330 3T EL soyuduju-donduruju. Bu soyuduju-dondurujuda ilin dörd fəslinə müvafiq dörd iqlim zonası nəzərdə tutulmuşdur. "Qiş" zonasının həjmi 59 dm^3 , "Yaz" zonası-152, "Payız" zonası-23, "Yay" zonası -70 dm^3 -dir. Hər zonada temperaturun nizamlanması elektron sistemlə yerinə yetirilir.

"Qiş" zonasında (donduruju kamera) havanın məjburi ventilyasiyası ilə "NoFrost" sistemindən istifadə olunur ki, bu da buz bağlananın qarşısını alır. Donduruju kamerada -18°J temperatur saxlanılır. Təbii konvektiv istilikdəyişmə hesabına "Yaz" bölməsində 5°J temperatur saxlanılır. "Payız" bölməsi (temperatur 0°J) soyudujunun qalan hissəsindən tam izolyasiya olunmuşdur. Soyuq hava onu xarıjdən əhatə edir. Siyirtməli qapaq bu bölməni germetik bağlayır və bunun nəticəsində ərzaqlar öz təravətini itirmir. "Yay" bölməsində $5\dots7^\circ\text{J}$ temperatur saxlanılır. Bu bölmədə soyuq hava axını ərzaqlarla bilavasitə temasda olmur.

Cədvəl 33.2
Kamera kompressorlu soyuducuların texniki xarakteristikaları

	KSV 2802	KGS 4200	KGV 4101	KGV 3603	KGE 3501	KGS 3702	KGS 3202
	D	G	G	C	B	C	C
265	385	385	320	327	310	275	
215	299	296	230	237	222	187	
60	86	89	90	90	88	88	
kvt	526	1040	1040	529	456	558	529
ada				-18°C-dən aşağı			
				Avtomatik			
luğt,	4	15	12	9	15	15	17
arn	14	19	12	23	24	18	18
dür-	1560x550x	1870x710x	1870x710x	1860x600x	1950x600x	1860x600x	1710x600x
1	600	660	660	600	600	600	600

Cədvəl 33.3

"christon" soyadıcularının texniki xarakteristikaları (İtaliya)

RF 300 3P NL EL soyuduju-dondurujuusu üç kameralı soyudujudur. Üst hissəsində soyuduju kamera, mərkəzdə $-18\dots+3^{\circ}\text{J}$ -yə kimi temperaturu nizamlanan universal kamera (46 dm^3), alt hissəsində donduruju kamera yerləşir.

Donduruju kamerada "NoFrost" məjburı ventilyasiya sistemindən istifadə olunur. Bundan başqa elektrik energisi kəsildikdə donduruju kamerada müəyyən vaxt ərzində aşağı temperaturu saxlamaq üçün soyutma akkumulyatorları nəzərdə tutulmuşdur.

Soyuduju-donduruju temperaturu nizamlayan elektron sistemlə, qapılar isə maqnit kipləşdirijilərlə təmin olunmuşdur.

ENF 330 3T B soyudujuusu üç kameralıdır. Üç iqlim zonası və ümumi həjmi 329 dm^3 olan üç kamerası vardır. Soyuqluq sisteminin iki termonizamlayıcı olur. Buzun əriməsi və suyun çıxarılması avtomatiki yerinə yetirilir. Üstdə yerləşən donduruju kamerada $-18\dots-25^{\circ}\text{J}$ temperatur saxlanılır. Buz konteynerləri asqılı olduğundan bu da dondurmanı asanlaşdırır. Həjmi 71 dm^3 olan meyvə-tərəvəz bölməsində $5\dots12^{\circ}\text{J}$ temperatur saxlanılır.

ENF 300 NF EL soyuduju-donduruju üç kameralıdır. ENF 330 3T B modeli ilə analocidir.

Həjmi 48 dm^3 olan mərkəzi hissədə tam soyuma recimində 3°J , qismən dondurma recimində $0\dots-3^{\circ}\text{J}$ və tam dondurma recimində -18°J ("NoFrost" sistemindən istifadə etdikdə) temperatur saxlanılır. Həjmi 80 dm^3 olan donduruju kamerada havanın məjburı dövr etməli "No Frost" soyutma sistemindən istifadə olunur. Soyuduju-donduruju kamera temperaturu nizamlayan elektron sistemlə təmin olunmuşdur. Donduruju kamera pultla idarə olunur. Soyuduju kamera üst hissədə, donduruju isə alt hissədə yerləşir.

"Bombato" ERF 352X soyudujuusu iki kameralıdır. Soyuduju kamera üst, donduruju kamera isə alt hissədə yerləşir. Hər kamerasının öz soyuduju aqreqatı vardır. Soyuduju agent kimi ozon təhlükəsi olmayan agentdən istifadə olunur. Tez ərimə recimlidir.

ERF 374 soyuduјusu -iki kameralıdır. Soyuduju kamera üst, donduruju isə alt hissədə yerləşir. Burada da hər kameranın öz soyuduju aqreqatı olur, hər kameranın temperaturu ayrı-ayrılıqda nizamlanır. Buzun əriməsi və suyun çıxarılması avtomatik yerinə yetirilir.

"Bombato" EDF 335X və "Bombato" EDF 290X soyuduјuları iki kameralı olub, hər kamera öz soyuduju aqreqatı ilə təmin olunmuşdur. Avtomatik ərimə sistemlidir. Soyuduјuların gövdəsi ağ rənglidir. Soyuduјuların qapısı istənilən vaxt sağ və sol tərəfdən açıla bilər.

OK-DF 290 NF L soyuduјusu. Soyuduјunun üst hissəsində həjmi 62 dm^3 olan donduruju kamera yerləşir. Minimal dondurma temperaturu -24°J -dir. Donduruju kamerada "No Frost" sistemindən istifadə olunur. Soyuduju avtomatik olaraq əridilir. Soyuduju aqreqat ozon təhlükəsi olmayan soyuduju agentlə işləyir. Temperaturu 0°J olan soyuduju kameralar siyirtməli qapaqlı həjmlərlə təjhiz olunur.

33.9. "DAEWOO" kompressorlu soyuduјuları (Jənubi Koreya)

FR-490 soyuduјusu -iki kameralıdır. Soyuduјunun faydalı həjmi 486 dm^3 olub, üst hissəsində donduruju, alt hissəsində isə soyuduju kamera yerləşir. Avtomatik ərimə, işə salma və temperatur nizamlama sistemindən istifadə olunur. Soyuduju "No Frost" sistemi ilə təjhiz olunub, tez dondurma recimlidir. Elektron idarəetmə sistemi ilə təmin edilmişdir. İdarəetmə paneli maye kristallı displaydır. Nasazlıqlar baş verdikdə kompüter onların xarakterini təyin edir və monitora xəbər göndərir. Soyuduju kamerada işıqlandırma lampası vadır. Soyudujuya saat quraşdırılmışdır. Qabarit ölçüləri (mm): hündürlüyü 1771, eni 750, dərinliyi 640 mm-dir.

FR-540 soyuduјusu -iki kameralıdır. Faydalı həjmi 538 dm^3 olub, donduruju kamera üst,

soyuduju kamera işə alt hissədə yerləşir. Avtomatik ərimə, işə salma və temperatur nizamlama sistemi ilə təjhiz olunaraq "No Frost" sistemində işləyir.

Soyudujuda çox axınlı ventilyasiya sistemindən ("Multi Flow") istifadə olunur. Tez donma recimi nəzərdə tutulmuşdur. Soyudujunun idarə olunması yarım avtomatikdir: temperaturun nizamlanması və ərimə kompüterlə yerinə yetirilir; sistemin nasazlığı barədə xəbər verilir; qapı açıq qaldıqda siqnal səsi gəlir. Tez və ya sərfəli donma recimləri əl ilə nizamlanır. Əməliyyatlar maye kristallı displayi olan sensor (hissediji) paneli ilə yerinə yetirilir. Soyudujuya saat quraşdırılır.

Soyuduju aqreqat ozon təhlükəsi olmayan soyuduju agentlə işləyir. Kompressorun səs səviyyəsi 25 dBA-dan çox deyil, bu da nazik və möhkəm izolyatordan istifadə etməklə əldə edilir. Soyuduju kameranın elektrik işıqlanması vardır. Qabarit ölçüləri (mm): hündürlüyü 1768, eni 770 və dərinliyi 700 mm-dir.

33.10. "Beko" kompressorlu soyudujuları (*Türkiyə*)

Soyudujuların texniki xarakteristikaları jədvəl 33.4-də verilmişdir.

Jədvəl 33.4

"Beko" soyudujularının texniki xarakteristikaları

Xarakteristika	JRF-4810 "Jombi"	RRF-4760	NRF-5000	RRF-4260
Həcmi, dm ³ :				
ümumi	270	428	409	332
soyuduju kameranın	140	330	330	175
tərəvəz kamerasının	-	-	-	90
donduruju kameranın	96	90	75	67

Temperatur, °J: dondurju kamerada soyuduju kamerada orta temperatur	-24 5	-24 +5	-24 +5	-24 +5	
Ərimə sistemi		Ərimiş suyun avtomatik çıxarılması			
Qabarit ölçüləri, mm hündürlüyü eni dərinliyi	1560 600 600	1810 700 660	1810 700 660	1860 600 600	

JRF-4810 "Jombi" soyudujuusu -iki kameralıdır. Üst hissəsində həjmi 140 dm^3 olan soyuduju, alt hissəsində həjmi 96 dm^3 olan dondurju kamera yerləşir. Soyudujunun xariji idarəetmə paneli olur. Soyuduju kameranın üç rəfi olur və orada 5°J temperatur saxlanılır. Soyudujunun qapısı da rəflərlə təjhiz olunur. Dondurju kameranın üç bölməsi olub, orada -24°J temperatur saxlanılır. Buzun əriməsi və suyun çıxarılması avtomatiki yerinə yetirilir. Kameraların qapılarının dəstəkləri gövdənin qabaritlərindən kənara çıxmır. Qapının açılma istiqamətini dəyişmək mümkündür.

RRF-4760 soyudujuusu -iki kameralıdır. Üst hissədə dondurju (90 dm^3), alt hissədə soyuduju kamera (330 dm^3) yerləşir. Ərimə sistemi və suyun çıxarılması avtomatikdir. Dondurju kamera dörd temperatur recimində işləyir, ən aşağı temperatur -24°J-də olur. Soyuduju xariji idarəetmə panellidir. Qapının açılma istiqamətini dəyişmək mümkündür.

NRF-5000 soyudujuusu -iki kameralıdır. Üst hissədə həjmi 75 dm^3 olan dondurju kamera yerləşir. Burada -24°J temperatur saxlanılır. "No Frost" sistemindən istifadə olunur, tez dondurma və buz hazırlama bölmələri vardır. Soyudujunun alt hissəsində həjmi 330 dm^3 olan soyuduju kamera yerləşir. Burada orta temperatur 5°J-dir . İdarəetmə paneli xarijidir. Qapının açılma istiqamətini dəyişmək mümkündür.

mətinini dəyişmək mümkündür.

RRF-4260 soyudujusu – iki kameralıdır. Üst hissəsində həjmi 67 dm^3 olan donduruju kamera yerləşir. Burada dörd temperatur recimi saxlanılır və ən aşağı temperatur -24°J -dir. Soyudujunun orta hissəsində həjmi 175 dm^3 olan soyuduju kamera olur ki, burada orta temperatur 5°J -dir. Soyuduju kamerada dörd şüşə rəf yerləşir. Qapılar rəflərlə təjhiz olunmuşdur. Alt hissədə isə 90 dm^3 həjmə malik siyirtməli meyvə-tərəvəz kamerası vardır. Buxarlandırıjılar daxili divarın uzununa yerləşdirilmişdir. Soyuduju aqreqat avtomatik recimdə işləyir və ərimiş suyu soyudujudan kənara çıxarır. Temperatur recimləri soyudujunun xarijində yerləşən termonizamlayıcının köməyi ilə nizamlanır. Soyudujunun hər iki qapısının açılma istiqamətini dəyişmək mümkünüdür.

