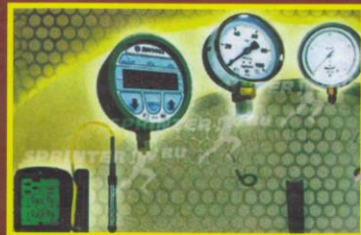


Q.B.Məmmədov
Q.M.Allahverdiyeva
M.C.Cəfərov

İSTİLİK VƏ SOYUTMA
TEXNİKASI ÜZRƏ
PRAKTİKUM



Q.B.Məmmədov Q.M.Allahverdiyeva
M.C.Cəfərov

İSTİLİK VƏ SOYUTMA TEXNİKASI
ÜZRƏ PRAKTİKUM

(dərs vəsaiti)

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 07 iyun
2011-ci 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.Bağirov**; texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent **C.Ə.Məmmədov**; texnika üzrə fəlsəfə doktoru, baş müəllim **M.M.Tağıyev**

Q.B.Məmmədov, Q.M.Allahverdiyeva, M.H.Cəfərov

İstilik və soyutma texnikası üzrə praktikum - Bakı: Elm, 2011, 148 s. (Dərs vəsaiti)

Kitabda havanın qaz sabitinin, mütləq təzyiqin müxtəlif qiymətlərində havanın kütləsinin, havanın orta istilik tutumunun, istilikötürmə əmsalının təyini, saxlama kamerasının istilik balansının tədqiqi, yanacaqın sıxlığının və özlüyünün təyini kimi laboratoriya işləri geniş təhlil olunur. Burada soyuducu agentlərin termodinamik diaqramlarının qurulması, tsiklin verilən işçi parametrlərlə qurulması, tsiklin hesabı, kompressorun mühərrikinin gücünün təyini, ikipilləli maşının hesabı və hava soyuducusunun hesabına dair praktiki məşğələlərin təhlili və onlara aid məsələlər verilmişdir.

Dərs vəsaitindən qida məhsullarının mühəndisliyi və aqrar mühəndislik istiqamətində təhsil alan tələbələr, eləcə də bu sahədə çalışan mühəndis, mütəxəssis və elmi işçilər istifadə edə bilərlər.

GİRİŞ

Aqrar sahənin qarşısında duran əsas problemərdən biri və vacibi əhalinin ərzaq məhsulları ilə etbiralı təminatıdır. Azərbaycanı əhalinin ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsi qida məhsulları istehsalı və emalında müasir innovasiya texnologiyalarının tətbiqini tələb edir. Qida insanı xarici mühitlə əlaqələndirən ən mühüm amildir. Qida məhsullarının emalı və saxlanması istilik və soyutmanın xüsusi yeri vardır. İstiliyin alınmasında təbii enerji ehtiyatlarından istifadə edilir.

Təbiətdə enerji ehtiyatı müxtəlif yanacaq yataqlarının, suyun, küləyin, günəşin enerjisi və nüvə enerjisi şəklində mövcuddur. Müasir texnikanın səviyyəsinə uyğun olaraq və iqtisadi mülahizələrə görə göstərilən təbii enerjilərdən ən çox istifadə olunan yanacağın (kömür, neft, qaz, torf, slans) kimyəvi enerjisi və axar suyun enerjisidir.

Təbii enerji ehtiyatından istifadə etdikdə enerjini elə şəkildə almağa çalışırlar ki, onun istifadə edilməsi asan olsun. Məsələn, yanacağı yandıraraq istilik enerjisi hasil edirlər (yanma prosesində - anı oksidləşmə prosesində - yanacağın kimyəvi enerjisi istilik enerjisinə çevrilir).

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

- 1) mexaniki enerji hasil etmək üçün;
- 2) müxtəlif cismlərin xassələrini istənilən istiqamətdə dəyişmək üçün.

Maşınları, dəzgahları, traktorları, avtomobilləri, təyyarələri və s. hərəkətə gətirmək üçün mexaniki enerjiden istifadə edilir. İstilik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən mühərriklər mexaniki enerjini hasil edir. Elektrik enerjisi hasil edən istilik stansiyalarında yanacağın kimyəvi enerjisi istilik enerjisinə (yanmada), istilik enerjisi mexaniki enerjiyə (xüsusi mühərrikdə), mexaniki enerji isə elektrik enerjisinə (elektrik generatorunda) çevrilir.

İstilik enerjisinin mexaniki enerjiyə (istiliyin işə) və əksinə, çevrilmə proseslərini öyrənən fənnə texniki termodinamika deyilir.

İstilik enerjisindən birbaşa istifadə edərək cisimləri 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. Cisimlər arasında baş verən istilik mübadiləsi qanunlarını öyrənən fənnə istilikötürmə deyilir. Texniki termodinamika ilə istilikötürmə birlikdə istilik texnikası fənninin nəzəri əsasını təşkil edir.

Ərzaq məhsullarının uzun müddət saxlanması və müxtəlif növ ərzaqların istehsalında soyutmadan istifadə olunur. Bir çox məhsulların özünün keyfiyyət göstəricilərinin müddətli saxlanması adi soyuq şəraitdə mümkün olmur, çünki ayrı-ayrı məhsulların özlərinin saxlanma temperaturları vardır. Həmin temperaturları isə adi şəraitdə almaq mümkün olmur. Ona görə də belə temperaturların alınması soyuducular vasitəsilə yerinə yetirilir.

Bütövlükdə qida məhsullarının emalında və saxlanmasında istilik və soyutmadan geniş istifadə olunur ki, bunu da “istilik və soyutma texnikası” fənni – ümumi texniki fənnlərə aid olub, istiliyin alınma metodlarını, onun başqa enerji növlərinə çevrilməsi, istilik dəyişmə proseslərində iştirak edən işçi cisimlərin xassələrini, istiliyin və soyuğun istifadəsi və ötürülməsi üçün qurğuları öyrənir.

İstilik texnikası bölməsində istiliyin alınması, çevrilməsi, ötürülməsi və istilikdən istifadə metodları, istilik mühərrikləri və qurğuları öyrənilir.

Soyutma texnikası bölməsində süni soyuğun alınması, soyuducu qurğuların iş prinsipləri və konstruksiyaları öyrənilir.

İstilik texnikası bölməsinə qaz qanunları, dönən və dönməyən proseslər, istilik mübadiləsi prosesləri, istilikdəyişdirici aparatlar daxil edilmişdir. Soyutma texnikası bölməsini soyutma üsulları, soyuducuların tipləri, qida məhsullarının saxlanması, kompressorlu buxar soyuducu maşınların köməkçi

aparatları daxil edilmişdir.

“İstilik və soyutma texnikası” fənnindən laborator-təcrübi məşğələlər fənnin mühazirəsi ilə paralel tədris olunur. Laboratoriya işləri və praktiki məşğələlər təhsilin ayrılmaz hissəsidir. Laboratoriya işlərini yerinə yetirdikdə tələbələrin nəzəri bilikləri möhkəmlənir. Tələbə yeni biliklər alır və aldığı biliklər nəticəsində proseslərin eksperimental metodlarla tədqiqini və onlardan təcrübədə istifadə etməyi öyrənirlər.

Laboratoriya işini yerinə yetirmək üçün ümumi göstərişlər

1. Tələbə laboratoriya işinin yerinə yetirilməsinə nəzəri cəhətdən hazır olmalıdır. Bunun üçün mühazirə konspektlərindən, tədris və metodiki göstərişlərdən uyğun materialı öyrənməli, işin məqsədi barədə, dəqiq və dürüst nəticələrin alınmasını təyin edəcək lazımi şərtlər barəsində aydın təsəvvürü olmalıdır.

2. Dərs müddətində laboratoriya işini tam yerinə yetirmək üçün tələbə işçi dəftərdə qurğunun sxemini çəkməli, metodik göstərişlərə uyğun olaraq sınaqların protokol formasını hazırlamalıdır.

3. İşə başlamazdan əvvəl müəllim işin mövzusunda tələbələrin nəzəri hazırlıq səviyyəsini müəyyənləşdirir və tələbənin işi yerinə yetirməsinə hazır olması barədə nəticə çıxarır.

4. Tələbələr metodik göstərişdə nəzərdə tutulan bütün əməliyyatları yerinə yetirir, müəllim və ya laborantın icazəsi ilə qurğunu işə salır.

5. Bütün ölçmələr yerinə yetirildikdə işin eksperimental hissəsi yerinə yetirilmiş hesab olunur. Ölçmə nəticələr müəllim tərəfindən yoxlanıldıqdan sonra qurğunu söndürmək olar. Qurğu söndürüldükdən sonra iş yeri əvvəlki vəziyyətə gətirilir.

6. Yerinə yetirdiyi iş barədə tələbə yazılı hesabat hazırlayır. Mətn materialları, sxemlər, qrafiklər, cədvəllər dəqiq və səliqəli olmalıdır.

7. Növbəti dərsdə tələbə yerinə yetirdiyi işin hesabatını təhvil verir və yalnız bundan sonra növbəti işi yerinə yetirmək üçün buraxılır.

I HISSƏ

LABORATORİYA İŞLƏRİ

Laboratoriya işi № 1

Havanın qaz sabitinin təyini

Ümumi məlumatlar

İdeal qazlarda molekullar arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvəsi və molekulların həcmi nəzərə alınmır.

İdeal qazın halı mütləq təzyiq, xüsusi həcm və mütləq temperatur ilə xarakterizə olunur. Bu parametrlər arasındakı asılılıq ideal qazın hal tənliyi ilə ifadə olunur:

$$PV = RT, \quad (1.1)$$

burada P - qazın mütləq təzyiqi, N/m²;

V - qazın xüsusi həcmi, m³/kq;

T – mütləq temperatur, K;

R – qaz sabiti, $\frac{\text{Coul}}{\text{kq} \cdot \text{K}}$.

Bilirik ki, izobarik genişlənmə prosesində ($P=const$) qazın gördüyü iş aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$l = R(T_2 - T_1) \text{ Coul/kq} , \quad (1.2)$$

burada T_1 və T_2 - müvafiq olaraq prosesin başlanğıcında və sonunda qazın temperaturu.

Tutaq ki, $T_2 - T_1 = 1^0$, onda (1.2) ifadəsinə görə $R = l$ alınır. Bu ifadəyə görə qaz sabiti ədədi qiymətə sabit təzyiqdə 1 kq qazın temperaturunu 1⁰ artıqda, onun gördüyü iş bərabərdir.

Termodinamik hesabatlarda çox hallarda universal qaz sabiti

adlanan kəmiyyətdən istifadə olunur. Universal qaz sabiti ədədi qiymətcə sabit təzyiqdə 1kmol ideal qazın temperaturunu 1⁰ artırıdığında onun gördüyü işə bərabərdir.

Universal qaz sabitinin ədədi qiymətini normal şəraitdə 1kmol qaz üçün hal tənliyindən tapmaq olar:

$$PV_{\mu} = \mu RT \quad (1.3)$$

Normal şərait üçün:

$$P = 101325 \text{ N/m}^2$$

$V_{\mu} = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$ -1 kmol qazın normal şəraitdə olan həcmi

$$T = 273 \text{ K}$$

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

İstənilən qaz üçün qaz sabiti

$$R = \frac{8314}{\mu} \text{ düsturu ilə hesablanır;}$$

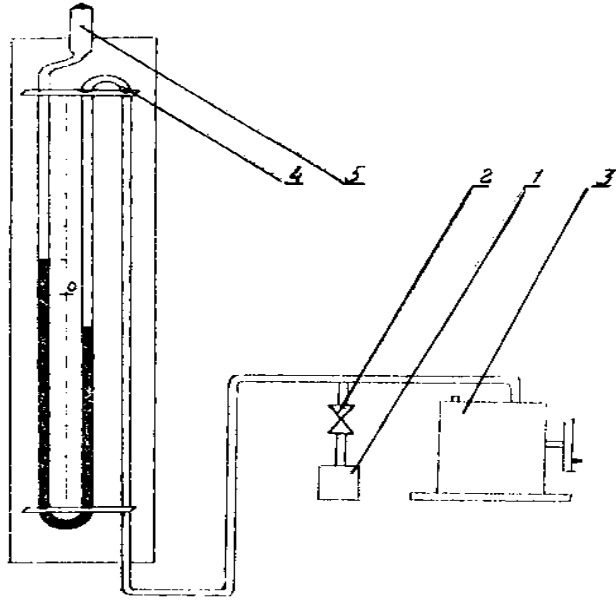
burada μ - qazın molekulyar çəkisi, kq/kmol.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Eksperimental qurğu metal qabdan (1), krandan (2), nasosdan (3), diferensial manometrdən (4) və dempfer qurğusundan (5) ibarətdir (şək.1).