33.11. Soyudujularda baş verən nasazlıqlar və onların aranan qaldırılma üsulları

Buxarlandırıjinin üzərində qar örtüyü artır

Qapının kipliyi pozulmuş-
dur Qapını nizamlamaq və kipləşdirijinin
bütün perimetrdə olmasını yoxlamaq. Əgər
qapı yaxşı örtülməzsə, qapını dəyişmək

Kipləşdiriji qapıya yaxşı oturmur

Vizual müəyyən edilir Qapını nizamlamaq və kipləşdirijinin
bütün perimetrdə olmasını yoxlamaq. Əgər
qapı yaxşı örtülməzsə, qapını dəyişmək

Soyuduju kamera yaxşı soyutmur. Soyuduju fasılısız işləyir

Soyuduju aqreqatda so-
yuduju agentin qismən satorun
uçması baş verir Buxarlandırıjinin çıxış kanallarını və konden-
donmazsa və kondensator az qızarsa
yutduju agentin qismən işinməsini yoxlamaq. Kanallar

kompressorun güjünü yoxlamaq. Güj aşağı olduqda soyuduju agentin axan yerləri və səbəbinə yağı ləkələri ilə müəyyən etmək. Axının qarşısını almaq. Soyuduju aqreqatı vakuumlaşdırmaq, soyuduju agentlə doldurmaq. Axan yeri yoxdursa, deməli kapilyar boru çirkənib. Kapilyar borunu quru hava və ya soyuduju agentlə üfürmək. Aqreqatı vakuumlaşdırmaq və soyuduju agentlə doldurmaq

Soyuduju aqreqatda soyuduju agentin miqdarı azdır. Kondensator zəif isinir, elektrik mühərrikinin güyü aşağıdır (120 Vt-dan azdır)

Axmanı yoxlamaq, soyuduju agent axmırsa aqreqatı normaya qədər soyuduju agentlə doldurmaq

Buxarlandırıjıda yağı vardır. Buxarlandırıjinin qismən əriməsi orada yağın olmasını göstərir

Buxarlandırıjinin donmasını vizual yoxlamaq. Soyuduju agent axmırsa buxarlandırıjını çıxarmaq, soyuduju agentlə yumaq, şəh nöqtəsi - 60°J-dən çox olmayan hava ilə üfürmək, yerinə lehimləmək

Soyuduju kamera tam soyutmur. Soyuduju fasıləli işləyir
Termonizamlayıjinin silfon borusunun bərkimə silfon borusu buxarlan-

Termonizamlayıjinin silfon borusunun bərkimə vintlərini çəkmək

dırıcıya yaxşı bərkidil-məyib

Elektrik mühərriki işləyir, buxarlandırıcı soyutmur

Kapilyar boru çirkənlənib. Buxarlandırıcı, soruju və kapilyar borularını soyuduju işlədikdə ka-pilyar borunun giriş his-səsinin temperaturunu əl ilə yoxlamaq. Çirk-lənmə baş verdikdə ka-pilyar borunun girişinin temperaturu süzgəj-qu-rudujunun temperatu-rundan aşağı olur

Buxarlandırıcı öz-özünə əriyir

Kapilyar borunda su do-nub. Kompressor işlə-yən zaman kapilyar borunun çıkışını qızdır-dıqda buxarlandırıcıya axan soyuduju agentin şırıltılı səsi eşidiləjək

Kameranın temperaturu yüksəkdir

Kompressor nasazdır. Kompressoru dəyişmək Kompressorun soyutma məhsuldarlığı kifayət etmir, kondensatorun

temperaturu artır.
Soyuduju fasıləsiz
işləyir və ya normal
temperaturda iş vaxtı
əmsali artıqdır

Elektrik mühərriki səs edir və işə salınmur

Kompressor kiplənmiş- Kompressoru dəyişmək, gərginliyi yoxlamaq.
dir. Şəbəkənin gərginli- Gərginlik 187...242 V arasında olmalıdır
yi aşağıdır

Buraxıcı-qoruyuju rele Saz rele ilə kompressoru işə salmaq. Əgər işə
nasazdır düşürsə, releni dəyişmək

Kompressorun elektrik Kompressoru dəyişmək
mühərriki nasazdır

Kompressor işə düşmür və ya pis işə düşür

Kompressorun elektrik Yuxarıdakı kimi
mühərrikinin işə salma
momenti aşağıdır, bura-
xış jərəyanı normadan
aşağıdır

Elektrik dövrəsində qı- Dövrənin elektrik sxeminə uyğun olmasını
rıq vardır yoxlamaq. Elektrik naqillərini təmir etmək

Buraxıcı qoruyuju rele Buraxıcı-qoruyuju releni dəyişmək
nasazdır

Termonizamlayıcı nasaz-
dır Kompressorun elek-
trik mühərriki nasazdır
və ya kompressorun
sürtünən jütü kipləşir

Elektrik energisinin sərfi yüksəkdir

Soyuduju aqreqat sistemində hava vardır

Soyuduju aqreqatın sistemindən soyuduju agenti kənarlaşdırmaq, aqreqatı vakuumlaşdırmaq, soyuduju agentlə doldurmaq

Soyuduju qızdırıcı jihaz-
lara yaxın yerləşir. Şka-
fin arxa divarı ilə hava
dövr etmir

Qapı örtüldükdə işıqlan-
dırıcı lampa sönmür

Termonizamlayıcı
nasazdır

Saz termonizamlayıcı birləşdirib iş vaxt əmsalının fərqlərini müqayisə etmək, termonizamlayıcı nasaz olduqda onu yenisi ilə əvəz etmək

Soyuduju aqreqatda soyuduju agentin miqdarı
kifayət qədər deyil

Aqreqatın soyutma Kompressorun istifadə güjünü yoxlamaq. La-

məhsuldarlığı kifayət züm gəldikdə kompressoru dəyişmək qədər deyil

Kompressorun hərəkət edən hissələrinin sürtünməsi artıqdır Kompressorun örtüyünün temperaturu 90°J-yə kimi artdıqda, soyudujunu işə saldıqdan 5...8 dəqiqə sonra istifadə edilən güjü ölçmək. Güjün 200 Vt-dan çox olması sürtünmənin artmasına işarə edir. Kompressoru dəyişmək

Elektrik mühərrikinin sariqlararası qapanması baş verir Kompressoru dəyişmək

Sistem qismən çirkənləib Çirkənmə baş verdikdə kapilyar borunun girişində temperatur süzgəj-quruduğusunun temperaturundan aşağı olur. Süzgəj-quruduğusunu dəyişmək, amma bundan əvvəl kapilyar borunun süzgəj-quruduğusuna birləşən hissəsini 100...150 mm qisaltmaq və ya buxarlandırıjını tam dəyişmək

Qapının kipliyi pozulub Nasazlığı aradan qaldırmaq

Termonizamlayıcı silfonun borusu və buxarlanğırı arasındaki kontaktı kifayət qədər deyil Termonizamlayıcı silfonun borusunun bərkitmə vintlərini çəkmək

Kompressorun elektrik mühərrikinin istifadə et- Sistemdə hava yoxdursa, istifadə olunan güj 150 Vt-dan çox olmur. Göstərijilər yuxarı ol-

diyi güjü artıqdır duqda kompressororu dəyişmək

Düyməni basdıqda ərimə sistemi işə düşmür

Ərimənin idarəetmə Elektrik sxemi ilə müvafiq dövrəni yoxlamaq
dövrəsində qırıq olur və qüsuru aradan qaldırmaq

İşçi tsiklin əvvəlində kompressorun örtüyündə metal səslərin olması
Kompressorda sürtünən Kompressoru dəyişmək
jütlərin işlənməsi

Yüksək səsin olması, titrəmələr

Borular bir-birinə dəyir Boruların soyuduju şkafla, kondensatorla və ya
öz aralarında bir-birinə dəyməsini müəyyən etmək və ehtiyatla borunu əyərək nasazlığı
aranan qaldırmaq

*Kompressoru söndürdükdən sonra da örtüyün daxilində davam edən
fişiltili səslərin olması*

Kompressorun örtüyü- Kompressoru dəyişmək
nün daxilində qovma
qısa borusunun sızması
və ya qovuju klapanın
kip oturmaması

Soyuduju işə düşmür

Elektrik naqili düzgün Elektrik sxeminə uyğun olaraq elektrik dövrə-
yığılmayıb sini yoxlamaq və qüsuru aradan qaldırmaq

Qapı açıldıqda soyuduju kamerasda işıq yanmır

Lampa yanıb
Elektrik naqılı qopub
Elektrik açarı nasazdır

Lampanı dəyişmək
Qüsürü aradan qaldırmaq
Kontaktları yoxlamaq, lazım gəldikdə elektrik
açarını dəyişmək

Quru doymuş su buخارı (temperatur üzrə)

<i>t</i>	<i>p</i>	<i>v'</i>	<i>v''</i>	<i>i'</i>	<i>i''</i>	<i>r</i>	<i>s'</i>	<i>s''</i>
0	0,006228	0,0010002	206,3	0	597,3	597,3	0	2,1865
1	0,006695	0,0010001	192,6	1,01	597,7	596,7	0,0037	2,1802
2	0,007193	0,0010001	172,9	2,01	598,2	596,2	0,0073	2,1739
3	0,007724	0,0010001	168,2	3,02	598,6	595,6	0,0109	2,1677
4	0,008289	0,0010001	157,3	4,02	599,1	595,1	0,0146	2,1615
5	0,008891	0,0010001	147,2	5,03	599,5	594,5	0,0182	2,1554
6	0,009532	0,0010001	137,8	6,03	599,9	593,9	0,0218	2,1493
7	0,010210	0,0010001	129,1	7,03	600,4	593,4	0,0254	2,1433
8	0,010932	0,0010002	121,0	8,04	600,8	592,8	0,0290	2,1373
9	0,011699	0,0010003	113,4	9,04	601,3	592,3	0,0326	2,1314
10	0,012514	0,0010004	106,42	10,04	601,7	591,7	0,0361	2,1256
15	0,017377	0,0010010	77,97	15,04	603,9	588,9	0,0536	2,0972
20	0,02383	0,0010018	57,84	20,04	606,0	586,0	0,0708	2,0699
25	0,03229	0,0010030	43,40	25,03	608,2	583,2	0,0877	2,0438
30	0,04325	0,0010044	32,93	30,02	610,4	580,4	0,1043	2,0188
35	0,05733	0,0010061	25,24	35,01	612,6	577,6	0,1206	1,9948
40	0,07520	0,0010079	19,55	40,01	614,7	574,7	0,1367	1,9719
45	0,09771	0,0010099	15,28	45,00	616,8	571,8	0,1525	1,9499
50	0,12578	0,0010121	12,04	49,99	619,0	569,0	0,1681	1,9287
55	0,1605	0,0010145	9,578	54,98	621,1	566,1	0,1834	1,9084
60	0,2031	0,0010171	7,678	59,98	623,2	563,2	0,1985	1,8889
65	0,2550	0,0010199	6,201	64,98	625,2	560,2	0,2134	1,8701
70	0,3178	0,0010228	5,045	69,98	627,3	557,3	0,2281	1,8521
75	0,3931	0,0010258	4,133	74,99	629,3	554,3	0,2426	1,8347

80	0,4829	0,0010290	3,408	80,00	631,3	551,3	0,2568	1,8180
85	0,5894	0,0010324	2,828	85,02	633,3	548,3	0,2709	1,8018
90	0,7149	0,0010359	2,361	90,04	635,2	545,2	0,2848	1,7862
95	0,8619	0,0010396	1,982	95,07	637,2	542,1	0,2986	1,7712
100	1,0332	0,0010435	1,673	100,10	639,1	539,0	0,3122	1,7566
105	1,2318	0,0010474	1,419	105,14	640,9	535,8	0,3256	1,7426
110	1,4609	0,0010515	1,210	110,19	642,8	532,6	0,3388	1,7289
115	1,7239	0,0010558	1,036	115,25	644,6	529,4	0,3519	1,7157
120	2,0245	0,0010603	0,8917	120,3	646,4	526,1	0,3649	1,7029
125	2,3666	0,0010649	0,7704	125,4	648,1	522,7	0,3777	1,6905
130	2,7544	0,0010697	0,6683	130,5	649,8	519,3	0,3904	1,6784
135	3,192	0,0010747	0,5820	135,6	651,4	515,8	0,4029	1,6667
140	3685	0,0010798	0,5087	140,7	653,0	512,3	0,4154	1,6553
145	4,237	0,0010851	0,4461	145,8	654,5	508,7	0,4277	1,6442
150	4,854	0,0010906	0,3926	151,0	656,0	505,0	0,4399	1,6333

Əlavə 1-in davamı

155	5,540	0,0010962	0,3466	156,2	657,5	501,3	0,4520	1,6227
160	6,302	0,0011021	0,3068	161,3	658,7	497,4	0,4640	1,6124
165	7,146	0,0011081	0,2725	166,5	666,0	493,5	0,4759	1,6022
170	8,076	0,0011144	0,2426	171,8	661,3	489,5	0,4877	1,5923
175	9,101	0,0011208	0,2166	177,0	662,4	485,4	0,4994	1,5825
180	10,225	0,0011275	0,1+39	182,3	663,6	481,3	0,5110	1,5730
185	11,456	0,0011344	0,1739	187,6	664,6	477,0	0,5225	1,5636
190	12,800	0,0011415	0,1564	192,9	665,5	472,6	0,5340	1,5543
195	14,265	0,0011489	0,1409	198,2	666,3	468,1	0,5454	1,5452
200	15,857	0,0011565	0,1272	203,6	667,1	463,5	0,5567	1,5362
205	17,585	0,0011644	0,1151	209,0	667,7	458,7	0,5679	1,5273