Metal qab hava ilə doldurulur və təzyiqi cəvəli diferensial manometr vasitəsilə ölçülür.

Civənin diferensial manometrdən çıxması üçün dempfer qurğusu (5) qoyulur.



Şək.1. Havanın qaz sabitini təyin etmək üçün qurğu:
 1-metal qab; 2–kran; 3-hava nasosu; 4-diferensial manometr;
 5-dempfer quruluşu

Atmosfer təzyiqi və ətraf havanın temperaturu müvafiq olaraq barometr və cıvəli termometr vasitəsilə ölçülür.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Qurğunun quruluşu ilə tanışlıqdan və sxemi yoxladıqdan sonra atmosfer təzyiqi P_{bar} və ətraf havanın temperaturu ölçülür. Kran ilə birlikdə qabın kütləsi ölçüldükdən sonra, qab nasosa və difmanometrə birləşdirilir.

Nasosun vasitəsilə qabda təzyiq artırılır və kran bağlanır. Bu halda qaba müəyyən miqdarda hava daxil olur. Sonra qabın vurulan hava ilə birlikdə kütləsi çəkilir. Nasos ilə qaba vurulan havanın kütləsi:

$$G = G_2 - G_1$$

burada G_1 - qab ilə kranın kütləsi (hava vurulana qədər).

Bu halda qabdakı təzyiq barometrik təzyiqə bərabərdir, P_{bar} , N/m²;

G_2 – hava vurulduqdan sonra qab ilə kranın kütləsi.
Bu halda qabdakı təzyiq P , N/m² olur.

$$P_{mut} = P + P_{bar} \quad (1.4)$$

Qaba vurulan havanın xüsusi həcmi aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$v = \frac{V}{G} = \frac{\pi d^2}{4G} \cdot \ell \quad m^3/kg, \quad (1.5)$$

burada V - qabın həcmi, m³;

d - qabın daxili diametri, m;

ℓ - qabın uzunluğu, m.

Qabda, havanın sıxılma prosesini izotermik proses qəbul edərək, qabdakı havanın temperaturunu ətraf mühitin temperaturuna bərabər götürürük.

Qaz sabiti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$R = \frac{PV}{T} \quad (1.6)$$

Təcrübənin nisbi xətası aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\delta_R = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta M}{M} = \frac{\Delta \ell}{\ell} + \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta M}{M}$$

burada Δ - ayrı-ayrı kəmiyyətlərin ölçmələrində mütləq xətdir, hansı ki, dəqiqlik dərəcəsi müvafiq ölçü cihazları vasitəsilə təyin olunur.

Ölçü cihazlarının göstəriciləri və təcrübənin nəticələri cədvəl 1-də qeyd olunur.

Cədvəl 1

Ölçü cihazlarının göstəriciləri və təcrübənin nəticələri

Xarici havanın temperaturu, T	Atmosfer təzyiqi, P_{bar}	Qabdakı izafi təzyiq, P_{iz}	Qaba hava vurulan vaxta qədər kütləsi, G_1	Qabın vurulan hava ilə birlikdə kütləsi, G_2	Havanın kütləsi, G	Qaz sabiti, R	Nisbi xəta

Yoxlama sualları

1. İdeal qazlar hansı parametrlərlə xarakterizə olunur?
2. Universal qaz sabiti nəyə bərabərdir?
3. Mütləq təzyiqin ölçü vahidi necədir?
4. Eksperimental qurğuda dempfer qurğusu nə üçün qoyulur?
5. Təcrübədə qaz sabiti hansı düsturla təyin olunur?

Laboratoriya işi № 2

Mütləq təzyiqin müxtəlif qiymətlərində havanın kütləsinin təyini

Ümumi məlumatlar

İdeal qazların halı aşağıdakı əsas üç parametrlə xarakterizə edilir: xüsusi həcm, mütləq təzyiq və mütləq temperatur.

Bu parametrlər bir-biri ilə aşağıdakı tənliklərlə əlaqələninir:

$$1 \text{ kq qaz üçün } PV = RT ,$$

$$G \text{ kq qaz üçün } PV = GRT ,$$

$$1 \text{ kmol qaz üçün } PV_{\mu} = \mu RT ,$$

burada P – mütləq təzyiqdır, N/m²;

V - qazın xüsusi həcmidir, m³/kq;

V - G kq qazın həcmidir, m³;

V_{μ} - 1 kmol qazın həcmidir, m³/kmol;

μ - qazın molekulyar çəkisi, kq/kmol;

R – qaz sabiti, Coul/kq;

T – qazın mütləq temperaturudur, K.

Beləliklə, əgər cismin halının iki əsas parametri müəyyən edilərsə, üçüncü parametr tənlikləri ilə tapılır. Mütləq təzyiq atmosfer təzyiqindən artıq və ya az ola bilər.

Birinci halda mütləq təzyiq barometr və manometrin göstəricilərinin cəminə bərabərdir:

$$P = P_{bar} + P_{man}$$

İkinci halda isə barometr və vakuummetr göstəricisinin fərqinə bərabərdir:

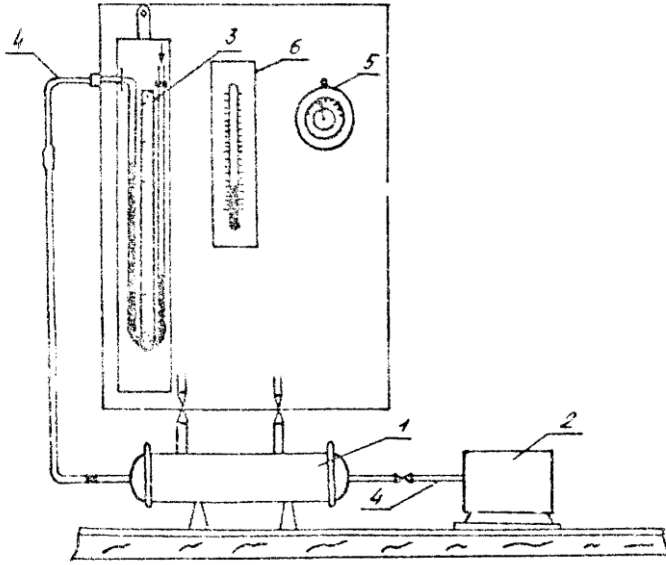
$$P = P_{bar} - P_{vak}$$

Eksperimental qurğunun quruluşu

Havanın kütləsini təyin etmək üçün istifadə edilən qurğu diametri 0,25 m və uzunluğu 0,6 m olan silindrik qabdan (1), Komov vakuum nasosundan (2), civə vakuummetrindən (3) və birləşdirici borudan (4) ibarətdir (şəx. 2).

Atmosfer təzyiqi (barometrik) və havanın temperaturu qurğu üzərində yerləşdirilmiş barometr (5) və termometr (6) vasitəsi ilə ölçülür.

Sınağa başlamazdan əvvəl qurğunun quruluşu ilə tanış olmaq, ölçü cihazlarının düzgün qurulmasını yoxlamaq və laboratoriya işini hazırlamaq lazımdır.



Şək.2. Havanın kütləsini təyin etmək üçün qurğu:

1-silindrik qab; 2-Komov nasosu; 3-vakuummətr; 4-birləşdirici boru; 5-barometr; 6- termometr

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Komov nasosunun köməyi ilə silindrik qabdan müəyyən miqdarda havanı ixrac edərək cıvənin U şəkilli manometrə göstəricisini qeydə almaq lazımdır.

Bundan başqa barometrik təzyiq və havanın temperaturu ölçülməlidir.

Havanın kütləsi ideal qazın hal tənliyindən müəyyən edilir.

$$G = \frac{PV}{RT}$$

Təcrübədən alınan qiymətlərə əsasən cədvəl tərtib edilir (cədvəl 2).

Təcrübənin nəticələri

№	Maddə	Kimyəvi işarəsi	Qaz sabiti, R $\frac{\text{Coul}}{(\text{kq}\cdot\text{dər})}$	Təzyiq mm. c.st.			Temperatur t^0, C
				P_{man}	P_{vak}	P_{bar}	

Yoxlama sualları

1. Qaz parametrləri bir-biri ilə hansı asılılıqlarla bağlıdır?
2. Mütləq təzyiq atmosfer təzyiqindən artıq olduqda hansı düsturla təyin olunur?
3. Mütləq təzyiq atmosfer təzyiqindən az olduqda hansı düsturla hesablanır?

Laboratoriya işi № 3**Havanın orta istilik tutumunun təyini***Ümumi məlumatlar*

Hər hansı termodinamik prosesdə vahid miqdarda maddənin temperaturunu 1^0 dəyişmək üçün lazım olan istiliyə xüsusi istilik tutumu və ya sadəcə istilik tutumu deyilir.

İstilik tutumları arasında müəyyən əlaqə vardır. Bu əlaqə bunlardan biri vasitəsilə qalanlarını tapmağa imkan verir:

$$C_{pm} = \frac{C_{pm} \cdot 22,4}{\mu};$$

$$C_{pm\mu} = C_{pm} \cdot \mu,$$

burada μ - 1 kmol qazın kütləsi, kq/mol;

22,4 -normal şəraitdə 1kmol qazın həcmi, m³/kmol.

İdeal qazın istilik tutumu temperaturdan asılıdır. Qazın istilik tutumu prosesin dəyişmə xarakterindən və halından asılıdır. Texniki termodinamikada istilik tutumu iki halda, yəni sabit təzyiqdə C_p (izobarik) və sabit həcmdə C_v (izoxorik) öyrənilir.

Sabit təzyiq və sabit həcm istilik tutumları arasında müəyyən əlaqə vardır. Bu əlaqə vasitəsilə onların biri məlum olduqda digərini tapmaq olar. İdeal qazlar üçün bu əlaqə Mayer düsturu ilə təyin olunur:

$$C_{vm} = C_{pm} - R;$$

$$C_{vm\mu} = C_{pm\mu} - \mu R;$$

$$C'_{vm} = C'_{pm} - \frac{\mu R}{22,4},$$

burada C_{pm} , C'_{pm} , $C_{pm\mu}$ -müvafiq olaraq sabit təzyiqdə kütlə, həcm və mol istilik tutumlarıdır;

C_{vm} , C'_{vm} , $C_{vm\mu}$ - müvafiq olaraq sabit həcmdə kütlə, həcm və mol istilik tutumlarıdır;

R – qaz sabitidir, kCoul/kq·K;

μ - 1 kmol qazın kütləsi, kq/kmol.

Eksperimental qurğunun quruluşu

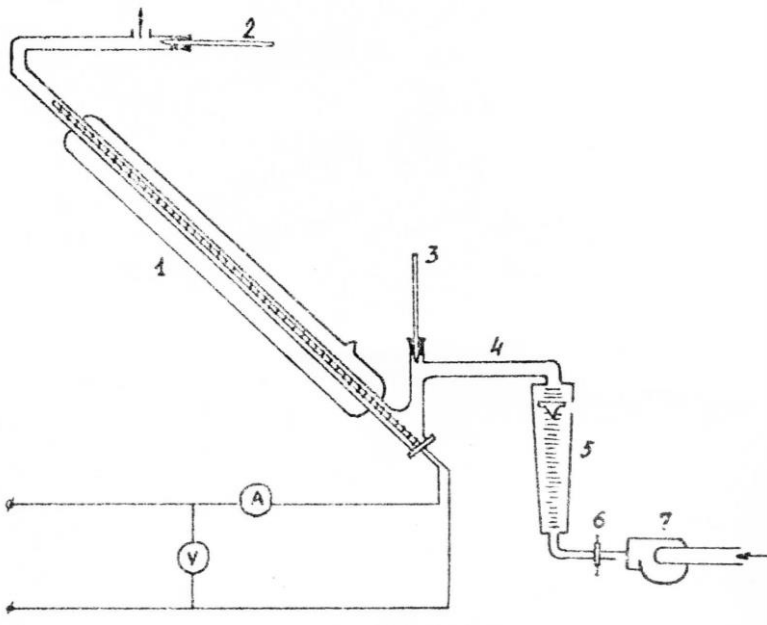
a) Sabit təzyiqdə orta həcm istilik tutumunu C'_{pm} otaq temperaturundan, 45-50⁰C kimi olan temperatur intervalında təyin etməli.

b) Hesabat yolu ilə sabit təzyiqdə və sabit həcmdə orta kütlə və orta mol istilik tutumlarını həmin temperatur intervalında tapmalı.

c) Alınan istilik tutumlarının qiymətlərini cədvəl qiymətləri

ilə müqayisə etməli.

Bu işdə havanın orta istilik tutumu düz axımlı kalorimetrik üsulla təyin edilir. Təcrübə ilə qazın sabit təzyiqdə həcm istilik tutumu təyin edilir, sabit həcmdə həcm istilik tutumunu təyin etmək çətindir və dəqiq nəticə vermir. Qurğu düz axımlı şüşə kalorimetrdən (1), kalorimetrdən keçən havanı qaldırmaq üçün yerləşdirilmiş elektrik qızdırıcısından (4) ibarətdir. Qızdırıcının ucluğuna gələn cərəyan reostat ilə tənzim edilir (şək. 3).



Şək. 3. Havanın orta istilik tutumunu təyin etmək üçün qurğu:
1-kalorimetr; 2 və 3-termometr; 4-birləşdirici boru; 5-reometr; 6-sıxıcı; 7-ventilyator

Cərəyan və gərginlik ampermetr və voltmetr ilə ölçülür. Ayrılan istilik elektrik enerjisinin sərfinə görə tapılır. Xarici mühitə istilik itkisini azaltmaq üçün kalorimetr gümüşlənmiş şüşə örtüklə əhatə olunur və kalorimetrlə bu səth arasındakı hava çıxarılır.

Ventilyator (7) vasitəsilə sistemdən atmosfer havası sorulur. Keçən havanın sərfini tənzimləmək üçün sıxıcıdan istifadə olunur.

Kalorimetrin girişində və çıxışında havanın temperaturunu ölçmək üçün müvafiq olaraq (2) və (3) termometrləri qoyulur.

Vahid zamanda kalorimetrdən keçən havanın həcmi bilmək üçün reometrdən (5) istifadə olunur. Reometr sistemə boru (4) vasitəsilə birləşdirilir.

Reometr hava kanalı və diferensial manometrdən ibarətdir. Hava kanalının içərisində beş müxtəlif diametrlə diafraqmalı tıxac yerləşdirilir. Tıxacı fırlamaqla istənilən diafraqmanı sistemə qoşmaq olar. Diferensial manometr distillə edilmiş su ilə doldurulur. Reometr diafraqmadan keçən qaz axınının təzyiqlər fərqi, yəni diafraqmadan qabaq və sonrakı təzyiqi ölçür. Belə ki, qaz diafraqmadan keçərək yerli müqavimətə rast gəlir. Ona görə də diafraqmanın qabağında təzyiq böyük, diafraqmadan sonra isə təzyiq kiçik olur. Qaz axınının sürəti və təzyiqlər fərqi arasındakı mütənəsiblikdən istifadə edərək kalorimetrdən keçən qazın sərfini tapmaq olar.

Bu təcrübədə qazın sərfini, təzyiqlər fərqi ilə diafraqmadan keçən qazın miqdarı üçün qurulmuş əyridən tapmaq olar. Reometrın hər bir diafraqması üçün ayrı-ayrı verilir.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

İşə başlamazdan qabaq qurğunun sxemi ilə tanış olmalı, ölçü cihazlarının düzgün qoşulmasını yoxlamalı. Laboratoriya işi üçün protokol hazırlamaq lazımdır.

Sonra ventilyator və qızdırıcı işə salınaraq, reostatların köməyi ilə sabit sərfdə kalorimetrdən çıxan havanın temperaturu 45-50⁰ çətdirilməlidir.

Alınmış istilik rejimində hər üç dəqiqədən bir ölçü cihazlarından aşağıdakı qiymətlər götürülür. Cərəyan şiddəti I qızdırıcının ucluqlarındakı gərginlik U , atmosfer təzyiqi P_{bar} , diferensial manometrdəki təzyiqlər düşgüsü h və buna uyğun olaraq qazın

həcmi V_1 , kalorimetrin girişində havanın temperaturu t_1 , çıxışında havanın temperaturu t_2 . Alınan qiymətlər cədvəl 3.1-də verilir.

Cədvəl 3.1

Təcrübənin nəticələri

№	I	U	W	P_{bar}	h	V_1	t_1	t_2

$t_1 \dots t_2$ intervalında sabit təzyiqdə orta həcm istilik tutumu aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$C'_{pm} = \frac{Q}{V_N(t_2 - t_1)} \text{ kCoul/m}^3 \text{ дяр},$$

burada Q - havaya qızdırıcı vasitəsilə verilən istiliyin miqdarı

$$Q = W = IU, \text{ kCoul/san},$$

burada W – elektrik qızdırıcısının tələb etdiyi güc, kVt;
 V_N – normal şəraitdə kalorimetrdən keçən havanın həcmidir, m³/san;

t_1 - kalorimetrin girişində havanın temperaturu, °C;

t_2 - kalorimetrin çıxışında havanın temperaturu, °C.

Normal şəraitdə kalorimetrdən keçən havanın miqdarı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\frac{P_b V_1}{T_1} = \frac{P_N V_N}{T_N}$$

buradan
$$V_N = \frac{P_b \cdot V_1 \cdot T_N}{P_N \cdot T_1}, \quad \text{m}^3/\text{san}$$

burada P_b, V_1, T_1 - təcrübə şəraitində havanın parametrləridir;

V_N, P_N, T_N - normal şəraitdə havanın parametrləridir.

Sabit təzyiqdə və sabit həcmdə çəki və kilomol istilik tutumları düsturların köməyi ilə tapılır. Təcrübə ilə alınmış istilik tutumları ilə cədvəldə verilmiş istilik tutumlarını cədvəl şəklində müqayisə etmək lazımdır (cədvəl 3.2).

Cədvəl 3.2

İstilik tutumlarının qiymətləri

Nəticələr	İstilik tutumları				
	C'_{pm}	C_{pm}	C_{vm}	$C_{pm\mu}$	$C_{vm\mu}$
Təcrübədən					
Hesabatdan					
Cədvəl qiyməti					
Xəta, %					

Yoxlama sualları

1. İstilik tutumu nəyə deyilir?
2. İdeal qazın istilik tutumu nədən aslıdır?
3. Mayer düsturu necədir?
4. Reometr hansı əməliyyat üçün nəzərdə tutulur?

Laboratoriya işi № 4

İstilikötürmə əmsalının təyini

Məqsəd: İstilikdəyişdirici aparatlarda istilikötürmə proseslərinin nəzəriyyəsinə ətraflı öyrənmək, buxar-su istilikdəyişdirici aparatın quruluşu və iş prinsipi ilə tanış olmaq və həmçinin istilik mübadiləsinin intensivliyinə təsir edən müxtəlif faktları təyin

etməkdir.

«Boru daxilində boru» tipli istilikdəyişdiricidə istilikötürmə əmsalını təyin etməli. Ölçmələri istilik daşıyıcıların düz axımlı və əks axımlı hərəkət sxemində aparmalı.

Ümumi məlumatlar

İstiliyin isti mayedən (qazdan) soyuq mayeyə (qaza) ötürülməsini təmin edən qurğuya istilikdəyişdirici aparat deyilir. İstilik daşıyıcıları kimi müxtəlif maye və qazdan istifadə edilə bilər. Qida sənayesində rekuperativ istilikdəyişdirici aparatlarda müxtəlif temperatura malik olan istilik daşıyıcılar divar vasitəsilə bir-birindən ayrılırlar. Rekuperativ istilikdəyişdirici aparatın ən sadə növünə «boru daxilində boru» tipli istilikdəyişdirici aiddir.

İstiliyin bir istilik daşıyıcıdan digər istilik daşıyıcıya ötürülməsinə istilikötürmə prosesi deyilir.

İstilikötürmə prosesinə isti istilik daşıyıcıdan divarın səthinə istiliyin verilməsi (α_1), divardan istiliyin keçməsi (λ) və divardan soyuq istilik daşıyıcısına istiliyin verilməsi (α_2) prosesləri daxildir.

Bir təbəqəli yastı divar üçün istilikötürmə əmsalı aşağıdakı düstur ilə tapılır:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad \frac{Vt}{m^2K} \quad (4.1)$$

Silindrik divar üçün isə

$$K_\ell = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{\delta}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}, \quad \frac{Vt}{m^2K} \quad (4.2)$$

$R = \frac{1}{K}$ - istilikötürmənin termiki müqaviməti adlanır. İstilik-dəyişdirici aparatda isti istilik daşıyıcıdan soyuq istilik daşıyıcıya verilən istiliyin miqdarı aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{op} , \quad (4.3)$$

burada F – divarın səthinin sahəsi, m²;

Δt_{op} - orta temperatur basqısı, °C.

İstilikdəyişdirici aparatın girişində və çıxışında istilikdaşıyıcıların (isti və soyuq) temperaturları aşağıdakı kimi işarə olunur:

t'_2 - girişdə isti istilik daşıyıcının temperaturu;

t''_2 - çıxışda isti istilik daşıyıcının temperaturu;

t'_1 - girişdə soyuq istilik daşıyıcının temperaturu;

t''_1 - çıxışda soyuq istilik daşıyıcının temperaturu.

İstilik daşıyıcıların axın istiqamətlərindən asılı olaraq reku-perativ istilikdəyişdirici aparatlar düz axımlı, əks axımlı, çarpaz axımlı və qarışıq axımlı olur.

Orta temperatur basqısı aşağıdakı düstur ilə tapılır:

$$\Delta t_{op} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_k}{2,3 lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_k}} , \quad (4.4)$$

burada Δt_{δ} - böyük temperatur basqısı;

Δt_k - kiçik temperatur basqısı;

$\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_k} \leq 1,7$ olduqda, onda Δt_{op} qiymətini aşağıdakı

düstur ilə tapmaq olar:

$$\Delta t_{op} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_k}{2} .$$

«Boru daxilində boru» tipli istilik aparatında isti istilik daşıyıcı xarici boru daxilində və soyuq istilik daşıyıcı ilə daxili borunun daxilində axır.

İstilik daşıyıcıya ötürülən istiliyin miqdarı aşağıdakı düstur ilə təyin olunur:

$$Q = C_{P_2} G_2 (t_1'' - t_1'), \quad \forall t \quad , \quad (4.5)$$

burada G_2 , C_{P_2} - müvafiq olaraq soyuq mayenin sərfi kq/san və istilik tutumu kCoul/kq-dər.

(4.3) və (4.5) düsturlarını bir-birinə bərabər götürsək:

$$K \cdot F \cdot \Delta t_{op} = C_{P_2} G_2 (t_1'' - t_1') \quad (4.6)$$

(4.6) ifadəsindən istilikötürmə əmsalı tapılır

$$K = \frac{C_{P_2} G_2 (t_1'' - t_1')}{F \cdot \Delta t_{op}} ,$$

burada F – istilik mübadiləsi olan səthin sahəsi, m²:

$$F = \pi d \ell ,$$

burada d - daxili borunun xarici diametri, m;

ℓ - daxili borunun uzunluğu, m.

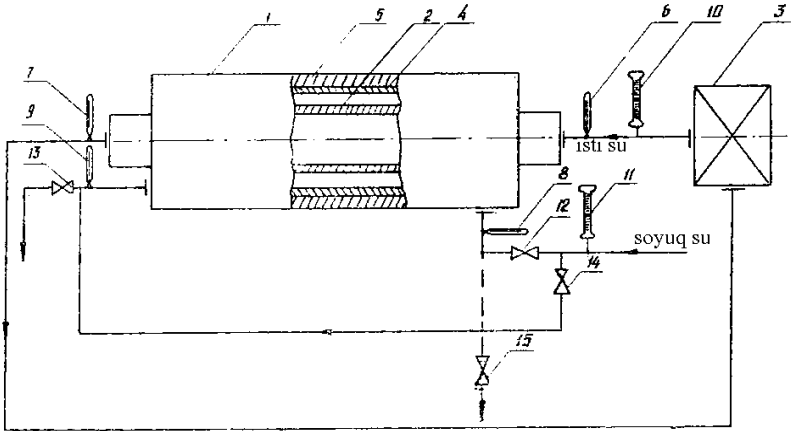
Eksperimental qurğunun quruluşu

Termostatda (3) qızdırılmış isti istilikdaşıyıcı xarici boruya (4) daxil olur və istiliyi daxili borunun divari vasitəsilə soyuq suya verir. Xarici borunun çıxış ştuserindən çıxan su yenidən termostata daxil olur. Soyuq su ventildən (12) keçərək, daxili boruya

daxil olur və burada hərəkət edərək qızır. Daxili borudan isinmiş su ölçü qabına daxil olur və oradan kanalizasiyaya axıdılır.