210	19,456	0,0011726	0,1043	214,4	668,3	453,9	0,5791	1,5185
215	21,477	0,0011812	0,09465	219,9	668,8	448,9	0,5903	1,5098
220	23,659	0,0011900	0,08606	225,4	669,1	443,7	0,6014	1,5011
225	26,007	0,0011992	0,07837	230,9	669,3	438,4	0,6124	1,4925
230	28,531	0,0012087	0,07147	236,5	669,5	433,0	0,6234	1,4840
235	31,239	0,0012187	0,06527	242,2	669,7	427,5	0,6344	1,4756
240	34,140	0,0012291	0,05967	247,8	669,5	421,7	0,6454	1,4671
245	37,244	0,0012399	0,05462	253,0	669,4	415,8	0,6563	1,4587
250	40,56	0,0012512	0,05006	259,3	669,0	409,7	0,6672	1,4503
255	44,10	0,0012631	0,04591	265,2	668,5	403,3	0,6782	1,4418
260	47,87	0,0012755	0,04215	271,1	667,9	396,8	0,6891	1,4334
265	51,87	0,0012886	0,03872	277,1	667,3	390,2	0,7000	1,4249
270	56,14	0,0013023	0,03560	283,1	666,3	383,2	0,7109	1,4163
275	60,66	0,0013168	0,03274	289,2	665,2	376,0	0,7219	1,4077
280	65,46	0,0013321	0,03013	295,4	663,9	368,5	0,7328	1,3990
285	70,54	0,0013483	0,02774	301,7	662,4	360,7	0,7439	1,3902
290	75,92	0,0013655	0,02554	308,1	660,7	252,6	0,7550	1,3812
295	81,60	0,0013839	0,02351	314,6	658,8	344,2	0,7662	1,3720
300	87,61	0,0014036	0,02164	321,2	656,6	335,4	0,7774	1,3626
305	93,95	0,001425	0,01992	328,0	654,2	326,2	0,7888	1,3530
310	100,64	0,001447	0,01832	334,9	651,4	316,5	0,8003	1,3431
315	107,69	0,001472	0,01683	342,0	648,3	306,3	0,8120	1,3328
320	115,12	0,001499	0,01545	349,2	644,9	295,7	0,8239	1,3221
325	122,95	0,001529	0,01417	356,7	641,0	284,3	0,8360	1,3111
330	131,18	0,001562	0,01297	364,5	636,7	272,2	0,8484	1,2996
335	139,85	0,001599	0,01184	372,5	631,8	259,3	0,8612	1,2875
340	148,96	0,001639	0,01078	380,9	626,2	245,3	0,8743	1,2745

345	158,54	0,001686	0,009771	389,8	619,9	230,1	0,8881	1,2604
350	168,63	0,001741	0,008805	399,2	612,5	213,3	0,9025	1,2448
355	179,24	0,001807	0,007869	409,4	603,6	194,2	0,9181	1,2273

Əlavə 1-in davamı

360	190,42	0,001894	0,006943	420,7	592,6	171,9	0,9354	1,2069
365	202,21	0,00202	0,00599	434,1	578,2	144,1	0,9556	1,1814
370	214,68	0,00222	0,00493	452,0	556,7	104,7	0,9825	1,1453
371	217,26	0,00229	0,00468	456,8	550,5	93,7	0,9898	1,1352
372	219,88	0,00238	0,00440	462,6	542,9	80,3	0,9986	1,1230
373	222,53	0,00251	0,00405	470,3	532,6	62,4	1,0102	1,1067
374	225,22	0,00280	0,00347	485,3	512,7	27,4	1,0332	1,0755

Kritik parametrlər

- Temperatur 374,15°J
 Təzyiq 225,65 kQsm⁻²
 Həjm 0,0031 m³kq.

Quru doymuş su buخارı (təzyiq üzrə)

<i>p</i>	<i>t</i>	<i>v'</i>	<i>v''</i>	<i>i'</i>	<i>i''</i>	<i>r</i>	<i>s'</i>	<i>s''</i>
0,010	6,698	0,0010001	131,6	6,73	600,2	593,5	0,0243	2,1451
0,020	17,204	0,0010013	68,25	17,25	604,9	587,6	0,0612	2,0851
0,030	23,772	0,0010027	46,52	23,81	607,8	584,0	0,0835	2,0501
0,040	28,641	0,0010040	35,46	28,67	609,8	581,1	0,0998	2,0255
0,050	32,55	0,0010052	28,72	32,57	611,5	578,9	0,1126	2,0065
0,060	35,82	0,0010063	24,19	35,83	612,9	577,1	0,01232	1,9909
0,070	38,66	0,0010074	20,91	38,67	614,1	575,4	0,1324	1,9779
0,080	41,16	0,0010084	18,45	41,16	615,2	574,0	0,1404	1,9667
0,090	43,41	0,0010093	16,50	43,41	616,1	572,7	0,1475	1,9568
0,10	45,45	0,0010101	14,95	45,45	617,0	571,6	0,1539	1,9480
0,20	59,67	0,0010169	7,789	59,65	623,1	563,4	0,1975	1,8902
0,30	68,68	0,0010220	5,324	68,66	626,8	558,1	0,2242	1,8568
0,40	75,42	0,0010261	4,066	75,41	629,5	554,1	0,2438	1,8333
0,50	80,86	0,0010296	3,299	80,86	631,6	550,7	0,2592	1,8152
0,60	85,45	0,0010327	2,782	85,47	633,5	548,0	0,2722	1,8004
0,70	89,45	0,0010355	2,408	89,49	635,1	545,6	0,2833	1,7879
0,80	92,99	0,0010381	2,125	93,05	636,4	543,3	0,2931	1,772
0,90	96,18	0,0010405	1,903	96,26	637,6	541,3	0,3018	1,7677
1,0	99,09	0,0010428	1,725	99,19	638,8	539,6	0,3097	1,7593
1,5	110,79	0,0010522	1,181	110,99	643,1	532,1	0,3409	1,7268
2,0	119,62	0,0010600	0,9018	119,94	646,3	526,4	0,3639	1,7039
3,0	132,88	0,0010726	0,6169	133,4	650,7	517,3	0,3976	1,6717
4,0	142,92	0,0010829	0,4709	143,7	653,9	510,2	0,4226	1,6488
5,0	151,11	0,0010918	0,3817	152,1	656,3	504,2	0,4426	1,6309

6,0	158,08	0,0010998	0,3214	159,3	658,3	498,9	0,4594	1,6164
7,0	164,17	0,0011071	0,2778	165,7	659,9	494,2	0,4738	1,6039
8,0	169,61	0,0011139	0,2448	171,4	661,2	489,8	0,4868	1,5931
9,0	174,53	0,0011202	0,2189	176,5	662,3	485,8	0,4983	1,5834
10,0	179,04	0,0011262	0,1980	181,3	663,3	482,1	0,5088	1,5748
12,0	187,08	0,0011373	0,1663	189,8	664,9	475,1	0,5273	1,5597
14,0	194,13	0,0011476	0,1434	197,3	666,2	468,9	0,5434	1,5468
16,0	200,43	0,0011572	0,1261	204,0	667,1	463,1	0,5577	1,5354
18,0	206,14	0,0011662	9,1125	210,2	667,8	457,6	0,5705	1,5253
20,0	211,38	0,0011749	0,1015	215,9	668,5	452,6	0,5822	1,5161
24,0	220,75	0,0011914	0,08486	226,2	669,2	443,0	0,6031	1,4998
26,0	224,99	0,0011992	0,07838	230,9	669,4	438,5	0,6124	1,4925
28,0	228,98	0,0012067	0,07282	235,4	6690,5	434,1	0,6212	1,4857
30,0	232,76	0,0012142	0,06797	239,6	669,6	430,0	0,6295	1,4794
35,0	241,42	0,0012321	0,05819	249,5	669,5	420,0	0,6485	1,4647

Əlavə 2-nin davamı

40,0	249,18	0,0012493	0,05077	258,4	669,0	410,6	0,6654	1,4517
50,0	262,70	0,0012825	0,04026	274,3	667,5	393,2	0,6950	1,4288
60,0	274,29	0,0013147	0,03313	288,3	665,4	377,1	0,7203	1,4089
70,0	284,48	0,0013466	0,02798	301,0	662,6	361,6	0,7428	1,3911
80,0	293,62	0,0013787	0,02405	312,8	659,3	346,5	0,7631	1,3745
90,0	301,92	0,0014115	0,02096	323,8	655,7	331,9	0,7818	1,3587
100,0	309,53	0,0014453	0,01846	334,2	651,7	317,5	0,7992	1,3440
110,0	316,58	0,001480	0,01638	344,2	647,2	303,0	0,8158	1,3294
120,0	323,15	0,001517	0,01463	353,9	642,5	288,6	0,8315	1,3151
130,0	329,30	0,001557	0,01313	363,4	637,2	273,8	0,8467	1,3012
140,0	335,09	0,001600	0,01182	372,7	631,7	259,0	0,8614	1,2873

150,0	340,56	0,001644	0,01066	381,9	625,6	243,7	0,8758	1,2728
160,0	345,74	0,001693	0,009625	391,1	618,9	227,8	0,8901	1,2580
170,0	350,66	0,001748	0,008681	400,4	611,5	211,1	0,9045	1,2422
180,0	355,35	0,001812	0,007803	410,1	602,8	192,7	0,9192	1,2257
190,0	359,82	0,001890	0,00697	420,4	593,0	172,6	0,9347	1,2074
200,0	364,08	0,001987	0,00618	431,3	581,4	150,1	0,9514	1,1848
210,0	368,16	0,00213	0,00535	444,5	565,9	121,4	0,9713	1,1606
220,0	372,1	0,00238	0,00436	463,0	542,3	79,3	0,9993	1,1214
222,0	372,8	0,00247	0,00412	468,0	535,4	67,3	1,0070	1,1095
224,0	373,6	0,00267	0,00373	479,0	524,7	45,7	1,0240	1,0880

Əlavə 3

Materialın adı	$\gamma, \text{ kQm}^3$ ilə	$t, {}^\circ\text{J}$ ilə	$\lambda, \text{ kkalm-saat}$ ${}^\circ\text{J}$ ilə	$J \text{ kkalkq}$ ${}^\circ\text{J}$ ilə	$a \cdot 10^3$ m^2saat ilə
Izolyasiya, tikinti və digər materiallar					
Asbest (vərəqə)	770	30	0,10	0,195	0,712
Asbest (lifli)	470	50	0,095	0,195	1,04
Asfalt	2110	20	0,60	0,50	0,57
Beton	2300	20	1,10	0,27	1,77
Qum (quru)	1500	20	0,28	0,19	9,85
Qum (nəm)	1650	20	0,07	0,50	1,77
Qar	560	-	0,40	0,50	1,43
Gön	1000	30	0,137	-	-
Daş kömür	1400	20	0,16	0,312	0,37
Ərp (buxar qazanı)	-	65	1,3-2,70	-	-
Zonolit	200	100	0,085	-	-
Keçə	330	30	0,045	-	-
Kərpij (izolyasiya)	550	100	0,12	-	-
Kərpij (tikinti)	800-1500	20	0,20-0,25	-	-
Kərpij (korborund)	1000	-	9,7	0,162	6,0
Gil (odadavamlı)	1845	450	0,89	0,26	1,855
Gips	1650	-	0,25	-	-
Linoleum	1180	20	0,16	-	-
Portland-sement	1900	30	0,26	0,27	0,506
Palid ağajı liflərə II	800	20	0,178	0,42	0,53
Palid ağajı liflərə I	800	20	0,312	-	-
Rezin	1200	0	0,14	0,33	0,353

Slüda	290	-	0,5	0,21	8,2
Sovelit	450	100	0,084	-	-
Torpaq (quru)	1500	-	0,119	-	-
Torpaq (nəm)	1700	-	0,565	0,48	0,693
Çinqıl	1840	20	0,31	-	-
Şüşə	2500	20	0,64	0,16	1,6
Şüşə pambığı	200	0	0,032	0,16	1,0
Şlak pambığı	250	100	0,06	-	-
Şam ağıjı liflərə II	448	20	0,092	-	-
Şam ağıjı liflərə I	448	20	0,22	-	-
Metallar					
Aliminum	2670	0	175,0	0,22	328,0
Bürünj	8000	20	55,0	0,091	75,0
Qalay	7230	0	55,0	0,054	141
Gümüş	10500	0	394	0,056	670,0

Əlavə 3-ün davamı

Mis	8800	0	330,0	0,091	412,0
Nikel	9000	20	50,0	0,11	50,5
Polad	7900	20	39,0	0,11	45,0
Tunj	8600	0	73,5	0,090	95,0
Çuqun	7220	20	54,0	0,12	62,5
Jivə	13600	0	6,8	0,033	15,3

Ammonyakin doymuş buxarlarının parametrləri (NH_3)

Temperat tur. $^{\circ}\text{C}$	Mütləq təzyiq, P		Xüsusi həcm		Sixlıq		Entalpiya				Buxarəmələğərtirme istiliyi, r	
							Mayenin i'		Buxarin i''			
	MN/m ²	Kq/sm ²	Mayedə v' dm ³ /kq	Buxarda $v''\text{m}^3/\text{kq}$	Mayenin ρ' kq/m ³	Buxarin ρ'' kq/m ³	KCoul/kq	Kkal/kq	KCoul/kq	Kkal/kq	KCoul/kq	Kkal/kq
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-60	0,02190	0,2233	1,4010	4,699	713,8	0,2128	150,7	36,0	1591,0	380,0	1440,3	344,0
-54	0,03209	0,3272	1,4150	3,288	706,7	0,3041	176,7	42,2	1601,5	382,5	1424,8	340,3
-50	0,04087	0,4168	1,4245	2,623	702,0	0,3812	193,9	46,3	1608,1	384,1	1414,3	337,8
-48	0,04595	0,4686	1,4293	2,351	699,6	0,425	202,6	48,4	1611,5	384,9	1409,3	336,6
-46	0,05154	0,5256	1,4342	2,112	697,2	0,473	211,0	50,4	1614,9	385,7	1403,8	335,3
-44	0,05709	0,5822	1,4392	1,901	694,8	0,526	219,8	52,5	1618,2	386,5	1398,4	334,0
-42	0,06441	0,6568	1,4442	1,715	692,4	0,583	228,6	54,6	1621,6	387,3	1392,9	332,7
-40	0,07177	0,7318	1,4493	1,550	690,0	0,645	237,8	56,8	1624,9	388,1	1387,1	331,3
-39	0,07569	0,7719	1,4519	1,4752	688,8	0,678	242,1	57,82	1626,4	388,49	1384,4	330,67
-38	0,07798	0,8137	1,4545	1,4045	687,5	0,712	240,9	58,88	1628,2	388,88	1381,6	329,99
-37	0,08407	0,8573	1,4571	1,3377	686,3	0,748	251,0	59,94	1629,7	389,27	1378,4	329,31
-36	0,08853	0,9028	1,4597	1,2746	685,1	0,785	255,4	61,01	1631,4	389,65	1375,9	328,63
-35	0,09319	0,9503	1,4623	1,2151	683,9	0,823	254,0	62,08	1633,0	390,03	1373,1	327,95
-34	0,09806	0,9999	1,4649	1,1589	682,6	0,863	264,4	63,15	1634,6	390,41	1370,2	327,26
-33	0,10312	1,0515	1,4676	1,1058	681,4	0,905	268,8	64,21	1636,2	390,79	1367,3	326,57
-32	0,10838	1,1052	1,4703	1,0555	680,1	0,948	273,3	65,28	1638,1	391,17	1364,4	325,88
-31	0,11386	1,1610	1,4730	1,0080	678,9	0,992	277,8	66,35	1639,2	391,54	1361,5	325,19

Əlavə 4-ün davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-30	0,11954	1,2190	1,4757	0,9630	677,7	1,038	282,2	67,42	1640,8	391,91	1358,6	324,49
-29	0,12543	1,279	1,4784	0,9204	676,4	1,086	286,8	68,49	1642,4	392,28	1355,6	323,79
-28	0,13160	1,342	1,4811	0,8801	675,2	1,136	291,2	69,56	1644,0	392,64	1352,7	323,08
-27	0,13798	1,407	1,4739	0,8418	673,9	1,188	295,7	70,63	1645,4	393,00	1349,7	322,37
-26	0,14465	1,475	1,4867	0,8056	672,6	1,242	300,2	71,71	1646,9	393,36	1346,7	321,66
-25	0,15163	1,546	1,4895	0,7712	671,4	1,297	304,7	72,78	1648,4	393,72	1343,7	320,94

-24	0,15877	1,619	1,4923	0,7386	670,1	1,354	309,2	73,86	1649,9	394,07	1340,8	320,22
-23	0,16622	1,695	1,4951	0,7076	668,8	1,413	313,7	74,93	1651,3	394,42	1337,6	319,49
-22	0,17397	1,774	1,4980	0,6782	667,6	1,474	318,2	76,01	1652,9	394,77	3334,6	318,76
-21	0,18201	1,856	1,5008	0,6502	666,3	1,538	322,8	77,09	1654,3	395,12	1331,5	318,03
-20	0,19025	1,940	1,5037	0,6235	665,0	1,604	327,3	78,17	1655,7	395,46	1328,4	317,29
-19	0,19878	2,027	1,5066	0,5983	663,7	1,672	331,8	79,25	1657,2	395,80	1325,3	316,55
-18	0,20763	2,117	1,5096	0,5742	662,4	1,742	336,3	80,33	1658,5	396,13	1322,2	315,80
-17	0,21683	2,211	1,5125	0,5513	661,1	1,814	340,8	81,41	1659,9	396,46	1319,1	315,05
-16	0,22543	2,309	1,5155	0,5295	659,8	1,889	345,4	82,50	1661,1	396,79	1315,8	314,29
-15	0,23634	2,410	1,5185	0,5087	658,5	1,966	350,0	83,59	1662,7	397,12	1312,7	313,53
-14	0,24654	2,514	1,5215	0,4889	657,2	2,046	353,7	84,68	1664,0	397,44	1309,5	312,76
-13	0,25704	2,621	1,5245	0,4700	655,9	2,128	359,1	85,76	1665,3	397,75	1306,2	311,99
-12	0,26792	2,732	1,5276	0,4520	654,6	2,213	363,6	86,85	1666,6	398,06	1303,0	311,21
-11	0,27920	2,847	1,5307	0,4348	653,3	2,300	368,2	87,94	1667,9	398,37	1299,7	310,43
-10	0,29087	2,966	1,5338	0,4184	652,0	2,390	372,7	89,03	1669,2	398,67	1296,4	309,64
-9	0,30293	3,089	1,5369	0,4028	650,7	2,483	377,3	90,12	1670,4	398,97	1293,1	308,85
-8	0,31541	3,216	1,5400	0,3878	649,3	2,579	381,9	91,21	1671,7	399,27	1289,8	308,06
-7	0,32823	3,347	1,5432	0,3735	648,0	2,678	386,4	92,30	1672,9	399,56	1286,4	307,25

Əlavə 4-ün davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-6	0,34138	3,481	1,5464	0,3599	646,7	2,779	391,0	93,40	1674,1	399,85	1283,0	306,45
-5	0,35490	3,619	1,5496	0,3469	645,3	2,883	395,6	94,50	1675,3	400,14	1279,6	305,64
-4	0,36883	3,761	1,5528	0,3344	644,0	2,991	400,2	95,59	1676,5	400,42	1276,3	304,83
-3	0,38324	3,908	1,5561	0,3225	642,6	3,102	404,8	96,69	1677,3	400,70	1272,8	304,01
-2	0,39815	4,060	1,5594	0,3111	641,3	3,216	409,4	97,79	1678,8	400,98	1269,4	303,19
-1	0,41354	4,217	1,5627	0,3002	639,9	3,332	414,0	98,89	1680,0	401,25	1265,9	302,36
0	0,42943	4,379	1,5660	0,2897	638,6	3,452	418,7	100,00	1681,1	401,52	1262,4	301,52
+2	0,46248	4,716	1,5727	0,2700	635,8	3,703	427,9	102,21	1683,3	402,04	1255,4	299,84
+4	0,49748	5,073	1,5796	0,2520	633,1	3,969	437,1	104,43	1685,4	402,55	1248,3	298,13
+6	0,53446	5,450	1,5866	0,2353	630,3	4,250	446,5	106,65	1687,4	403,04	1240,9	296,39
+8	0,57359	5,849	1,5936	0,2200	627,5	4,546	455,8	108,87	1689,3	403,50	1233,6	294,63
+10	0,61398	6,271	1,6008	0,2058	624,7	4,859	465,2	111,11	1691,3	403,95	1223,2	292,84

+12	0,65867	6,715	1,6081	0,1927	621,8	5,189	474,6	113,35	1693,0	404,38	1218,5	291,03
+14	0,70442	7,183	1,6156	0,1706	619,0	5,537	484,0	115,59	1694,8	404,79	1210,8	289,20
+16	0,75285	7,677	1,6231	0,1694	616,1	5,904	493,4	117,85	1696,4	405,19	1203,0	287,34
+18	0,80375	8,196	1,6308	0,1591	613,2	6,289	502,9	120,11	1698,0	405,57	1195,2	285,46
+20	0,85716	8,741	1,6386	0,1494	610,3	6,694	512,4	122,38	1699,6	405,93	1187,2	283,55
+21	0,88496	9,024	1,6426	0,1449	608,0	6,904	517,2	123,52	1700,2	406,10	1183,1	282,58
+22	0,91340	9,314	1,6466	0,1405	607,3	7,119	521,9	124,66	1701,0	406,27	1179,1	281,61
+23	0,94252	9,611	1,6507	0,1363	605,8	7,339	526,7	125,80	1701,6	406,43	1174,9	280,63
+24	0,97230	9,915	1,6546	0,1322	604,3	7,564	531,5	126,94	1702,2	406,59	1170,8	279,65
+25	1,0027	10,225	1,6588	0,1283	602,8	7,795	536,3	128,09	1703,0	406,75	1166,7	278,66
+26	1,0340	10,544	1,6630	0,1245	601,3	8,031	541,1	129,24	1703,6	406,89	1162,5	277,66
+27	1,0650	10,870	1,6672	0,1209	599,8	8,273	545,9	130,39	1704,1	407,03	1158,3	276,65

Əlavə 4-ün davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
+28	1,0985	11,201	1,6714	0,1174	598,3	8,521	550,7	131,54	1704,8	407,17	1154,0	275,64
+29	1,1324	11,546	1,6757	0,1140	596,8	8,775	555,5	132,69	1705,3	407,30	1149,8	274,62
+30	1,1665	11,895	1,6800	0,1107	595,2	9,034	560,4	133,84	1705,8	407,43	1145,5	273,59
+32	1,2370	12,617	1,6888	0,1045	592,1	9,573	570,1	136,16	1706,8	407,67	1136,7	271,50
+34	1,3115	13,374	1,6977	0,0986	589,0	10,138	579,8	138,48	1707,7	407,88	1127,9	269,39
+36	1,3891	14,165	1,7069	0,0932	585,9	10,731	589,6	140,82	1708,5	408,06	1118,9	267,24
+38	1,4700	14,990	1,7162	0,0881	582,7	11,353	599,4	143,16	1709,2	408,23	1109,8	265,06
+40	1,5545	15,850	1,7257	0,0833	579,5	12,005	609,3	145,52	1709,8	508,37	1100,5	262,85

Əlavə 5

Diftordixlormetanın doymuş buxarlarının parametrləri CF_2Cl_2 (Freon -12)

Temperat ur. °C	Mütləq təzyiq, P	Xüsusi həcm		Sixlıq		Entalpiya				Buxarəmələğətirme istiliyi, r		
						Mayenin i'		Buxarin i''				
		MN/m ²	Kq/sm ²	Mayedə v' dm ³ /kq	Buxarda v'' m ³ /kq	Mayenin ρ' kq/m ³	Buxarin ρ'' kq/m ³	KCoul/kq	Kkal/kq	KCoul/kq	Kkal/kq	KCoul/kq
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-60	0,02270	0,2315	0,6349	0,6394	1575	1,564	367,1	87,68	544,3	130,00	173,2	42,32
-55	0,03006	0,3065	0,6406	0,4930	1561	2,028	371,1	88,63	546,7	130,59	175,7	41,96
-50	0,03922	0,3999	0,6468	0,3854	1546	2,595	375,1	89,59	549,2	131,18	174,1	41,59
-48	0,04346	0,4432	0,6493	0,3504	1540	2,854	376,7	89,97	550,2	131,42	173,5	41,45
-46	0,04808	0,4900	0,6515	0,3193	1535	3,132	378,3	90,36	551,2	131,65	172,9	41,29
-44	0,05304	0,5409	0,6540	0,2914	1529	3,432	380,0	90,76	552,2	131,89	172,2	41,13
-42	0,05843	0,5958	0,6566	0,2665	1523	3,753	381,6	91,15	553,2	132,13	171,6	40,96
-40	0,06424	0,6551	0,6592	0,2441	1517	4,097	383,9	91,55	554,2	132,36	170,9	40,81
-39	0,06732	0,6865	0,6605	0,2337	1514	4,279	384,1	91,75	554,7	132,48	170,5	40,73
-38	0,07050	0,7189	0,6618	0,2239	1511	4,466	385,0	91,95	555,2	132,60	170,2	40,65
-37	0,07378	0,7523	0,6631	0,2146	1508	4,666	385,8	92,15	555,7	132,72	169,9	40,57
-36	0,7723	0,7875	0,6645	0,2057	1505	4,862	386,7	92,35	556,1	132,83	169,5	40,48
-35	0,08079	0,8238	0,6658	0,1973	1502	5,069	387,5	92,55	556,6	132,95	169,1	40,40
-34	0,08443	0,8610	0,6671	0,1894	1499	5,280	388,4	92,76	557,1	133,07	168,8	40,31
-33	0,08826	0,9000	0,6684	0,1818	1496	5,501	389,2	92,96	557,6	133,19	168,4	40,23
-32	0,09218	0,9400	0,6698	0,1747	1493	5,724	390,0	93,16	558,2	133,30	168,1	40,14
-31	0,09628	0,9818	0,6711	0,1678	1490	5,960	390,9	93,37	558,7	133,43	167,7	40,06