Suyun sərfi ölçü qabın dolduğu vaxta görə ölçülür və ventil (15) ilə tənzimlənir (şək. 4).

İsti və soyuq suyun istilikdəyişdiricinin girişində və çıxışında temperaturları ölçmək üçün 1, 4, 6, 8 termometrlər qoyulmuşdur.



Şək. 4. İstilikötürmə əmsalının təyini üçün qurğu:

1-istilikdəyişdirici aparat; 2-daxili boru; 3-termostat; 4-xarici boru; 5-istilik izolyasiyası; 6, 7, 8, 9-civəli termometrlər; 10, 11-rotometrlər; 12, 13, 14, 15-ventillər

İstilikdaşıyıcıların hərəkəti düz axımlı və əks axımlı sxem ilə ola bilər. Bunun üçün isti suyun çıxan və daxil olan xətlərinin (şlanqın) yerini dəyişdirmək lazımdır.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

1. Termostatın qızdırıcı elementini və nasosunu işə qoşmalı, kontaktlı termometrə tələb olunan temperatur qoymalı.

2. Ventil (12) vasitəsilə soyuq suyun sərfini tənzimləməli.

3. Elə bir iş rejimi yaratmalı ki, istilikdəyişdiricinin çıxışında istilik daşıyıcının temperaturunun dəyişməsi 1-2°C-dən çox

olmasın.

4. Hər bir 5 dəqiqədə termometrlərin göstəricilərini və soyuq su sərfini qeyd etməli.

5. Təcrübənin davam etmə müddəti 25-30 dəqiqədir. Ölçməni həm düz axım və həm də əks axım üçün aparmalı və nəticələri cədvəl 4-də qeyd etməli.

Cədvəl 4

Təcrübənin nəticələri

№	Termometrin göstəricisi				Suyun sərfi	Ölçmələr arasında vaxt	Suyun saniyəlik sərfi
	isti su		soyuq su				
	girişdə	çıxışda	girişdə	çıxışda	G_1 kq	san	G_2 kq/san
	t'_2 °C	t''_2 °C	t'_1 °C	t''_1 °C			
Düz axım							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Əks axım							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Yoxlama sualları

1. İstilikdəyişdirici aparat nəyə deyilir?
2. İstilik daşıyıcı kimi nədən istifadə edilir?
3. Rekuperativ istilikdəyişdiricisi hansı prinsiplə işləyir?
4. İstilikötürmə prosesi hansı prosesə deyilir?
5. İstilik daşıyıcıya ötürülən istilik miqdarının tənlili necədir?

Laboratoriya işi №5

Saxlama kamerasının istilik balansının tədqiqi

Məqsəd: Saxlama kamerasının istilik balansını təşkil edən parametrlərin və onun fiziki modelləşdirilməsinin mümkünlüyünün öyrənilməsi.

Ümumi məlumatlar

Laboratoriya işində ventilyasiyalı saxlama kamerasının istilik balansını tədqiq olunur:

$$\Gamma = (-\Gamma_1 - \Gamma_3) + (\Gamma_2 + \Gamma_4 + \Gamma_5) = 0, \quad (5.1)$$

burada Q - istilik axınlarının balansı;

Q_1 - daxili havadan divarlardan;

Q_2 - daxil olan məhsuldan;

Q_3 -ventilyasiyadan;

Q_4 - texnoloji avadanlıqdan;

Q_5 - məhsulun nəfəsindən.

"-" və "+" işarələri istiliyin kameradan çıxmasını və ya oraya daxil olmasını göstərir. $Q < 0$ olduqda kamerada istilik kifayət qədər deyil, bu da divarlardan və ventilyasiya havasından istiliyin aparılmasını göstərir Q_1 və Q_3 . $Q > 0$ olduqda, yəni Q_2 , Q_4 və Q_5 istilik axınlarının hesabına kamerada lazım olandan artıq istilik var.

Q_1 istilik axını kameranın divarlarının istilikvermə əmsalından asılıdır (k_d):

$$\kappa_d = \frac{\Gamma_1}{\Phi(t_o - t_x)}, \quad \text{Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}, \quad (5.2)$$

burada $F=2 \cdot (ab+ah+bh)$ - kameranın səthinin (divarlarının)

sahəsi, m²;
 a, b, h - kameranın ölçüləri, m;
 t_d - kameranın daxili temperaturu, °C;
 t_x - xarici havanın temperaturu, °C.

Q_l istilik axınının gücü kameranın daxili və xarici temperatur-ları ilə müəyyənləşdirilir. Bu zaman Q_2, Q_4 və Q_5 istilik axınları işlək vəziyyətdə və ventilyasiya $Q_3=0$ olmalıdır. Onda balans za-manı kameraya məhsuldan və texnoloji avadanlıqdan daxil olan istilik miqdarı kameranın divarlarından çıxan istilik miqdarına bə-rabər olmalıdır.

$$\Gamma_1 = \Gamma_2 + \Gamma_4 + \Gamma_5. \quad (5.3)$$

Eksperimental qurğunun quruluşu

Laboratoriya qurğusu- kameranın fiziki modeli-havanın qızdı-rılması və soyudulması proseslərinin modelləşdirilməsi üçün nə-zərdə tutulub.

Eksperimental laboratoriya qurğusu (şək. 5.1) ventilyatorlu 2 kameradan 1, temperatur vericisindən 3 və qızdırıcılar blokundan 6 ibarətdir. Kameranı idarə etmək üçün idarəetmə bloku nəzərdə tutulub. Kamera daxildən lampə 4 ilə işıqlandırılır. Kameranın divarları preslənmiş kartondan, ön hissəsi isə şüşədən hazırlanır.

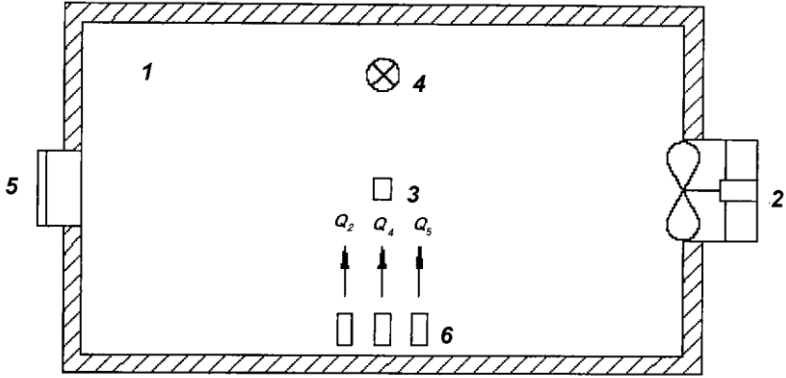
Qızdırıcılar bloku 6 dörd nizamlanan qızdırıcıdan ibarətdir. Qızdırıcılar qidalandırma bloklarına bərkidilib.

Ventilyasiya pəncərəsi vasitəsilə hava verərək ventilyator ka-meranı soyudur.

Qızdırma rejimində ventilyasiya pəncərəsi 5 bağlanaraq qız-dırıcılardan biri və ya bir neçəsi işə salınır.

Soyutma rejimində ventilyasiya pəncərəsi açılaraq ventilyator işə salınır. Temperatur dəyişməsi nəticəsində kamerada havanın temperaturu daxildəki temperatūra yaxınlaşır.

Qidalandırıcı blokun gərginliyini tənzimləməklə qızdırıcının gərginliyi təmin edilir. Bundan sonra onlar söndürülür.



Şək.5.1. Saxlama kamerasında istiliyik balansının fiziki modeləşdirilməsi üçün eksperimental qurğu:
 1-kamera; 2-ventilyator; 3-temperatur vericisi; 4-lampa; 5-siyirtməli ventilyasiya pəncərəsi; 6-qızdırıcılar bloku

Ventilyasiya bloku açılır və ventilyator işə salınır. Daxildəki temperatur xarici temperaturla bərabərləşənə kimi ventilyator işləyir. Bundan sonra fiziki modelin parametrləri ilkin vəziyyətə gətirilmiş hesab olunur.

Kameranın qızdırılma xarakteristikasının alınması. Ventilyasiya pəncərəsinin siyirtməsi örtülür. Qızdırıcılar və ventilyator işə salınır, müəyyən müddətdən bir kameranın daxilində t_d və xaricində t_x temperaturlar ölçülür. Kameranın daxilində temperatur artmağa başlayır: ventilyasiya havanı qarışdırır, bununla da kamerada temperaturu bərabərləşdirir. Temperatur yalnız qızdırıcıların hesabına deyil, həmçinin işıqlandırıcı lampa və ventilyatorun elektrik mühərriki 2 vasitəsilə də artır. Ölçmələrin nəticələri cədvəl 5-ə yazılır.

Temperaturun hesablanması kameranın stabilləşməsinə qədər yerinə yetirilir.

Ölçmələrin nəticələrindən istifadə edərək qızdırıcının temperatur xarakteristikası $t=f(T)$ qurulur.

Soyutma xarakteristikasının alınması. Qızdırıcılar söndürülür, ventilyasiya pəncərəsinin siyirtməsi açılaraq ventilyator işə salınır. Müəyyən müddətdən bir kameranın daxilində t_d və xaricindəki temperatur t_x ölçülür. Xaricdən havanın daxil olması hesabına kameranın temperaturu aşağı düşür, amma işıqlandırıcı lampanın və ventilyasiyanın mühərrikinin istilik axını qalır. Ölçmələrin nəticələri cədvəl 5-də yazılır. Kamerada temperatur stabilləşənə kimi eksperiment davam edir. Alınan qiymətlərdən istifadə edərək soyuducunun temperatur xarakteristikası $t=f(T)$ qurulur.

Kamerada temperaturun ventilyasiyanın işləmə müddətindən asılılığı. Qızdırıcılar söndürülür. Kameranın temperaturu xarici temperatura çatdırılır.

Ventilyasiyanın siyirtməsi bağlanılır, işıqlandırma lampası söndürülür və ventilyator işə salınır. Müəyyən müddətdən bir ventilyatorun mühərrikinin kamerada havanın qızdırılması hesabına temperaturunun artmasını müşahidə etmək olar. Ölçmələrin nəticələri cədvəl 5-də yazılır.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Nəticələrin işlənməsi eksperimentin aparılması üçün ilkin verilənlərin hesabına və iki rejim üçün temperatur xarakteristikasının qurulmasına əsaslanır.

1. Kameranın xarakteristikasının qurulması temperaturun qızdırma və soyutma müddətindən asılılığı. Cədvəl 5-in nəticələrinə əsasən $t=f(T)$ xarakteristikası qurulur və qızdırılma T_i və soyutma T_s müddəti təyin edilir (şək. 5.2).

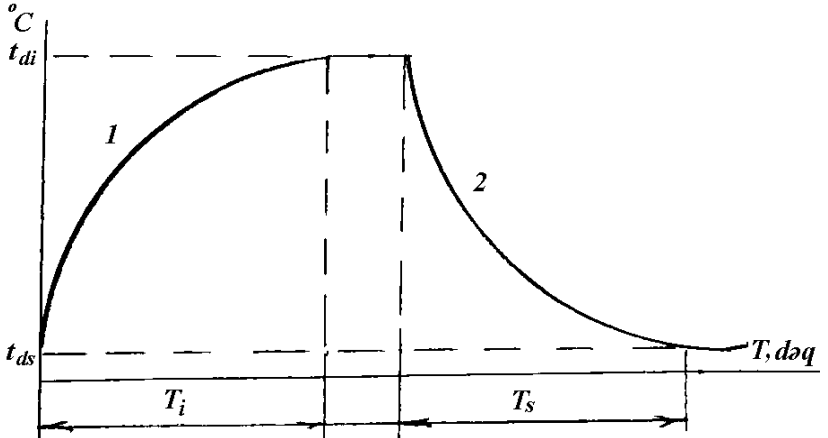
2. Q_1 səthindən keçən istilik axınının hesabı. İstilik axını t_{di} temperaturu üçün balans tənliyindən (5.3) hesablanır.

$$G_1 = G_2 + G_4 + G_5, Vt.$$

3. Orta istilik vermə əmsalı k_d istilik axını Q_1 -ə əsasən hesablanır:

$$k_d = \frac{Q_1}{F(t_{di} - t_d)}, \frac{Vt}{m^2 \cdot K},$$

burada $F=2(ab+ah+bh)$, m²- kameranın səthinin sahəsi.