Əlavə 5-in davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-30	0,10047	1,0245	0,6725	0,1613	1487	6,200	391,8	93,57	559,1	133,54	167,3	39,97
-29	0,10475	1,0688	0,6739	0,1551	1484	6,447	392,6	93,78	559,6	133,66	167,0	39,88
-28	0,10933	1,1149	0,6752	0,1492	1481	6,702	393,5	93,98	560,1	133,77	166,6	39,79
-27	0,11397	1,1622	0,6766	0,1436	1478	6,964	394,3	94,19	560,6	133,90	166,3	39,71
-26	0,11875	1,2109	0,6780	0,1382	1475	7,236	395,2	94,40	561,1	134,01	165,8	39,61
-25	0,12369	1,2616	0,6793	0,1331	1472	7,513	396,1	94,61	561,6	134,13	165,5	39,52

-24	0,12886	1,3140	0,6807	0,1282	1469	7,800	396,9	94,81	562,0	134,24	165,1	39,43
-23	0,13414	1,3678	0,6821	0,1235	1466	8,097	397,8	95,02	562,5	134,36	164,7	39,34
-22	0,13952	1,4227	0,6835	0,1190	1463	8,403	398,7	95,23	563,0	134,47	164,3	39,24
-21	0,14519	1,4805	0,6854	0,1147	1459	8,718	399,6	95,44	563,5	134,59	163,9	39,15
-20	0,15098	1,5396	0,6868	0,1107	1456	9,034	400,5	95,65	564,0	134,71	163,5	39,06
-19	0,15695	1,6005	0,6882	0,1067	1453	9,372	401,4	95,87	564,5	134,83	163,1	38,96
-18	0,16305	1,6627	0,6897	0,1030	1450	9,709	402,3	96,08	565,0	134,95	162,7	38,87
-17	0,16941	1,7275	0,6911	0,09938	1447	10,06	403,1	96,29	565,5	135,06	162,3	38,77
-16	0,17593	1,7940	0,6925	0,09597	1444	10,42	404,0	96,50	565,9	135,17	161,9	38,67
-15	0,18262	1,8622	0,6940	0,09268	1441	10,79	404,9	96,72	566,4	135,29	161,5	38,57
-14	0,18947	1,9321	0,6954	0,08952	1438	11,17	405,8	96,93	566,9	135,40	161,1	38,47
-13	0,19662	2,0050	0,6973	0,08650	1434	11,56	406,7	97,15	567,4	135,52	160,6	38,37
-12	0,20390	2,0793	0,6988	0,08361	1431	11,96	407,6	97,36	567,9	135,63	160,2	38,27
-11	0,21138	2,1555	0,7003	0,08082	1428	12,37	408,5	97,58	568,4	135,75	159,8	38,17
-10	0,21910	2,2342	0,7018	0,07812	1425	12,80	409,5	97,80	568,9	135,87	159,4	38,07
-9	0,22700	2,3148	0,7032	0,07558	1422	13,23	410,4	98,02	569,3	135,98	158,9	37,96
-8	0,23520	2,3984	0,7047	0,07313	1419	13,68	411,3	98,23	569,8	136,09	158,5	37,86
-7	0,24353	2,4833	0,7062	0,07078	1416	14,13	412,2	98,45	570,2	136,20	158,1	37,75

Əlavə 5-in davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-6	0,25214	2,5712	0,7062	0,06852	1413	14,60	413,1	98,67	570,7	136,32	157,5	37,65
-5	0,26087	2,6602	0,7092	0,06635	1410	15,08	414,0	98,89	571,2	136,43	157,2	37,54
-4	0,26999	2,7531	0,7107	0,06427	1407	15,57	415,0	99,11	571,7	136,54	156,7	37,43
-3	0,27929	2,8479	0,7127	0,06226	1403	16,07	416,0	99,36	572,1	136,65	156,3	37,32
-2	0,28869	2,9439	0,7143	0,06028	1400	16,59	416,7	99,53	572,6	136,77	155,8	37,21
-1	0,29857	3,0446	0,7158	0,05844	1397	17,11	417,8	99,78	573,1	136,88	155,3	37,10
0	0,30856	3,1465	0,7173	0,05667	1394	17,65	418,7	100,00	573,6	136,99	154,9	36,99
+2	0,32934	3,3583	0,7205	0,05330	1388	18,76	420,6	100,45	574,5	137,21	153,9	36,76
+4	0,35112	3,5804	0,7241	0,05012	1381	19,95	422,4	100,90	575,4	137,43	152,9	36,53
+6	0,37395	3,8135	0,7273	0,04721	1375	21,18	424,3	101,35	576,3	137,65	152,0	36,30

+8	0,39797	4,0582	0,7310	0,04450	1368	22,47	426,2	101,80	577,2	137,86	151,0	36,06
+10	0,42301	4,3135	0,7342	0,04204	1362	23,79	428,1	102,26	578,1	138,08	150,0	35,82
+12	0,44942	4,5828	0,7380	0,03970	1355	25,19	430,1	102,72	579,0	138,29	148,9	35,57
+14	0,47669	4,8621	0,7413	0,03751	1349	26,66	432,0	103,18	579,8	138,49	147,8	35,31
+16	0,50553	5,1550	0,7452	0,03547	1342	28,19	434,0	103,65	580,7	138,70	146,7	35,06
+18	0,53549	5,4605	0,7491	0,03354	1335	29,87	435,9	104,12	581,6	138,91	145,6	34,79
+20	0,56669	5,7786	0,7524	0,03175	1329	31,50	437,9	104,59	582,5	139,12	144,5	34,53
+22	0,59931	6,1112	0,7570	0,03005	1321	33,28	439,9	105,06	583,3	139,31	143,4	34,25
+24	0,63336	6,4584	0,7605	0,02848	1315	35,11	441,8	105,53	584,1	139,50	142,2	33,97
+26	0,66856	6,8175	0,7645	0,02700	1308	37,04	443,8	106,01	584,9	139,70	141,1	33,69
+28	0,70542	7,1933	0,7692	0,02560	1300	39,06	445,9	106,49	585,7	139,89	139,8	33,40
+30	0,74345	7,5810	0,7734	0,02433	1293	41,11	447,9	106,97	586,5	140,08	138,6	33,11
+32	0,78352	7,9897	0,7782	0,02309	1285	43,31	449,9	107,45	587,2	140,25	137,3	32,80
+34	0,82460	8,4087	0,7825	0,02192	1278	45,62	451,9	107,94	587,9	140,43	136,0	32,49

Əlavə 5-in davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
+36	0,86766	8,8475	0,7874	0,02083	1270	48,01	454,0	108,43	588,6	140,61	134,7	32,18
+38	0,91190	9,2989	0,7918	0,01980	1263	50,51	456,0	108,92	589,4	140,77	133,3	31,85
+40	0,95816	9,7707	0,7968	0,01882	1255	53,13	458,1	109,41	590,1	140,94	132,0	31,53
+42	1,0059	10,257	0,8019	0,01789	1247	55,90	460,2	109,91	590,7	141,10	130,6	31,19
+44	1,0555	10,763	0,8071	0,01700	1239	58,83	462,3	110,41	591,4	141,25	129,1	30,84
+46	1,1065	11,283	0,8130	0,01614	1230	61,95	464,4	110,91	592,0	141,40	127,7	30,49
+48	1,1599	11,828	0,8190	0,01533	1221	65,24	466,5	111,41	592,6	141,54	126,1	30,13
+50	1,2146	12,386	0,8244	0,01459	1213	68,56	468,5	111,91	593,1	141,66	124,6	29,75

Qaynama tempera- turu, °C	Nizamlayıcı ventildən qabaq t_n temperaturunda q_v -nin qiyməti								
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	
-60	277,8 (66,5)	273,8 (65,4)	268,8 (64,2)	264,2 (63,1)	259,2 (61,9)	254,5 (60,8)	249,5 (59,6)	244,5	
-55	377,6 (90,2)	368,7 (88,6)	364,7 (87,1)	358,0 (85,5)	351,7 (84,0)	345,0 (82,4)	338,3 (80,8)	331,6	
-50	505,3 (120,7)	497,0 (118,7)	488,2 (116,6)	479,8 (114,6)	471,0 (112,5)	462,2 (110,4)	453,4 (108,3)	444,6	
-45	665,3 (158,9)	654,8 (156,4)	643,9 (153,8)	632,6 (151,1)	621,3 (148,4)	610,0 (145,7)	598,3 (142,9)	586,6	
-40	866,2 (206,9)	851,6 (203,4)	837,4 (200,0)	822,7 (196,5)	807,6 (192,9)	793,0 (189,4)	778,3 (185,9)	763,2	
-37,5	982,2 (234,6)	965,4 (230,7)	949,6 (226,8)	932,8 (222,8)	916,1 (218,8)	899,3 (214,8)	882,6 (210,8)	865,8	
-35	1111,0 (265,5)	1093,0 (261,1)	1075,0 (256,7)	1056,0 (252,2)	1037,0 (247,7)	1018,0 (243,2)	999,3 (238,7)	980,1	
-32,5	1254,0 (299,4)	1233,0 (294,4)	1212,0 (289,4)	1191,0 (284,4)	1170,0 (279,4)	1148,0 (274,3)	1127,0 (269,2)	1106,0	
-30	1411,0 (337,0)	1387,0 (331,4)	1364,0 (325,8)	1344,0 (320,2)	1317,0 (314,5)	1293,0 (308,8)	1269,0 (303,1)	1245,0	
-27,5	-	1557,0 (371,8)	1530,0 (365,5)	1504,0 (359,2)	1478,0 (352,9)	1451,0 (346,5)	1424,0 (340,1)	1397,0	
-25	-	1743,0 (416,2)	1713,0 (409,2)	1683,0 (402,1)	1654,0 (395,1)	1624,0 (388,0)	1595,0 (380,9)	1494,0	
-22,5	-	-	1912,0 (456,7)	1879,0 (448,9)	1846,0 (441,0)	1813,0 (433,1)	1780,0 (425,2)	1747,0	
-20	-	-	-	2130,0 (508,8)	2094,0 (500,1)	2057,0 (491,4)	2021,0 (482,6)	1984,0 (473,8)	1946,0
-17,5	-	-	-	-	2327,0 (555,7)	2286,0 (546,0)	2246,0 (536,3)	2204,0 (526,5)	2163,0
-15	-	-	-	-	2580,0 (616,3)	2536,0 (605,6)	2491,0 (594,9)	2446,0 (584,1)	2400,0
-12,5	-	-	-	-	-	2805,0 (670,0)	2755,0 (658,1)	2705,0 (646,2)	2656,0
-10	-	-	-	-	-	3099,0 (740,1)	3044,0 (727,0)	2989,0 (713,8)	2933,0
-7,5	-	-	-	-	-	-	3354,0 (801,0)	3293,0 (786,6)	3232,0
-5	-	-	-	-	-	-	3689,0 (881,1)	3622,0 (865,2)	3474,0
-2,5	-	-	-	-	-	-	-	3965,0 (947,1)	3895,0
0	-	-	-	-	-	-	-	4358,0 (1040,8)	4278,0

Əlavə 6-nın davamı

Qaynama temperaturu, °C	Nizamlayıcı ventildən qabaq t_n temperaturunda q_v -nin qiyməti							
	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
-60	(58,4)	239,5 (57,2)	234,5 (56,0)	229,4 (54,8)	224,4 (53,6)	219,4 (52,4)	213,9 (51,1)	208,9 (49,9)
-55	(79,2)	324,9 (77,6)	318,2 (76,0)	311,5 (74,4)	304,8 (72,8)	297,7 (71,1)	291,0 (69,5)	283,9 (67,8)
-50	(106,2)	435,8 (104,1)	426,6 (101,9)	417,0 (99,8)	408,6 (97,6)	399,4 (95,4)	390,2 (93,2)	381,0 (91,0)
-45	(140,1)	574,8 (137,3)	562,7 (134,4)	550,6 (131,5)	538,4 (128,6)	526,3 (125,7)	514,1 (122,8)	502,0 (119,9)
-40	(182,3)	748,2 (178,7)	733,1 (175,1)	717,6 (171,4)	702,1 (167,7)	686,6 (164,0)	671,1 (160,3)	655,2 (156,5)
-37,5	(206,8)	849,1 (202,8)	832,3 (198,8)	814,8 (194,6)	797,2 (190,4)	779,6 (186,2)	762,0 (182,0)	744,0 (177,7)
-35	(234,1)	960,9 (229,5)	941,6 (224,9)	922,3 (220,3)	902,7 (215,6)	882,6 (210,8)	862,9 (206,1)	842,4 (201,2)
-32,5	(264,1)	1084,0 (259,0)	1063,0 (253,8)	1090,0 (248,6)	1019,0 (243,4)	996,9 (238,1)	974,3 (232,7)	951,2 (227,2)
-30	(297,4)	1221,0 (291,6)	1197,0 (285,8)	1172,0 (279,9)	1147,0 (274,0)	1122,0 (268,0)	1097,0 (262,0)	1071,0 (255,9)
-27,5	(333,7)	1370,0 (327,3)	1343,0 (320,8)	1315,0 (314,2)	1288,0 (307,6)	1259,0 (300,9)	1232,0 (294,2)	1203,0 (287,4)
-25	(373,7)	1492,0 (366,4)	1504,0 (359,2)	1473,0 (351,8)	1442,0 (344,4)	1411,0 (337,0)	1379,0 (329,4)	1347,0 (321,8)
-22,5	(417,2)	1713,0 (409,2)	1680,0 (401,2)	1645,0 (393,0)	1611,0 (384,7)	1576,0 (376,4)	1541,0 (368,1)	1506,0 (359,7)
-20	(464,9)	1909,0 (456,0)	1872,0 (447,0)	1833,0 (437,9)	1795,0 (428,8)	1756,0 (419,5)	1717,0 (410,2)	1678,0 (400,8)
-17,5	(516,7)	2122,0 (506,9)	2080,0 (496,9)	2039,0 (486,9)	1996,0 (476,8)	1953,0 (466,5)	1910,0 (456,2)	1866,0 (445,8)
-15	(573,2)	2353,0 (562,1)	2308,0 (551,2)	2261,0 (540,1)	2214,0 (528,9)	2167,0 (517,6)	2119,0 (506,1)	2071,0 (494,6)
-12,5	(634,3)	2605,0 (622,3)	2554,0 (610,1)	2503,0 (597,8)	2451,0 (585,5)	2455,0 (573,0)	2345,0 (560,0)	2293,0 (547,7)
-10	(700,6)	2878,0 (687,3)	2821,0 (673,9)	2765,0 (660,3)	2708,0 (646,7)	2650,0 (633,0)	2592,0 (619,0)	2533,0 (605,0)
-7,5	(772,0)	3171,0 (757,4)	3109,0 (742,6)	3047,0 (727,8)	2984,0 (712,8)	2922,0 (697,8)	2857,0 (682,5)	2793,0 (667,0)
-5	(849,2)	3488,0 (833,2)	3421,0 (817,0)	3352,0 (800,7)	3283,0 (784,2)	3214,0 (767,7)	3144,0 (751,0)	3073,0 (734,0)
-2,5	(930,3)	3823,0 (913,2)	3752,0 (896,2)	3679,0 (878,8)	3605,0 (861,0)	3530,0 (843,0)	3453,0 (824,7)	3375,0 (806,1)
0	(1021,7)	4197,0 (1002,5)	4117,0 (983,1)	4034,0 (963,5)	3952,0 (943,8)	3869,0 (924,0)	3784,0 (903,9)	3700,0 (883,7)

Əlavə 7

Diftordixlormetanın nəzəri həcmi soyutma məhsuldalarlığı(freon-12), q_v , kCoul/m^3 (mötərizədə- kkal/m^3)

Qaynama temperaturu, °C	Nizamlayıcı ventildən qabaq t_n temperaturunda q_v -nin qiyməti							
	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10
-70	127,5 (30,44)	123,5 (29,51)	119,5 (28,56)	115,5 (27,60)	111,5 (26,64)	107,4 (25,65)	103,2 (24,66)	98,8

-65	173,5	(41,36)	167,6	(40,13)	162,5	(38,86)	157,3	(37,57)	151,9	(36,28)	146,4	(34,96)	140,8	(33,63)	135,2
-60	231,5	(55,35)	224,9	(53,72)	217,9	(52,05)	210,9	(50,36)	203,6	(48,65)	196,5	(46,92)	189,1	(45,17)	181,7
-55	305,5	(72,98)	296,7	(70,87)	286,7	(68,70)	287,5	(66,51)	269,2	(64,30)	260,9	(62,05)	250,4	(59,78)	240,8
-50	397,3	(94,89)	386,0	(92,19)	374,3	(89,41)	362,7	(86,61)	350,7	(83,78)	337,9	(80,90)	326,6	(78,00)	314,1
-45	509,9	(121,8)	495,8	(118,4)	481,4	(114,9)	466,3	(111,4)	451,4	(107,8)	436,2	(104,2)	420,8	(100,5)	405,3
-40	647,3	(154,6)	629,6	(150,40)	611,4	(146,0)	592,8	(141,6)	574,0	(137,1)	554,4	(132,4)	535,9	(128,0)	516,2
-35	813,4	(194,3)	791,6	(189,1)	768,7	(183,6)	746,1	(178,2)	722,6	(172,6)	699,1	(167,0)	675,3	(161,3)	651,0
-30	1011,0	(241,4)	983,4	(234,9)	955,8	(228,3)	928,0	(221,6)	899,9	(214,8)	870,5	(207,9)	841,5	(201,0)	811,9
-25	1243,0	(296,6)	1211,0	(289,1)	1177,0	(281,1)	1143,0	(273,0)	1109,0	(264,8)	1073,0	(256,4)	1038,0	(248,0)	1002,0
-20	-	-	1477,0	(352,8)	1404,0	(343,2)	1396,0	(333,4)	1355,0	(323,6)	1313,0	(313,6)	1270,0	(303,4)	1226,0
-17,5	-	-	-	-	1585,0	(378,6)	1541,0	(368,0)	1495,0	(357,2)	1449,0	(346,2)	1403,0	(335,1)	1355,0
-15	-	-	-	-	1742,0	(416,1)	1693,0	(404,6)	1644,0	(392,7)	1594,0	(380,7)	1543,0	(368,6)	1492,0
-12,5	-	-	-	-	-	-	1861,0	(444,5)	1807,0	(431,6)	1753,0	(418,6)	1697,0	(405,4)	1649,0
-10	-	-	-	-	-	-	2041,0	(487,5)	1983,0	(473,5)	1923,0	(459,3)	1863,0	(444,9)	1801,0
-7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	2169,0	(518,1)	2105,0	(502,6)	2039,0	(487,1)	1972,0
-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2225,0	(531,8)	2156,0
-2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2434,0	(581,4)	2354,0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2648,0	(632,6)	2556,0
+2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2883,0	(688,6)	2792,0
+5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3138,0	(749,4)	3038,0
+7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3295,0
+10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3567,0

Əlavə 7-nin davamı

Qaynama temperatu- ru, °C	Nizamlayıcı ventildən qabaq t_n temperaturunda q_v -nin qiyməti									
	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45		
-70	(23,6)	94,59	(22,6)	90,44	(21,6)	85,3	(20,5)	81,63	(19,5)	-
-65	(32,3)	129,3	(30,9)	123,5	(29,5)	117,6	(28,1)	111,3	(26,7)	-
-60	(43,4)	174,2	(41,6)	166,2	(39,7)	166,1	(37,9)	150,7	(36,0)	-
-55	(57,5)	230,7	(55,1)	220,6	(52,7)	210,6	(50,3)	200,5	(47,9)	-
-50	(75,0)	301,4	(72,0)	288,6	(69,0)	275,9	(65,9)	262,9	(62,8)	-
-45	(96,8)	389,4	(93,0)	373,1	(89,1)	356,7	(85,2)	340,4	(81,3)	-
-40	(123,3)	496,7	(118,6)	476,4	(113,8)	456,0	(108,9)	425,5	(104,0)	415,0
									(99,1)	
									-	
									-	
									-	

-35	(155,5)	626,9	(149,7)	601,5	(143,7)	577,0	(137,8)	551,4	(131,7)	525,4	(125,5)	-	-	-	-
-30	(193,9)	781,5	(186,7)	751,7	(179,5)	721,0	(172,2)	689,4	(164,7)	658,3	(157,2)	626,4	(149,6)	-	-
-25	(239,4)	965,9	(230,7)	929,0	(221,9)	892,0	(213,1)	854,3	(204,1)	816,3	(195,0)	748,1	(178,7)	738,0	(176,3)
-20	(293,1)	1183,0	(282,7)	1139,0	(272,1)	1094,0	(261,4)	1049,0	(250,6)	1003,0	(239,7)	956,9	(228,5)	910,0	(217,3)
-17,5	(323,6)	1307,0	(312,2)	1258,0	(300,6)	1209,0	(288,9)	1160,0	(277,1)	1110,0	(265,3)	1059,0	(253,1)	1008,0	(240,8)
-15	(356,4)	1407,0	(343,9)	1386,0	(331,2)	1333,0	(318,5)	1279,0	(305,6)	1224,0	(292,4)	1168,0	(279,2)	1112,0	(265,7)
-12,5	(391,7)	1582,0	(378,0)	1525,0	(364,3)	1467,0	(350,4)	1408,0	(336,3)	1350,0	(322,4)	1289,0	(307,9)	1227,0	(293,2)
-10	(430,2)	1739,0	(415,3)	1676,0	(400,4)	1613,0	(385,3)	1545,0	(369,9)	1484,0	(354,5)	1418,0	(338,8)	1352,0	(322,8)
-7,5	(471,0)	1906,0	(455,2)	1836,0	(438,6)	1767,0	(422,2)	1697,0	(405,5)	1628,0	(388,9)	1556,0	(371,8)	1483,0	(354,4)
-5	(515,0)	2083,0	(497,5)	2009,0	(479,9)	1930,0	(462,1)	1859,0	(444,0)	1782,0	(425,5)	1704,0	(406,9)	1625,0	(388,1)
-2,5	(562,3)	2274,0	(543,3)	2195,0	(524,2)	2114,0	(505,0)	2032,0	(485,4)	1951,0	(466,0)	1867,0	(445,9)	1781,0	(425,5)
0	(612,8)	2480,0	(592,4)	2393,0	(571,7)	2307,0	(550,9)	2218,0	(529,7)	2128,0	(508,1)	2036,0	(486,4)	1944,0	(464,4)
+2,5	(667,0)	2700,0	(644,9)	2607,0	(622,6)	2513,0	(600,1)	2417,0	(577,3)	2320,0	(554,1)	2222,0	(530,7)	2123,0	(506,9)
+5	(725,5)	2937,0	(701,6)	2857,0	(677,6)	2735,0	(653,3)	2632,0	(628,6)	2529,0	(604,1)	2423,0	(578,8)	2316,0	(553,1)
+7,5	(787,0)	3188,0	(761,3)	3079,0	(735,4)	2969,0	(709,3)	2859,0	(682,8)	2752,0	(657,2)	2637,0	(629,9)	2521,0	(602,2)
+10	(852,0)	3452,0	(824,5)	3335,0	(796,6)	3218,0	(768,6)	30,98,0	(740,0)	2981,0	(711,9)	2858,0	(682,6)	2733,0	(652,9)

Sistemdən kənar ölçü vahidləri və onların SI sisteminə keçirilməsi

Kəmiyyətlər	Vahidlər		SI sisteminə keçirilməsi
	Adı	İşarəsi	
Uzunluq	Mikron (mikrometr)	mkm	$1 \cdot 10^{-6}$ mkm
	Anqstrem	°A	$1 \cdot 10^{-10}$ m
	Astoronomiki vahid	a.v.	$1,496 \cdot 10^{11}$ m
	İşiq ili	i.i	$9,4605 \cdot 10^{15}$ m
	Parsek	pk	$3,086 \cdot 10^{16}$ m
Sahə	Hektar	ha	$1 \cdot 10^4$ m ²
Həjm	Litr	l	$1 \text{ dm}^3 = 1 \cdot 10^{-3}$ m ³
Zaman	Dəqiqə	dəq	60 s
	Saat	saat	3600 s
	Sutka	sut	86400 s
Fırlanma tezliyi	Dövr saniyədə	dövrs	1 s^{-1}
	Dövr dəqiqədə	dövrdəq	$160 \text{ s}^{-1} = 0,01666667 \text{ s}^{-1}$
Kütlə sərfi	Kiloqram saatda	Kqsaat	$277,8 \cdot 10^{-6}$ kqs
Həjm sərfi	Litr saniyədə	l/s	10^{-3} m ³ /s
Təzyiq	Texniki atmosfer	at	98066,5 Pa
	Kiloqram qüvvə	Kqqsm ²	9,80665 Pa
	santimetr kvadratda		
	Fiziki atmosfer	atm	101325 Pa
Millimetr su sütunu	Mm.su süt		9,80665 Pa
Millimetr jivə süt.	Mm.j. süt.		133,322 Pa

	Bar	bar	$1 \cdot 10^5$ Pa
İş və enerji	At qüvvəsi saat	a.q.saat	$2,64780 \cdot 10^6$ Joul
	Kilovat -saat	kvt.saat	$3,6 \cdot 10^6$ Joul
	Elektron- volt	eV	$1,60210 \cdot 10^{-19}$ Jouł
Güj	At qüvvəsi	a.q.	735,499 Vt
İstilik miqdari	Kalori	kal	4,1868 Jouł
Elektrik miqdari	Amper - saat	A.saat	$3,6 \cdot 10^3$ kl
Xüsusi elektrik müqaviməti	Om-millimetr kvadrat metrdə	Om-mm ² m	10^{-6} Om·m
Kütlə	Atom kütlə vahidi	a.k.v.	$1,6597 \cdot 10^{-27}$ kq
	Ton	t	1000 kq
	Mol	mol	$M \cdot 10^{-3}$ kq (M- nisbi molekulyar kütlə)