Şək. 5.2. Kameranın modelinin temperatur xarakteristikası: 1- isinmə; 2-soyuma; t_{di} -isinmə zamanı kameranın temperaturu; t_{ds} -soyuma zamanı kameranın temperaturu; T_i -isinmə müddəti; T_s -soyuma müddəti

4. Ventilyatorun mühərrikinin istilik axınlarının hesabı eksperimentin nəticələrinə görə yerinə yetirilir.

$$Q_v = \kappa_d \cdot F(t_{ds} - t_d), Vt.$$

5. Ventilyatorun istilik axınının hesabı Q_3

$$\Gamma_3 = \Gamma_1 - (\Gamma_2 + \Gamma_4 + \Gamma_5), kVt.$$

Ölçmələrin nəticələri cədvəl 5-də yazılır.

Təcrübənin nəticələri

№	Kamerada temperatur, t_{diz} , °C			
	Qızdırma		Soyutma	
	T , san	t , °C	T , san	t , °C
1				
2				
3				
4				
5				

Yoxlama sualları

1. Saxlama kamerasının istilik balansının tərifini verin.
2. İstilik balansını təşkil edən parametrlərin hansının miqdarı daha böyükdür?
3. Sətli konstruksiyalardan keçən istilik axınının miqdarı nədən asılıdır?
4. Onun hesabat düsturunu yazın.
5. Nəyə görə məhsulun nəfəs alma istilik axınları stabildir, zamandan asılı deyil, amma texnoloji istilik axınları periodikdir?
6. Nəyin hesabına ventilyasiya zamanı və istilik axınları olmadıqda kamerada temperatur artır?
7. Ventilyasiya zamanı temperaturu ətraf mühitin havasının temperaturundan aşağı salmaq olarmı?
8. Məhsulu artırıdıda saxlama temperaturunun əldə olunma müddəti nəyə görə artır?

Laboratoriya işi №6**Saxlama kamerasında nəmlik balansının tədqiqi**

Məqsəd: Saxlama kamerasının nəmlik balansını öyrənilməsi. Ventilyasiya zamanı kamerada nəmliyin eksperimental tədqiqi.

Ümumi məlumatlar

Tək kamera üçün nəmlik balansının tənliyi

$$W_0 = W_1 + W_2, \text{ kq/saat,} \quad (6.1)$$

burada W_0 - kamerada nəmliyin ayrılması, kq/saat;

W_1 - məhsulun nəmliyinin ayrılması, kq/saat;

W_2 - nəmləndirici qurğunun nəmlik axını, kq/saat.

Kamerada nəmlik balansı zamanı məhsulun və nəmləndiricilərin nəmliyi ventilyasiya zamanı aparılan nəmliyə bərabərdir.

Ventilyatorla aparılan nəmlik W_v aşağıdakı düsturla hesablanır

$$W_v = M_b(D_1 - D_2) \cdot 0,001, \text{ kq,} \quad (6.2)$$

burada M_b - ventilyatordan havanın kütləvi sərfi, kq/saat;

D_1 - ventilyatorun girişində mühitin ilkin nəmlik tutumu, q/kq;

D_2 - hava soyuducusunun çıxışında son nəmlik tutumu, q/kq;

D_1, D_2 -nin qiyməti nəm havanın i -d diaqramından təyin olunur.

Saxlama zamanı məhsuldan ayrılan nəmliyin miqdarı, kq/saat:

$$W_1 = \frac{M_m \Gamma_m}{1000}, \quad (6.3)$$

burada M_m - kamerada saxlanılan məhsulun kütləsi, t;

Q_m - orta nəmlik tutumu, q (t/saat).

Kamerada istilik və nəmlik ayrılmasının uyğunluğundan E_k istifadə edərək havanın nəmləndirilməsinin lazım olmasını təyin etmək olar, kCoul/kq:

$$E_{\kappa} = \frac{\Phi}{W} = \frac{I_k - I_b}{D_{\kappa} - D_{\sigma}}, \quad (6.4)$$

burada F - kamerada istilik ayrılımları, Vt;

W - kamerada ayrılan nəmliyin miqdarı (əsasən məhsullarla), kq/san;

I_k, D_k - kamerada havanın entalpiyası, Coul/kq və nəmlik tutumu, q/kq;

I_b, D_b - kameraya verilən havanın entalpiyası və nəmlik tutumu, $i-d$ diaqramından götürülür.

Əgər $E_k > E_o$ onda qaz tərkibinin qurudulmağa ehtiyacı var, əks halda-nəmləndirilməyə ehtiyacı var. E_o qiyməti $E_o = f(T_k)$ məlumat asılılığından tapılır.

Nəmləndiricilərin miqdarı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$H_{\kappa} = \frac{\kappa_2 W_m}{W_w}, \quad (6.5)$$

burada N_n - nəmləndiricilərin sayı;

$k_2 - 1, 1 \dots 1, 2$ - ehtiyat əmsalı;

W_m - nəmləndirməyə sərf olunan suyun miqdarı, kq;

W_w - nəmləndiricilərin məhsuldarlığı, kq/san.

Daxili ventilyasiya sistemində nəmləndirilməyə sərf olunan suyun miqdarı

$$W_m = B_m \rho_{\sigma} D_{\sigma} \cdot 0,001, \text{ kq} \quad (6.6)$$

burada V_m - havanın həcmi, m³;

ρ_b - havanın sıxlığı, kq/m³;

$D_d = D_m - D_b$ - nəmləndirmədən əvvəl və sonra havanın nəmlik tutumunun fərqi, q/kq.

Kameranın nəmləndirilməsi prosesində havanın nəmliyi müəyyən qiymətə kimi artır φ_{yn} , bu zaman xarici nisbi nəmlik sabit qalır $\varphi_n < \varphi_y$. Kameranın xaricdən ventilyasiya olunması onun nisbi

nəmliyin quruma nəmliyi φ_{y0} qiymətinə kimi azalmasına gətirib çıxarır.

Nəmləndirmə müddəti T_n nisbi nəmləndirmənin φ_{y0} səviyyəsində stabilləşmə momenti ilə təyin olunur, kameranın qurutma müddəti T_0 - nisbi nəmliyin φ_{y0} səviyyəsində stabilləşmə momenti ilə təyin olunur.

İşləyən ventilyator kamerada havanı qızdırır, verilən temperaturda mütləq maksimal nəmliyi artırır.

Bu sabit nəmlik tutumunda nisbi nəmliyin azalmasına gətirib çıxarır.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Eksperimental qurğu havanın nəmləndirilməsi prosesinin fiziki modelləşdirilməsi və kameranın nəmlik xarakteristikasını əldə etmək üçün nəzərdə tutulub.

Qurğunun ümumi görünüşü şəkil 6.1-də verilib. Kamera 2 ventilyasiya pəncərəli qapalı həcmdən ibarətdir. Kameranın divarları nəmliyə davamlı kartondan, ön tərəfi-şüşədəndir. Ventilyasiya pəncərəsi yerləşən divarın önündə ventilyator 6 yerləşir. O siyirtmə 8 ilə bağlana bilər.

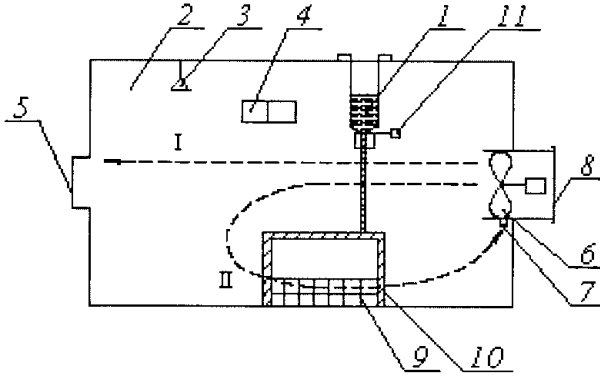
Ventilyator işlədikdə hava axını həm xaricdən, həm də daxilən, ventilyatorun köynəyinin dəşiklərindən sovrula bilər. Rahat nəzarət etmək üçün kamera işıqlandırıcı 3 ilə təchiz olunub.

Nəmləndirici 1 havanın kamerada nəmləndirilməsi üçün nəzərdə tutulub. O silindrdən ibarətdir. Buradan su məhsulu filtrə 10 axır. Suyun verimi mexaniki sıxıcı şəklində nizamlayıcı 11 vasitəsilə yerinə yetirilir. Nəmləndirici kimi qalınlığı 5...7 mm olan və məhsulun üzərini örtən paralondan da istifadə etmək olar.

Kamerada nəmliyi və temperaturu ölçmək üçün iki ədəd elektron termometr 4 yerləşir. Bunların biri quru- t_1 və nəm t_2 termometrləridir. Anoloji termometrlər kameranın xaricindədir.

Kameranı nəmləndirmək üçün nəmləndiriciyə 10 ml su töküüb ventilyatoru işə salmaq lazımdır. Siyirtmə ventilyatorun kameranın xaricində olan hissəsini örtməlidir. Bu halda filtr 10 su

ilə islanır və hava axını ilə üfürülür. Hava axını nəm buxarını kameraya və məhsula üfürür (yol 2), sonra yenidən 7 deşiyindən ventilyatora qaytarılır.



Şək.6.1. Saxlama kamerasında nəmləndirməni nizamlamaq üçün qurğu:

1-nəmləndirici; 2-saxlama kamerası; 3-işıqlandırıcı; 4-elektron termometrlerin vericiləri; 5-ventilyasiya pəncərəsi; 6-ventilyator; 7-ventilyatorun köynəyində deşik; 8-siyirtmə; 9-məhsul; 10-nəmləndiricinin filtri; 11-su verimi nizamlayıcısı; I-ventilyasiya zamanı hava axınının yolu; II-nəmləndirmə zamanı hava axınının yolu

Beləliklə, hava axını təkrarən bir neçə dəfə nəmləndiricidən keçir və nəmlik artır.

Qurutmaq üçün (ventilyasiya üçün) siyirtmə 8 və ventilyasiya pəncərəsi 5 açılır. Hava axını ventilyatordan ventilyasiya pəncərəsindən çıxır. Ventilyasiya prosesində nəmləndiricidə su olmamalıdır.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

1. Nəmləndirmənin xarakteristikasının qurulması. Ventilyasiya pəncərəsi bağlanır, nəmləndiriciyə su verilir, ventilyatorun xarici girişi bağlanır və ventilyator işə salınır.

Nəmləndirmənin dəyişməsi müəyyən müddətdən bir nəmli və quru termometrlərin göstəriciləri vasitəsilə izlənir.

Alınan nəticələr cədvəl 6.1-də yazılır. Nisbi nəmliyin qiyməti nomogramdan götürülür.

Nəmləndirmənin qiyməti nisbi nəmliyin qiyməti dəyişməyən ana kimi götürülür. Ventilyator işə salınır. Nəmləndiricidə su kəsilir.

2. Qurutmanın xarakteristikasının qurulması. Kameranın ventilyasiya pəncərəsi açılır. Ventilyatorun siyirtməsi açılır, ventilyator işə salınır.

Nəmliyin dəyişməsi müəyyən müddətdən bir quru və nəmli termometrlərin göstəricisini götürməklə izənilir.

Quru və nəmli termometrlərin qiymətləri cədvəl 6.1-də yazılır. Bu göstəricilərlə nomogramdan (əlavə 1) nisbi nəmliyin qiyməti cədvəl 6.1-də yazılır.

Nisbi nəmlik dəyişməyə qədər nəmliyin ölçülməsi davam edir.

3. İşləyən ventilyatorun kamerada nisbi nəmliyə təsiri. Bu eksperiment kamera qurudulana kimi aparılır. Kamerada temperatur $3...5^{\circ}\text{C}$ qədər qalxana kimi ölçmələr aparılır.

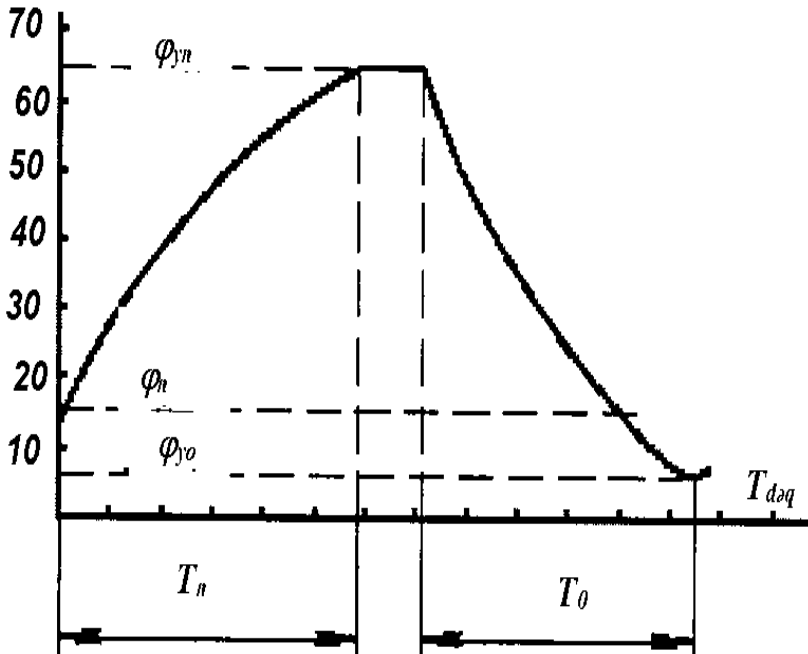
Nəticələrin işlənməsi nəmləndirmə və qurutma prosesində nəmlik xarakteristikasının qurulmasına və kamerada nəm havanın parametrlərinin hesabına əsaslanır.

1. Eksperimentin nəticələrindən istifadə edərək (cədvəl 6.1) nəmlik xarakteristikası qurulur (şək. 6.2). Qrafikdən sabit nəmliyə çatma vaxtı tapılır, ayrıca nəmlənmə və qurutma üçün də.

2. Daxili ventilyasiya zamanı kameraya lazım olan nəmliyin miqdarının hesablanması. Nəmləndirməyə lazım olan suyun miqdarının W_n təyini aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

Nəmləndirmədən əvvəl ilkin temperatur və havanın kamerada nəmliyi t_{bn} və φ_{bn} qəbul edilir.

Nəmləndirmənin sonunda son temperatur və havanın kamerada nəmliyi t_{kn} və φ_{kn} qəbul olunur.



Şək. 6.2. Nəmləndirmə xarakteristikası $\varphi(T)$:

- φ_{yn} - nəmləndirmədə kamerada yaranan nisbi nəmlik;
- φ_n - xarici nisbi nəmlik;
- φ_{yo} - qurutmada kamerada yaranan nisbi nəmlik;
- T_n - nəmləndirmə müddəti;
- T_0 - qurutma müddəti.

Verilən temperatur və nəmlikdə xarici havanın sıxlığı ρ_b təyin olunur. Kameranın daxili qabarıqları ölçülür- a , b , h , m və kameranın həcmi hesablanır $v_k = abh$, m^3 .

\dot{I} -d diaqramdan (əlavə 2) nəmlənmədən əvvəl D_{bn} və sonra D_{kn} havanın nəmlik tutumu təyin edilir.

Nəmlənmədən sonra və əvvəl nəmlik tutumunun fərqi hesablanır $D_n = D_{kn} - D_{bn}$, q/kq .

Təcrübənin nəticələri

Rejim	Sıra sayı	Zaman, dəq	Termometrin göstəricisi, °C		Nəmlilik, φ , %
			quru	nəm	
Nəmləndirmə	1	0			
	2	1			
	3	2			
	4	3			
	5	4			
	6	5			
	7	6			
	8	7			
Ventilyatorla qurutma	1	0			
	2	1			
	3	2			
	4	3			
	5	4			
	6	5			
	7	6			
	8	7			

Nəmləndirmə üçün lazım olan nəmlilik miqdarı:

$$W_n = V_m \rho_b D_n \cdot 0,001, \text{ kq.}$$

3. Məhsul modelindən buxarlanan nəmliyin miqdarı, W_0

$$W_0 = V_m \rho_b D_0 \cdot 0,001, \text{ kq.}$$

Hesabatın nəticələri cədvəl 6.2-yə yazılır.

**Nəmləndirmə və buxarlandırmada nəm havanın
parametrlərinin hesabı**

Parametr	Düstur	Nəticə
Xarici havanın sıxlığı, q/m^3	ρ_b	
Kameranın qabarıtları, m:		
- uzunluğu	a	
- eni	b	
- hündürlüyü	h	
Nəmləndirmə		
İlkin temperatur, °C	t_{bn}	
Kamerada havanın ilkin nisbi nəmliyi, %	φ_{bn}	
Son temperatur, °C	t_{kn}	
Kamerada havanın son nisbi nəmliyi, %	φ_{kn}	
Nəmləndirmədən əvvəl havanın nisbi nəmliyi, q/kq	D_{bn}	
Nəmləndirmədən sonra havanın nisbi nəmliyi, q/kq	D_{kn}	
Nəmlilik tutumları fərqi	$D_n = D_{kn} - D_{bn}$	
Nəmlik miqdarı, kq	$W_n = V_m \rho_n D_n \cdot 0,001$	
Qurutma		
İlkin temperatur, °C	t_{b0}	
Kamerada havanın ilkin nisbi nəmliyi, %	φ_{b0}	
Son temperatur, °C	t_{k0}	
Kamerada havanın son nisbi nəmliyi, %	φ_{k0}	
Qurutmadan əvvəl havanın nisbi nəmlik tutumu, q/kq	D_{b0}	
Qurutmadan sonra havanın nisbi nəmlik tutumu, q/kq	D_{k0}	
Nəmlilik tutumları fərqi	$D_0 = D_{b0} - D_{k0}$	
Nəmlik miqdarı, kq	$W_0 = V_m \rho_b D_0 \cdot 0,001$	

Yoxlama sualları

1. Hansı nəmlik ölçmə üsullarını bilirsiniz?
2. Hansı nəmləndirmə növləri bilirsiniz?
3. Kamerada verilən nəmliyi əldə etmə vaxtı nədən asılıdır?
4. Məhsuldan buxarlanan nəmliyin miqdarı necə hesablanır?

5. Nəmləndirməyə lazım olan suyun miqdarı necə hesablanır?
6. İşləyən ventilyator kameradakı nisbi nəmliyə niyə təsir edir?
7. Əgər ventilyator nəmləndiricisiz işləyirsə, kameranın nəmlik tutumu necə dəyişir?

Laboratoriya işi №7

Bitki mənşəli məhsulları qurudan infraqırmızı quruducunun tədqiqi

Məqsəd: Bitki mənşəli məhsulları qurudan infraqırmızı konvektiv quruducusunun quruluşunu və iş prinsipini öyrənmək və onun energetik xarakteristikasını təyin etmək.

Ümumi məlumatlar

Məhsulun qurudulması onun emalı və saxlanması geniş yayılan texnoloji əməliyyatlardan biridir. Qurutma zamanı məhsulun nəmliyinin çox hissəsi ayrılır.

Məhsulda su kapilyar və kimyəvi bağlı şəkildə olur. Kapilyar su makrokapilyar-sərbəst və mikrokapilyar-qiqroskopik suya ayrılır.

Sərbəst su 10^{-7} m-dən böyük radiusu olan kapilyarlarda, qiqroskopik isə 10^{-7} m-dən az radiusu olan kapilyarlarda yerləşir. Sərbəst su kapilyarlarda bilavasitə təmasda olduqda onları doldurur. Qiqroskopik su mikrokapilyarlarla həm bilavasitə təmasda olduqda, həm də nəm havadan sorbsiya yolu ilə dolur.

Kimyəvi bağlı su materialla daha sıx bağlıdır, çünki onun molekullarının tərkibinə daxildir.

Qurutma zamanı məhsuldan kapilyar su ayrılır.

Hər bir məhsul quruducu agentin nisbi nəmliyinə və temperaturuna uyğun olan tarazlıq nəmliyə kimi qurudula bilər. Tarazlıq nəmliyi o zaman baş verir ki, məhsulun üstündəki su buxarının

parsial təzyiqli havadakı su buxarının parsial təzyiqli ilə tarazlaşır.

Qurutmada aşağıdakı proseslər baş verir:

- qurudulan məhsulun üzərindəki nəmliyin buxarlanması;
- quruducu agentlə qurudulan məhsulun arasında istilikdəyişmə.

Geniş yayılmış qurutma metodlarında istilik daşıyan hava olur. O, məhsula istilik verir, suyun buxarlanmasını və yaranan su buxarının aparılmasını təmin edir.

Məhsulun üzərindən nəmliyin buxarlanmasına quruduculuq texnikasında nəmliyin xarici diffuziya prosesi deyilir. Qurudulan məhsulun səthi və havanın hərəkət sürəti nə qədər çox, temperatur t_{sa} yüksək və quruducu agentin nisbi nəmliyi nə qədər aşağı olarsa o qədər məhsulun səthindən buxarlanma intensiv gedir.

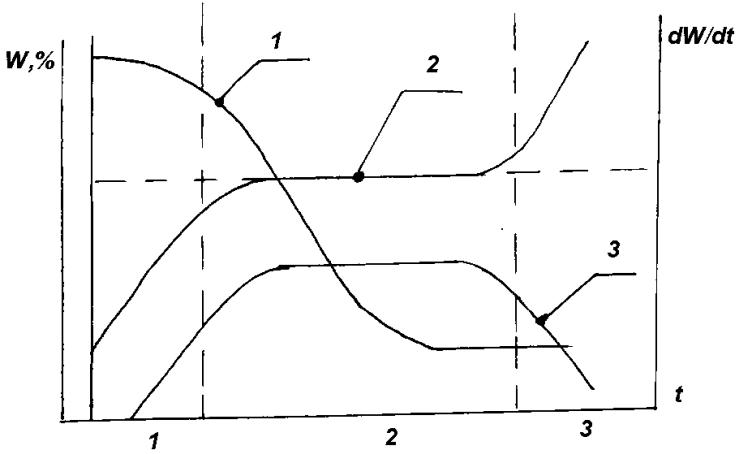
Qurutmanın əvvəlində məhsulun temperaturu aşağı olduqda onun qızdırılması və temperaturun artması baş verir (I dövr, şəkl.

7.1). Qurutma sürəti $\frac{dW}{dt}$ sıfırdan artır. II dövr məhsulun temperatur nəmliyi termometrin temperaturuna t_{nt} çatdıqda baş verir. Bu dövrdə nəmlik yüksək olur, səthin üzərindən buxarlanma mayenin üzərindən buxarlanma kimi baş verir.

Praktiki olaraq bu dövr məhsulun 50...60% nəmliyi buxarlana kimi davam edir. Qurutmanın sonrakı gedişi məhsulun daxilindəki nəmliyin hərəkətindən asılıdır.

Nəmliyin məhsulun daxilində hərəkəti nəmliyin daxili diffuziyası adlanır. Qurutma zamanı daxili nəmlik səthə tərəf hərəkət edərək bütün nöqtələrdə konsentrasiyanın tarazlığını yaratmağa çalışır.

Eyni zamanda məhsulun müxtəlif nöqtələrində temperatur fərqi ilə əmələ gələn və çox qızmış sahələrdən az qızmış sahələrə hərəkət edən, yəni qıraqlardan mərkəzə hərəkət edən nəmliyin əks termodiffuziya hərəkəti baş verir. Amma temperatur fərqi az olduğundan nəmliyin daxili hissələrdən məhsulun səthinə tərəf hərəkəti üstünlük təşkil edir ki, burada nəmliyin konsentrasiyası buxarlanma nəticəsində azalır.



Şək.7.1. Məhsulun nəmliyinin $W(1)$, temperaturun (2), $\frac{dW}{dt}$ -

nın (3) qurutma vaxtından asılılığı:

I-məhsulun qızdırılma dövrü;

II-sabit temperatur və maksimal sürətdə qurutma dövrü;

III-taraz nəmliyə çatma dövrü

Nəmliyin daxili və xarici diffuziya proseslərinin qiymətlərinin uyğunluğu böyük əhəmiyyət kəsb edir. Əgər xarici diffuziya daxilini çox qabaqlayırsa, onda məhsulun üzəri çox quruyur, üzərində qabıq əmələ gəlir və bu da məhsulun keyfiyyətini pisləşdirir və nəmliyin diffuziyasının davam etməsini çətinləşdirir.