Əlavə 9

Beynəlxalq SI sistemində bəzi fiziki kəmiyyətlər

Kəmiyyət	Vahidin			
	Adı	İşarəsi		
		Azərbaycan	Rus	Beynəlxalq
Əsas vahidlər				
Uzunluq	metr	m	m	m
Kütlə	kiloqram	kq	kq	kq
Zaman	saniyə	san	s	s
Elektrik jərəyanının qüvvəsi		A	A	A
Termodinamiki temperatur	Kelvin	K	K	K

ratur Kelvin				
İşiq qüvvəsi	kandella	kd	kd	jd
Əlavə vahidlər				
Səthi bujaq	radian	rad	rad	rad
Jismi bujaq	steradian	sr	sr	sr
Törəmə vahidlər				
Sahə	kvadrat metr	m^2	m^2	m^2
Həjm, tutum	kub metr	m^3	m^3	m^3
Sixlıq	kilogramkubmetr	kgm^3	kgm^3	kgm^3
Sürət	metrsaniyə	msan	ms	ms
Bujaq sürəti	radiansaniyə	radsan	rads	rads
Qüvvə, ağırlıq qüvvəsi	Nyuton	N	N	N
Təzyiq, mexaniki gərginlik	Paskal	Pa	Pa	Pa
İş, energi, istilik miqdarı	Joul	Joul	Dc	C
Güj, istilik axını	Vatt	Vt	Vt	W
Elektrik miqdari, elektrik yükü	Kulon	Kl	Kl	J
Elektrik gərginliyi, elektrik potensiali, elektrik potensiallarının fərqi, elektrik hərəkətediji qüvvə	Volt	V	V	V
Elektrik müqaviməti	Om	Om	Om	Ω
Elektrik keçirijiliyi	Simens	Sm	Sm	S
Elektrik tutumu	Farad	F	F	F
Xüsusi istilik tutumu	JoulkiloqramKelvin	Joul(kg·K)	Dc(kg·K)	J(kg·K)

İstilik keçirijiliyi	Vatmetr Kelvin	$Vt(m \cdot K)$	$Vt(m \cdot K)$	$W(m \cdot K)$
İşıqlanma	lyuks	/k	lk	/x

Rum rəqəmlərinin yazılması

Onluq mərtəbələri üçün rum rəqəmlərində dörd işarə (I-bir, X-on, J-yüz və M-min) və onların yarısını göstərmək üçün üç rəqəm (V-beş, L-əlli, D-beşyüz) var.

I	1	XVI	16	LIX	59	JJ	200
II	2	XVII	17	LX	60	JJJ	300
III	3	XVIII	18	LXV	65	JD	400
IV	4	XIX	19	LXIX	69	D	500
V	5	XX	20	LXX	70	DJ	600
VI	6	XXV	25	LXXV	75	DJJ	700
VII	7	XXIX	29	LXXIX	79	DJJJ	800
VIII	8	XXX	30	LXXX	80	JM	900
IX	9	XXXV	35	LXXXV	85	M	1000
X	10	XXXIX	39	LXXXIX	89	MD	1500
XI	11	XL	40	XJ	90	MM	2000
XII	12	XLV	45	XJV	95	MMM	3000
XIII	13	XLIX	49	XJIX	99	M [—] B	4000
XIV	14	L	50	J	100		
XV	15	LV	55	JL	150		

Rum rəqəminin üzərində qoyulan xətt onun qiymətini min dəfə artırır: \bar{V} - 5000, \bar{M} -4000,
 \bar{D} -500000, \bar{M} -1000000.

ƏDƏBİYYAT

1. *Məmmədov Q. B.* Soyudujuluq texnikası, Bakı: Elm, 2007, 284 s.
2. *Məmmədov Q. B.* Kənd təsərrüfatı məhsullarının emal məşinləri və avadanlıqları. -Bakı: Elm, 2005, 120 s.
3. *Məmmədov Q. B.* Yeyinti istehsalının prosesləri və aparatları. -Bakı: Elm, 2005, 112 s.
4. *Məmmədov Ə. M., Hüseynzadə Ə. H.* Ümumi istilik texnikası, Bakı, Maarif, 1973. 264 s.
5. *Məmmədova M. J.* İstilik texnikası, Azərnəşr, Bakı, 1963, 240 s.
6. *Naziyev Y. M.* İstilik texnikası. Bakı, 2003.
7. *Naziyev Y. M., Allahverdiyev A. M.* Texniki termodinamika, Bakı, Maarif, 1987.
8. *Afanasyeva İ. A., Lukin A. İ.* Primenenie ozonobezopasnix smesevix xladaqentov v bitovix xolodilğnix priborax Xolodilgnaə texnika. 1996, № 7, s. 27-28
9. *Alekseev Q.N.* Obhaə teplotexnia, Moskva, Vişşaə şkola, 1980.
10. *Babakin B. S.* Glektrotexnoloqiə v xolodilğnoy promişlennosti. -M.: Aqropromizdat, 1990, 208 s.
11. *Babakin B. S., Viqodin V. A.* Bitovie xolodilgniki i morozilniki 2-e izd., ispr. i dop. -M.: Kolos, 2000, 656 s.: il. (Spravoçnik).
12. *Qak A.* Freoni v xolodilğnoy texnike Xolodilgnaə texnika. 1990, № 5, s. 11-14.
13. *Qalğperin D. M.* Montac i gkspluataüiə xolodilğnix ustanovok v selgskom xozəystve. -M.: Kolos, 1984, 301 s.
14. *Qordeev A. S., Qorsenin V. İ., Zavracnov A. İ., Ximirov V. D.* Sooruceniə i oborudovanie dlə xraneniə produküii rastenievodsta, M.C. Rodnik, c-1 Aqrarnaə

nauka, 1999, 288 s.

15. *Zaxarov A. A.* Primenenie teploti v sel'skom xozaystve, 3-e izdanie pererab. i dop., M.: Aqropromizdat, 1986, 288 s. (Uchebniki i uchebniye posobiya dlja vissh. s.x. ucheb. zavedeniy)

16. *Zelikovskiy I. X., Kaplani L. Q.* Malie xolodil'gnye maşinu i ustavki. -M.: Aqropromizdat, 1989, 672 s.

17. *Kaveukiy Q. D., Vasil'ev B. V.* Proyessi i apparati pihewoy texnologii. -M.: Kolos, 2000, 551 s.

18. *Kaplani L. Q.* Torqovoe xolodil'gnoe oborudovanie: Spravočnik. -M.: Kolos, 1995, 303 s.

19. *Koçetkov N. D.* Xolodil'gnae texnika. -M.: Mašinostroenie, 1966, 408 s.

20. *Kuroçkin A. A., Lashenko V. V.* Texnologicheskoe oborudovanie dlja pererabotki produkciyi civotnovodstva Pod red. V.M.Bautina. -M.: Kolos, 2001, 440 s.

21. *Lashkov V. I.* Teoretičeskie osnovy teplotexniki, 2-e izd., Moskva, Mašinostroenie-1, 2005, 260 s.

22. *Nahokin V. V.* Texničeskaya termodinamika i teploperedacha, Moskva, Vişşa şkola, 1980.

23. *Rogov I. A., Babakin B. S., Vizgodin V. A.* Glektrofizičeskie metodi v xolodil'gnoy texnike i texnologii. -M.: Kolos, 1996, 336 s.

24. *Selaşova S. L., Barikina Q. P.* Gffektivnie teploizolëüionnie konstrukcii v bitovoy xolodil'gnoy texnike Xolodil'gnae texnika. 1990, № 5, s. 14-16.

MÜNDƏRİJAT

Giriş.....	3
I Hissə.	İstilik 5
texnikası.....	
İstilik texnikasının tarixi.....	onun inkişaf 5
I Bölmə.	Texniki 7
termodinamika.....	
I Fəsil. Hal parametrləri və hal tənlikləri.....	7
1.1. Təzyiq.....	7
1.2. Temperatur.....	9
1.3. Xüsusi həjm.....	11
1.4. İdeal qazlar tənliyi.....	12
1.5. İdeal qaz qanunları.....	14
1.5.1. Boyl-Mariot qanunu.....	14
1.5.2. Gey-Lüssak qanunu.....	15
1.5.3. qanunu.....	Şarlı 15
1.5.4. Avoqrado qanunu.....	15
1.6. Qaz karışıntıları.....	18
1.6.1. Dalton qanunu.....	18
1.6.2. Qaz karışığının götirilmiş çəki hissəsi və götirilmiş həjm hissəsi...	19
II Fəsil. Termodinamikanın birinci qanunu və tətbiqi.....	23
2.1. İstilik və işin ekvivalentliyi.....	23
2.2. Termodinamikanın birinci qanununun riyazi ifadəsi.....	24
2.3. Dönən və dönməyən proseslər.....	27
2.4. İşçi jismin daxili enerxisi və xarici işi.....	29
2.5. Qazların istilik tutumu.....	31
2.6. Orta və həqiqi istilik tutumları.....	35
2.7. İstilik tutumunun temperaturdan asılılığı.....	37

2.8.		Qarışığın		istilik 40
tutumu.....				
III	Fəsil.	Qaz	halının	dəyişməsi 42
prosesləri.....				
3.1. İzoxor prosesi.....				42
3.2. İzobar prosesi.....				44
3.3. Mayer düsturu.....				45
3.4. Entalpiya və ya				istilik 48
funksiyası.....				
3.5. İzotermik proses.....				49
3.6. Adiabatik proses.....				52
3.7. Politropik proses.....				56
IV	Fəsil.	Termodinamikanın		ikinji 60
qanunu.....				
4.1. Dairəvi proses və ya 60				
tsikl.....				
4.2. Karno tsikli.....				61
4.3. Öks dairəvi Karno 65				
tsikli.....				
4.4. Termodinamikanın ikinji qanunu.....				66
4.5. Entropiya.....				68
4.6. İdeal gazların entropiyasının 72				
hesablanması.....				
4.7. İstilik 74 diaqramı.....				
4.8. Regenerativ tsikl.....				75
V	Fəsil.	İstilik		mühərriklərinin 79
tsiklləri.....				
5.1. Daxili yanma mühərriklərinin tsiklləri.....				79
5.2. Yanma prosesi sabit həjmdə aparılan daxili yanma mühərriklərinin (dym) tsiklləri.....				80
5.3. Yanma prosesi sabit təzyiqdə aparılan daxili yanma mühərriklərinin tsiklləri.....				86
5.4. Daxili yanma mühərrikində (dym) həqiqi proseslər.....				91
VI Fəsil. Yanajaqların xassələri və yanma nəzəriyyəsinin 94				
əsasları.....				

6.1.	Yanajaq	və	onun	əsas	94
xassələri.....					
6.2. Yanma nəzəriyyəsinin elementləri.....					97
6.3. Yanmanın texniki hesabatı.....					101
6.4. Qazanxana avadanlıqları.....					104
6.4.1. Quruluşu				və	104
təyinatı.....					
6.4.2. qazanlar.....					Elektrik 105
6.4.3. Qaz qazanları.....					105
6.4.4. Bərk					yanajaqlı 106
qazanlar.....					
6.4.5. Maye yanajaqlı qazanlar.....					106
VII					Fəsil. 108
Buxarlar.....					
7.1. Buxarlar		haqqında		ümumi	108
məlumat.....					
7.2. Van-der-Vaals		tənliyinin		buxarlara	109
tətbiqi.....					
VIII Fəsil. Doymuş mayenin, quru doymuş buxarın, nəm buxarın və					
çox qızmış buxarın hallarını təyin edən əsas parametrlər.....					113
8.1. Doymuş mayenin halını təyin edən əsas parametrlər.....					113
8.1.1. Qaynama temperaturu ilə təzyiq arasındaki asılılıq.....					113
8.1.2. Doymuş mayenin həjmi.....					114
8.1.3. Doymuş mayenin istiliyi.....					115
8.1.4. Doymuş entalpiyası.....					mayenin 115
8.1.5. Doymuş entropiyası.....					mayenin 116
8.2. Quru doymuş buxarın halını təyin edən əsas parametrlər.....					116
8.2.1. Gizli buxarlanması istiliyi.....					117
8.2.2. Quru doymuş entalpiyası.....					buxarın 117
8.2.3. Quru doymuş entropiyası.....					buxarın 118
8.2.4. Quru doymuş buxarın həjmi.....					xüsusi 119