Məhsulun üzərində nəmlik azaldıqda qurutmanın sonuncu III dövrü başlayır. Qurutma sürəti aşağı düşür. Bu dövrdə qurutma sürəti məhsulun üzərinin nəmliyi ilə təyin edilir, bu da nəmliyin daxili diffuziyasının intensivliyindən asılıdır.

Məhsulun səthindəki nəmlik taraz nəmliyə çatdıqda qurutma sürəti sıfıra qədər düşür, məhsulun temperaturu isə artır.

Məhsulun həm səthində həm də daxilindəki nəmlik tarazlıq vəziyyətinə çatdıqda məhsulun temperaturu quruducu agentin temperaturuna bərabər olur $t=t_{qa}$ və buxarlanma prosesi başa çatır.

Qurutmada enerjivermə metodikaları aşağıdakılardır.

Ənənəvi qurutma təbii üsulla günəş şüaları altında qurutma-
dır. Belə qurutma açıq havada və ya çardaq altında təbii və ya
məcburi ventilyasiya ilə yerinə yetirilir.

Konvektiv qurutma qızdırılmış hava hesabına yerinə yetirilir.
Geniş yayılıb. Enerji daşıyıcısı kimi buxardan və elektrik qız-
dırıcılarından istifadə olunur.

Çox yüksək tezlikli elektrik maqnitli qurutma. Enerji məhsula
daxil olur, molekulları silkələyir və onu qızdırır. Temperaturun
artması hesabına nəmliyin buxarlanması baş verir. Obyektdən
kənarda temperatur aşağı qalır, qızdırılan yalnız obyektin özü
olur.

Sublimasiyalı qurutma sublimasiya hadisəsinə əsaslanır. Bu-
rada nəmlik bərk fazadan-buzdan birbaşa qaz halına - buxara
çevrilir. Sublimasiyalı quruducu aşağı temperatur və yüksək va-
kuumda yerinə yetirilir. Belə şəraitdə məhsuldan nəmlik sürətlə
buxarlanır, bunun hesabına məhsulun temperaturu daha da azalır.
Nəmliyin ayrılan hissəsi sublimatordan çıxarılır. Qalan nəmliyi
məhsuldan ayırmaq üçün əlavə istilik daxil etmək lazımdır ki,
buxarlanma baş versin, amma məhsul donmuş vəziyyətdə qalsın.

İnfraqırmızı qurutma. Məhsul infraqırmızı şüalarla şüalanır
(dalğanın uzunluğu 800 nm çox deyil). Onun məhsula 5...10 mm
daxil olması hesabına temperatur qradiyenti yaranır, bu da
məhsuldan kiçik temperatur düşməsində nəmliyi asanlıqla ayırır.

İnfraqırmızı şüalanmanın fiziki mahiyyəti işığınkı kimidir:
daha uzun dalğalı elektromaqnit titrəyişlər.

İnfraqırmızı şüalanma mənbəyi kimi səthinin temperaturu
873...1173°K olan elektrik spirallı qızdırıcılardan, közərmə lam-
palarından, telinin temperaturu 2500°K kimi kvarts borucuq-
larından, həmçinin səthində temperatur 1073...1173°K alov-
suz yanan qaz lampalarından istifadə olunur.

İnfraqırmızı şüalanmadan istifadədə bir çox texnoloji proses-
lər intensivləşir - qurutma, bişirmə, qızartma. İnfraqırmızı şüalar
saniyənin milyonda bir hissəsində generatordan obyektə gedərək
qarşısında heç bir maneə görmür, məhsulun üzərində və dərin
qatlarında atom və molekulların hərəkətini intensivləşdirmə he-

sabına materialın effektiv qızmasını təmin edir.

Şüalanan materialdan və şüalandırıcının temperaturundan asılı olaraq infraqırmızı şüalar materialın dərinliyinə nüfuz etməyə qadirdir. Bir çox qida məhsulları üçün dalğanın uzunluğunu azaldaraq nüfuz etmə dərinliyi artırılır. Materialın nüfuz etməsi bir çox faktorlardan asılıdır: strukturundan, optiki və termoradiasiya xüsusiyyətlərindən, nəmlik tutumu və nəmi materialda bağlama formasından, materialın məsaməliyindən və s. Qida məhsulları üçün infraqırmızı şüanın nüfuz etmə dərinliyi 7...12 mm təşkil edir. Lay nə qədər dərin olsa, o qədər az infraqırmızı enerji ora daxil olur

$$T = T_0 e^{-bx},$$

burada T - layın nüfuzetdirmə qabiliyyəti, %;

$T_0=1-R_0$ - material tərəfindən mənimsənilən şüa enerjisinin payı, %;

R_0 - materialdan əks olunan şüa enerjisinin payı, %;

b - enerjinin zəifləmə əmsalı;

x - layın hündürlüyü.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Avtomatik temperatur nizamlayıcı infraqırmızı quruducu şkafların tədqiqatı üçün stend şəkil 7.2-də verilir.

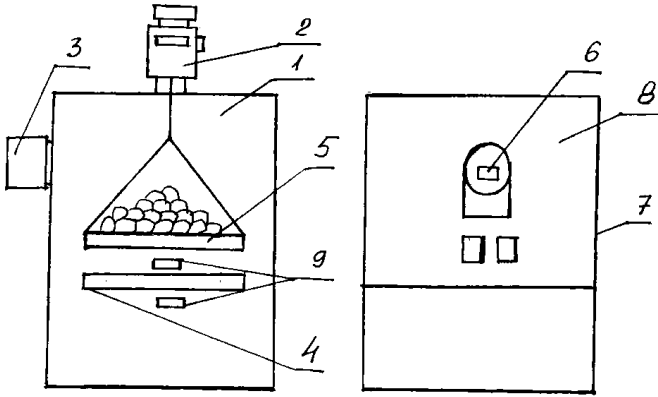
İnfraqırmızı quruducu şkaflar infraqırmızı şüalandırıcıdan 4 (3-ə dək, şkafların yaruslarında yerləşir), aralarında yerləşən məhsul üçün altlıqda, avtomatik temperatur nizamlayıcısı 3 ilə birləşən temperatur vericilərindən 9 ibarətdir.

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

Elektrik enerji sayğacı 6 enerji sərfini hesablamaq üçün nəzərdə tutulub.

İdarəetmə pultu 8 qurutma prosesində ölçmələr aparmaq üçün nəzərdə tutulub. Onun üzərində müvafiq keçiricilər, tempe-

ratur və gərginlik ölçmək üçün multimetr yerləşir.



Şək.7.2. İnfraqırmızı quruducu şkaflın energetik xarakteristikalarını göstərmək üçün stand:

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

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

1. Quruducu şkaflın və tədqiqat üçün standın konstruksiyası və iş prinsiplərini öyrənmək (şək. 7.2), standda termometr, laboratoriya tərəzisi və qurutmaq üçün materialın olmasını yoxlamaq, məhsulda nəmləndirmə tutumunun $W = \phi T$) iki rejim qurutma müddətindən, hava ilə ventilyasiyalı və sabit temperaturda ventilyasiyasız asılılıqları əldə etmək lazımdır.

Bunun üçün şkaflı işə salmaq, avtomatik temperatur nizamlayıcısında qurutma üçün lazımi temperaturu qurmaq; şkaflda temperaturun verilən temperatura çatmasını və sabit olmasını gözləmək; qurutmaq üçün nümunə hazırlamaq; müəyyən miqdarda quru məhsul götürüb suya salıb bir qədər saxladıqdan sonra oradan çıxararaq 5 dəqiqə ərzində suyunun axmasını gözləmək; tərəzidə nəm məhsulun kütləsini ölçmək, məhsulu kamerada

xüsusi asqıya 5 yerləşdirmək; qurutma rejimini verib müəyyən müddətdən bir qurudulan məhsulun kütləsini, elektrik enerjisi sərfini fiksasiya etmək; qurutma prosesinin sürəti dəqiqədə 0,5% - dən az olduqda, yəni aşağı düşdükdə prosesi dayandırmaq lazımdır. Nəticələr isə cədvəl 7-də yazılır.

Nəticələrin işlənməsi nəmlik parametrlərinin və qurutmaya enerji sərfinin hesabına əsaslanır.

1. Nəmlik tutumu, yəni məhsulda nisbi nəmlik miqdarı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$W = \frac{(M - M_0)}{M} \cdot 100\% ,$$

burada W - nəmlik tutumu;

M - nəm məhsulun kütləsi, q;

M_0 - quru məhsulun kütləsi, q.

Nəmlik tutumunun W qurutma müddətindən τ asılılığı qurmaq $W = \phi(T)$.

2. İki rejim üçün müxtəlif zamanlarda τ qurutma sürəti v hesablanılır:

$$v = \frac{\partial W}{\partial \tau} , \text{ q/san.}$$

Sürət $W = \phi(\tau)$ qrafikindən müxtəlif zaman intervalları və uyğun nəmlik tutumu intervalları üçün tapılır.

3. Məhsulun qurudulmasına sərf olunan enerji miqdarını hesablamaq üçün elektrik enerji saygacının son göstəricisindən ilk göstəricini çıxmaq lazımdır

$$Q = Q_0 - Q_{\kappa} ,$$

burada Q - qurutmaya sərf olan elektrik enerjisi, kVt/saat;

Q_0 , Q_k - sayğacın prosesin əvvəlində və sonunda göstəriciləri, kVt/saat.

4. Qurutmaya xüsusi enerji sərfi

$$z = \frac{I}{(M - M_0)}, \text{ kVt/kq,}$$

burada M_0 - ilkin quru məhsulun kütləsi, q;

M - ilkin nəm məhsulun kütləsi, q.

Cədvəl 7

İnfraqırmızı şkafın sınaqlarının nəticələrinin protokolu

Qurutma rejimi	Qurutma müddəti, τ , dəq	Məhsulun kütləsi, M , q	W , %	Q , kVt	V , q/san
Ventilyasiyasız	0				
	3				
	6				
	9				
	12				
	15				

Yoxlama sualları

1. Hansı qurutma növlərini bilirsiniz?
2. Məhsulun nəmliyi nədir?
3. İnfraqırmızı qurutma nədir? İnfraqırmızı quruducu şkafın iş prinsipini danışın.
4. Qurutma zamanı məhsul nə üçün ventilyasiya olunur?
5. Qurutma sürəti nədir?

Laboratoriya işi № 8

Su buxarının əsas termodinamiki parametrlərinin təyini

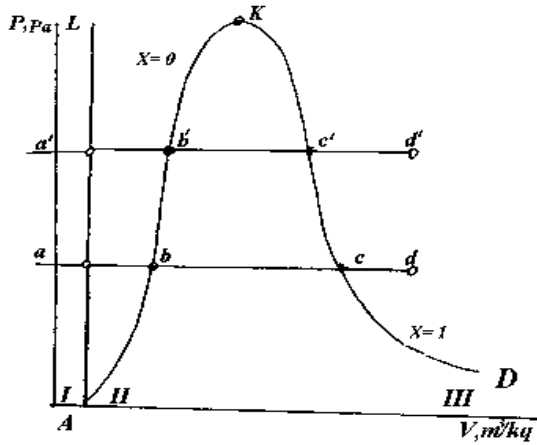
Məqsəd: 1. Su buxarının hal parametrlərini öyrənmək, PV diaqramında onları əks etdirmək.

2. Su buxarının alınma prosesini eksperimental yolla öyrənmək.

Ümumi məlumatlar

Buxarlanma - qaynama və ya buxarlanma yolu ilə mayenin buxara çevrilmə prosesidir (təzyiqdən asılı olan doyma temperaturu adlanan t_d , °C müəyyən temperaturda). Qaynama zamanı buxarlanma həm mayenin səthində, həm də bütün həcmində baş verir. Qaynama (doyma) temperaturu təzyiq P funksiyasıdır, yəni $\phi_0 = \phi(\Pi)$.

PV-diaqramı. Tutaq ki, 1 kq su 0°C-də və P təzyiqdə V_0 xüsusi həcmi tutur. AL əyrisi 0°C-də xüsusi həcmə təzyiqdən asılılığıdır (şək. 8.1).