8.3.	Nəm buxarın halını təyin edən parametrlər.....	əsas 120
8.4.	Buxarla proseslər.....	gedən 120
8.4.1.	proses.....	İzotermik 120
8.4.2.	İzoxor prosesi.....	121
8.4.3.	Adiabatik proses.....	122
8.4.	İzbar prosesi.....	122
IX	Fəsil.	Real 124
qazlar.....		
9.1.	Termodinamik haqqında.....	diferensial tənliliklər 124
9.1.1.	əmsallar.....	Termik 125
9.2.	Real qazların hal tənlilikləri.....	125
9.3.	Real qazlar üçün professor M.P.Vukaloviçin hal tənliliyi.....	129
9.4.	Van-der-Vaals tənliliyindəki sabit kəmiyyətlərin təyini.....	130
X	Fəsil.	Nəm 133
hava.....		
10.1.	Əsas məlumat.....	133
10.2.	tutumu.....	Nəm 135
10.3.	Mütləq nəmlilik, nisbi nəmlilik və doyma dərəjəsi.....	136
10.4.	Nəm havanın qaz sabiti və xüsusi çəkisi.....	139
10.5.	Nəm havanın istilik tutumu və entalpiyası.....	140
10.6.	Nəm hava üçün <i>I-d</i> diaqramı.....	141
II Bölmö.	İstilikötürmə.....	145
XI Fəsil.	İstilikkeçirmə.....	145
11.1.	Ümumi anlayışlar və qanun.....	əsas 145
11.1.1.	Temperatur sahəsi.....	145
11.1.2.	İzotermik səth.....	146
11.1.3.	Temperatur qradiyenti.....	146
11.1.4.	İstilik	147

seli.....				
11.1.5. İstilikkeçirmənin qanunu.....	əsas	qanunu-	Furye	148
11.1.6. İstilikkeçirmə əmsali.....				148
11.2. Yastı divarın istilikkeçirməsi.....	Birtəbəqəli			155
11.2.1. divar.....		yasti		155
11.2.2. Yasti divarda temperaturun qanunu.....		dəyişmə		157
11.2.3. Çoxtəbəqəli yasti divar.....				158
11.3. Silindrik divarın istilikkeçirməsi.....	Birtəbəqəli			161
11.3.1. divar.....		silindrik		161
11.3.2. divar.....	Çoxtəbəqəli			silindrik 163
XII Fəsil.	Konvektiv		istilik	167
mübadiləsi.....				
12.1. İstilikvermənin qanunu.....	əsas	tənliyi-	Nyuton	167
12.1.1. İstilikvermə əmsali.....				167
12.2. İstilikvermə prosesinə təsir göstərən amillər.....				168
XIII Fəsil. Şüalanma.....				174
13.1. anlayışlar.....			Ümumi	174
13.2. Kirxohf qanunu.....				177
13.3. qanunu.....		Stefan-Bolsman		178
13.4. Vin-Qolitsinin qanunu.....		yerdəyişmə		178
13.5. Plank düsturu.....				179
13.6. İki jisin arasında şüalanma ilə istilikötürmə.....				180
XIV			Fəsil.	183
İstilikötürmə.....				
14.1. Yasti divar istilikötürmə.....	vasitəsi		ilə	183
14.2. Silindrik divar vasitəsi ilə istilikötürmə.....				187
14.3. Qabırğalı divarın istilikötürməsi.....				190
XV Fəsil. İstilikdəyişdiriji aparatlar.....				193
15.1. İstilikdəyişdiriji aparatların növləri.....				193

15.2.	Su ekvivalenti və temperaturun dəyişmə	195
eyrileri.....		
15.3. İstilikdəyişdirijilərin hesablanması.....		197
II Hissə.		Soyutma 200
texnikası.....		
Soyutma texnikasının inkişaf tarixi.....		200
III Bölmə. Soyuduju maşınlar və 202		
aparatlar.....		
XVI Fəsil. Süni soyutmanın termodinamiki əsasları.....		202
16.1. Süni soyutm:202		
üsulları.....		
16.2. Jismin hal parametrləri.....		206
16.3. Jismin faz dəyişiklikləri.....		208
16.4. Soyuduju agentlərin termodinamiki diaqramları.....		210
16.5. Oks dairəvi 212 proses.....		
XVII Fəsil. Kompressorlu soyuduju maşınların tsiklləri.....		217
17.1. Hava ilə işləyən soyuduju 217		
maşınlar.....		
17.2. Kompressorlu buxar soyuduju maşınlar.....		219
XVIII Fəsil. Kompressorlu buxar soyuduju maşınlarda işçi 226 jisimlər....		
18.1. Soyuduju agentlər.....		226
18.1.1. Soyuduju agentlərə olan əsas tələblər və termodinamiki xüsusiyyətlər.....		226
18.1.2. Fiziki-kimyəvi 227 xüsusiyyət.....		
18.1.3. Fiziologci 228 xüsusiyyət.....		
18.2. Soyuduju agentlərin əsas 228 xassələri.....		
18.3. Ammonyak və freonların istismar 230 xüsusiyyətləri.....		
18.3.1. Xladon-12 (R12) diftovdixlormetan.....		231
18.3.2. Xladon-22 (R22) 233		

diftorxlormetan.....				
18.3.3. Soyuduju agent R502.....	234			
18.3.4. Soyuduju agent R11.....	234			
18.4. Ozon təhlükəsi olmayan soyuduju agentlər.....	234			
XIX Fəsil. Kompressorlu buxar soyuduju maşının nəzəri işçi Tsiklinin hesabatı.....	237			
19.1. Tsiklin verilən işçi parametrlərlə 237 qurulması.....				
19.2. Tsiklin hesabatı.....	238			
19.3. Maşının iş reciminin soyutma məhsuldarlığına 242 təsiri.....				
XX Fəsil. Kompressorlu buxar soyuduju maşının həqiqi tsikli.....	248			
20. 1. Həqiqi tsikldə həjmi itkilər.....	248			
20.2. itkiləri.....	Enerci 256			
20.3. Soyuduju maşının xarakteristikaları.....	261			
XXI Fəsil. Cəxpilləli soyuduju maşınlar.....	264			
21.1. Cəxpilləli maşınların istifadə edilmə 264 sahələri.....				
21.2. İkipilləli maşının hesabatı.....	268			
21.3. Üçpilləli və kaskadlı soyuduju 271 maşınlar.....				
XXII Fəsil. Buxar soyuduju maşınlarının kompressorlarının konstruksiyaları.....	274			
22.1. Porşenli kompressorlar.....	274			
22.2. kompressorlar.....	Rotorlu 282			
22.3. Mərkəzdənqəçmə (turbokompressorlar).....	kompressorları 285			
XXIII Fəsil. Soyuduju maşınların istilik mübadiləsi aparat- ları.....	289			
23.1. Soyuduju aparatlarda istilik 289 ötürmə.....				
23.2. Kondensatorlar və buxarlandırıcılar.....	294			
23.2.1. Təbii konveksiyali 294 kondensatorlar.....				

23.2.2. Buxarlandırıjılar.....	296	
23.3. İstilikdəyişənlər	və	süzgəj-qurudujular 297
23.3.1. İstilikdəyişənlər.....	297	
23.3.2. Süzgəj-qurudujular.....	299	
23.3.3. Kapilyar borular.....	300	
XXIV Fəsil. Soyudujuların köməkçi aparatları, boru kəmərləri və armatur.....	305	
24.1. Köməkçi aparatlar.....	305	
24.2. Nasoslar	və	ventilyatorlar 312
24.3. Boru	kəmərləri	və 316
armatur.....		
XXV Fəsil. Absorbsiyalı və buxar ecektorlu soyuduju maşınlar.....	320	
25.1. Absorbsiyalı soyuduju maşınlar.....	320	
25.1.1. Su-ammonyaklı	absorbsiyalı 320	
maşın.....		
25.1.2. Brom-litiumlu absorbsiyalı maşın.....	323	
25.1.3. Məişət absorbsiyalı soyudujular.....	325	
25.2. Buxar	ecektorlu	soyuduju 327
maşın.....		
IV Bölmə. Soyuduju qurğular və soyudujular.....	330	
XXVI Fəsil. Yeyinti məhsullarının soyudulması, dondurulması və soyuq saxlanması.....	330	
26. 1. Yeyinti məhsullarının soyudulması.....	330	
26.1.1. soyudulması.....	Ətin 331	
26.1.2. Quşun	və	yumurtanın 332
soyudulması.....		
26.1.3. Balığın soyudulması.....	333	
26.1.4. Südün və süd məhsullarının soyudulması.....	334	
26.1.5. Soyuduju tanklar.....	345	
26.1.6. soyudulması.....	Meyvə-tərəvəzin 345	
26.2. Yeyinti	məhsullarının 348	
dondurulması.....		
26.2.1. Prosesin xarakteristikası.....	348	
26.2.2. Dondurulma müddətləri.....	350	

26.2.3. Donma üçün sərf olunan soyuğun hesabatı.....	351
26.2.4. Kameralı və tunel tipli dondurujular.....	352
26.3. Tezdonduruju aparatlar.....	354
26.3.1. Arabalı tezdonduran aparat.....	355
26.3.2. Qravitasiyalı donduruju aparatlar.....	356
26.4. Plitkalı soyuduju aparatlar.....	357
26.5. Kriogen donduruju aparatlar və xətlər.....	360
26.6. Yeyinti məhsullarının soyudujularda saxlanması.....	362
26.6.1. Məhsulların saxlanma şəraitı.....	362
26.6.2. Saxlama kameralarının soyuduju jihazları.....	364
26.7. Perspektiv soyuduju avadanlıqlar.....	365
26.8. Ətin soyutma ilə emali üçün avadanlıqların texnoloci hesabatı.....	366
XXVII Fəsil. Soyudujular.....	368
27.1. Soyudujuların tipləri.....	368
27.1.1. Sənaye (istehsal) soyudujuları.....	368
27.1.2. Hazırlayıçı soyudujular.....	368
27.1.3. Paylayıcı soyudujular.....	368
27.1.4. Tijarət soyudujuları.....	369
27.1.5. Nəqliyyat soyudujuları.....	369
27.2. Soyudujuların quruluşu.....	370
27.3. Yükləmə mexanikləşdirilməsi.....	374
27.4. Soyudujunun tutumu və soyuduju kameraların sahələrinin hesabatı.....	375
XXVIII Fəsil. izolyasiyası.....	378
28.1. Izolyasiyanın təyinatı.....	378
28.2. İstilik materialları.....	izolyasiya 378
28.3. Buxar ve materialları.....	hidroizolyasiya 380
28.4. Soyudujuların tikinti konstruksiyaları.....	- izolyasiya 382
XXIX Fəsil. Soyuduju qurğuların avtomatlaşdırılması.....	387
29.1. Məişət soyuduju texnikasının termonizamlayıcıları.....	387
29.1.1. APT tipli termonizamlayıçı.....	387
29.1.2. T tipli termonizamlayıcılar.....	şkalasız 389

29.1.3.	K	tipli 391
termonizamlayıjılar.....		
29.2. Soyuduju	qurğuların	avtomatik 392
nizamlanması.....		
29.2.1. Kompressorların	soyutma	məhsuldarlığının 394
nizamlanması.....		
29.2.2. Soyuduju agentin	buxarlandırıcıya	verilməsinin 395
nizamlanması.....		
XXX		Fəsil. 403
Qradirnyalar.....		
30.1. Qradirnyada soyudulan suya havanın təsiri.....		403
30.2. Qradirnyaların konstruksiyası və hesabatı.....		404
XXXI Fəsil. Maye və quru buzun istifadə edilməsi və 411 istehsalı.....		
31.1. Maye buz.....		411
31.2. Təbii buzun hazırlanması və saxlanması.....		412
31.2.1. Hovuzlarda (su tutanlar)	buzun	412
hazırlanması.....		
31.2.2. Laylara görə dondurulan buzun hazırlanması.....		413
31.2.3. Buz-duz qarışığının fiziki xassələri.....		414
31.3. Buz və buz-duz ilə soyutma qurğuları.....		414
31.3.1. Buzxana.....		415
31.3.2. Buz anbarları.....		416
31.3.3. Duzlu su dövr edən soyudujular.....		417
31.4. Quru buz.....		418
XXXII Fəsil. Nəqliyyat soyudujuları.....		421
32.1. Dəmir yolu nəqliyyati soyudujusu.....		421
32.2. Avtomobil nəqliyyati soyudujusu.....		423
32.3. Su nəqliyyati soyudujusu.....		424
XXXIII Fəsil. Məişət soyudujuları.....		426
33.1. Kompressorlu məişət soyudujuları.....		427
33.2. Absorbsiyalı məişət soyudujuları		429
33.3. Termoelektri ki və burulğanlı soyudujular.....		433
33.4. "Minsk" soyudujuları.....		437
33.5. "Nord" soyudujuları.....		440
33.6. "Stinol" soyuduju-dondurujuları		443
33.7. "Bosjh" soyudujuları.....		445
33.8. "Ariston" kompressorlu soyudujuları və dondurujuları.....		447
33.9. "DAEWOO" kompressorlu soyudujuları (<i>Jənubi Koreya</i>).....		451

33.10. "Beko" kompressorlu soyudujuları (<i>Türkiyə</i>).....	452
33.11. Soyudujularda baş verən nasazlıqlar və onların aradan qaldırılma üsulları.....	453
<i>Əlavələr</i>	459
<i>Ədəbiyyat</i>	481

Mamedov Qabilğ Balakişi oqlı
doktor texniçeskix nauk, professor
Allaxverdieva Qaxira Muzaffar kızı
doktor filosofii po texnike

TEPLO-XLADOTEXNİKA
(uçebnik)

Baku - «Glm» - 2011