Şək.8.1. Buxarəmələgəlmə prosesinin PV diaqramı

Su praktiki olaraq sıxılmadığından AL əyrisi koordinat oxuna demək olar ki, paraleldir. « $a-b$ » xətti- verilən təzyiqdə suyun 0°C-dən t_d kimi qızma prosesi ("b" nöqtəsi və digər analogi nöqtələr üçün AK xəttində (aşağı sərhəddə əyrisində)- müxtəlif

təzyiqlərdə qaynayan mayenin həndəsi nöqtələr yeridir, $x=0$) q' , h' , V' , S' , I' kimi işarələnir.

A nöqtəsi - üçlük nöqtədir, burada buxar, su və buz termodinamik tarazlıqda olur.

Üçlük nöqtənin parametrləri: $t_{üç}=0,01^{\circ}\text{C}$, $P_{üç}=611 \text{ Pa}$, $V_{üç}=0,001 \text{ m}^3/\text{kq}$. Qəbul olunur ki, üçlük nöqtədə $S_0=0$; $h_0=0$; $I_0=0$.

1 kq suyu T_n temperaturuna kimi qızdırmaq üçün tələb olunan istilik miqdarı q' (kCoul/kq) mayenin istiliyi adlanır və aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$e' = u' - u_f = B_n \cdot T_n,$$

burada C_p - suyun P təzyiqində istiliktutumu.

« $b-c$ » xətti- verilən təzyiqdə 1 kq suyun buxara tam çevrilməsinin izotermik prosesidir. « c » nöqtəsi quru doymuş buxara uyğundur ($X=1$).

DK xətti- quru doymuş buxarın həndəsi nöqtələr yeridir.

Quru doymuş buxarın bütün parametrləri iki ştrixlə işarələnir: q'' , h'' , V'' , S'' , I'' .

1 kq qaynayan mayenin verilmiş təzyiqdə buxara tam çevrilməsi üçün tələb olunan istilik miqdarı xüsusi buxarəmələgəlmə istiliyi « r » adlanır, kCoul/kq.

Quru doymuş buxarı əldə etmək üçün (« c » halı) tələb olunan istilik miqdarı aşağıdakı tənliklə hesablanır:

Xüsusi istilik miqdarı: $e'' = e' + p$, kCoul/kq;

Quru buxarın xüsusi entalpiyası: $u'' = u' + p$, kCoul/kq;

Xüsusi daxili enerji: $I'' = h' - p \cdot V'$, kCoul/kq;

Xüsusi entropiya: $C'' = C' + \frac{p}{T_n}$, kCoul/kq·K.

Mühəndis hesablatlarında quru buxarın bütün parametrləri cədvəllərdən götürülür. AK və KD əyriləri arasında doymuş nəmli buxar sahəsi yerləşir ($x<1$, T_n , P_n). Nəmli buxarın bütün pa-

parametrləri x indeksi ilə işarələnir:

$q_x, h_x, V_x, S_x, \dot{I}_x$. Nəmli buxarın parametrlərinin hesabı aşağıdakı düsturlarla aparılır:

$$z_x = z' + p_x, \text{ kCoul/kq};$$

$$u_x = u' + p_x, \text{ kCoul/kq};$$

$$V_x = V_x'' + (1-x) \cdot V' = V_x'', \text{ m}^3/\text{kq};$$

$$C_x = C' + \left(\frac{p}{T''} \right)_x, \text{ kCoul/kq} \cdot \text{K}.$$

Üst və alt sərhəd əyriləri kritik nöqtə adlarının K nöqtəsində birləşir. Bu sonuncu nöqtədə mayenin buxara çevrilmə faz keçidi baş verə bilər. Kritik nöqtədən yuxarı faz mövcudluğu mümkün deyil, yəni kritik temperaturdan yüksək temperaturda (nöqtə K) heç bir təzyiqlə buxarı mayeyə çevirmək olmaz. Kritik nöqtənin parametrləri: $t_k=374,12^\circ\text{C}$; $P_k=22,1 \text{ mPa}$; $V_k=0,003 \text{ m}^3/\text{kq}$.

KC üst sərhəd əyrisindən yuxarı çox doymuş buxar sahəsi yerləşir. Buxarın çox doymasına tələb olunan istilik miqdarı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$z_{\text{mü}} = B_n(T_{\text{mü}} - T_n), \text{ kCoul/kq}.$$

0°C -də və verilən təzyiqdə 1 kq sudan çox doymuş buxarın alınmasına sərf olunan ümumi istilik miqdarı

$$z = z' + p + z_{\text{mü}}, \text{ kCoul/kq}.$$

Eksperimental qurğunun quruluşu

Buxarəmələgəlmə prosesini öyrənmək üçün qurğu şəkil 8.2.-də verilir. O daxilində elektrik qızdırıcısı 2 yerləşən qapalı çəndən 1 ibarətdir. Təzyiqi ölçmək üçün girişi çənin içərisində yerləşən manometr 3 korpusuna bərkidilib. Su tökmək üçün qo-

ruyucu klapanlı 9 qıf nəzərdə tutulub. Buxar maye qarışığının temperaturu verici 4 ilə ölçülür. İdarəetmə pultunda 10 elektrik enerjisi sayğacı 5, ölçü cihazı 6, qoruyuculu 7 söndürücülər 8 yerləşir. Qızdırıcı iki eyni hissədən ibarətdir. Bunlar ayrı-ayrılıqda və ya bir yerdə söndürücülərlə 8 işə salına bilər. Çən termonizamlayıcı xarici korpusa malikdir.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

1. Təcrübədən əvvəl çənə $V=5$ l su tökülür.
2. Təzyiq nizamlayıcısını (qoruyucu klap) $9 P \leq 2$ atm.-ə qurmaq.
3. Qızdırıcıları 2 işə salmaq.
4. Müəyyən müddətdən (t) bir buxarın temperaturunu T , təzyiqini P və mayenin qızdırılmasına sərf olunan istilik miqdarını q qeyd etmək. Qiymətləri cədvəl 8-ə yazmaq.
5. Çəndə təzyiq $P=2$ atm çatana kimi qızdırmanı davam etmək.
6. $P=2$ atm çatdıqda qızdırmanı dayandırmaq.
7. Qızdırıcıları söndürmək. Müəyyən müddətdən t bir temperatur T və təzyiqin P düşməsinə qeyd etmək. Nəticələri cədvəl 8-də yazmaq.

Nəticələrin işlənməsi. Mayenin qaynaması buxar generatorlarında (buxar qazanlarında) sabit təzyiq P_n və uyğun temperaturda (doyma temperaturunda t_n) baş verir. Demək hər bir təzyiqə P_n doyma temperaturu t_n müvafiq edir. Bu temperatur Rus düsturu ilə təyin edilə bilər:

$$\eta = 100 \cdot (P)^{\frac{1}{4}}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

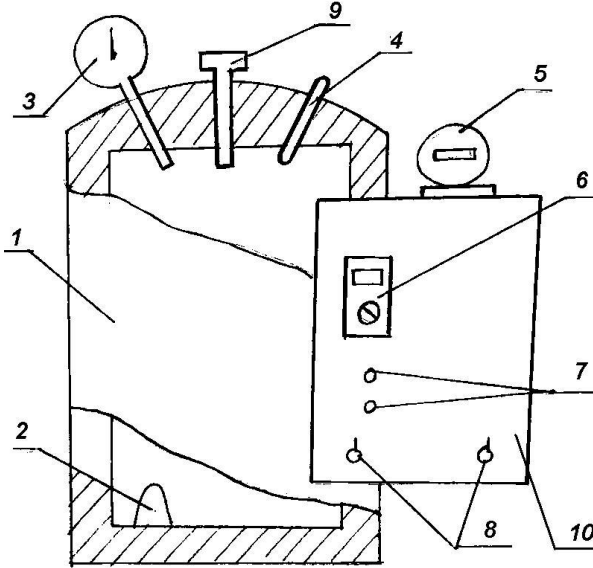
burada P - mütləq təzyiqdir, kq/sm².

Qaynayan mayenin parametrləri:

I' - xüsusi daxili enerji, kCoul/kq;

V' - xüsusi həcm, m³/kq;

S' - xüsusi entropiya, kCoul/(kq·K);
 h' - xüsusi entalpiya, kCoul/kq.



Şək.8.2. Eksperimental qurğunun sxemi:

1-çən; 2-elektrik qızdırıcısı; 3-manometr; 4-termometr; 5-say-ğac; 6-ölçü cihazı; 7-qoruyucu; 8-söndürücü; 9-qoruyucu klap-panlı qıf; 10-idarəetmə pultu

Əgər sabit təzyiqdə mayenin tam buxara çevrilməsi üçün ona lazım olan miqdarda istilik versək, onda faydalı damcıların itməsi zamanı t_n temperaturda quru doymuş buxar əldə edərək.

Quru buxarın bütün parametrləri iki ştrixlə işarələnir. Xüsusi həcm V'' , entalpiya h'' , entropiya S'' , xüsusi daxili enerji I'' .

Hesab edirik ki, havanın üçlük nöqtəsində ($T_{üç} = 0,01^\circ\text{C}$, $P_{üç} = 4,6 \text{ mm c.s.} = 611 \text{ Pa}$) $h_{üç} = 0$; $S_{üç} = 0$; $I_{üç} = 0$; təzyiq üçlük nöqtədəki təzyiqdən fərqlənə bilər.

Qaynayan suyun entalpiyası, entropiyası və daxili enerjisi (t_n doyma temperaturunda) aşağıdakı kimi hesablanıla bilər:

$$u' = B_n T_n, \text{ kCoul/kq};$$

$$B_n = 4,19, \text{ kCoul}/(\text{kq} \cdot \text{K});$$

$$C' = B_n \cdot \ln \left(\frac{T_n}{273,16} \right), \text{ kCoul}/(\text{kq} \cdot \text{K});$$

$$I' = u' - P \cdot B' \cdot 10^3, \text{ kCoul/kq}, \quad (8.1)$$

burada V' - suyun P_n təzyiqdə xüsusi həcmi, m^3/kq .

Təzyiq $P_1=1$ atm-dən $P_2=6$ atm-ə kimi dəyişdikdə V' 0,00104-dən 0,0011 m^3/kq -a kimi dəyişir, hesabatlarda düstur (8.1)-də $V' \approx 0,001$ m^3/kq qəbul etmək olar.

Doymuş buxarın entalpiyası, entropiyası və daxili enerjisi

$$u'' = u' + p, \text{ kCoul/kq};$$

$$I'' = h'' - P \cdot V'', \text{ kCoul/kq},$$

$$C'' = C' + \left(\frac{P}{T_n} \right), \text{ kCoul}/(\text{kq} \cdot \text{K}),$$

burada r - buxarəmələgəlmə istiliyi, kCoul/kq .

Təzyiq P 1-dən 6 atm.-ə kimi dəyişdikdə r -in qiyməti 2260 kCoul/kq -dan 2100 kCoul/kq -a kimi praktiki olaraq xətti dəyişir və interpolyasiya metodu ilə hesablanır.

Hesab olunur ki, az təzyiqdə quru buxar Klayperon hal tənliyinə tabedir, deməkdir quru buxarın xüsusi həcmi (V'') aşağıdakı tənliklə hesablanır:

$$B'' = P_{\sigma n} \cdot \left(\frac{T_n}{P} \right), \text{ m}^3/\text{kq},$$

burada $R_{bn} = 8,314/\mu_{bn} = 8,314/18 = 0,462$ $\text{kCoul}/(\text{kq} \cdot \text{K})$, $\mu_{bn} = 18$;

T_n - doymuş buxarın P təzyiqdə temperaturu, K .

Alınan qiymətlərdən h' , S' , I' , h'' , S'' , I'' hesablanır.

Nəticələr cədvəl 8-ə yazılır. $t_n = f(P)$ asılılığı qurulur.

Cədvəl 8

Sınaqların nəticələrinin protokolu

P_n , atm	0	0,5	1,0	1,5	2,0
t_n , °C					
$\Pi = (\Pi_u + \Pi) \cdot 9,81 \cdot 10 \text{ Pa}$					
$T_u = \eta_t + 273K$					
h' , kCoul/kq					
S' , kCoul/(kq·K)					
\dot{I}' , kCoul/kq					
h'' , kCoul/kq					
S'' , kCoul/(kq·K)					
\dot{I}'' , kCoul/kq					

Yoxlama sualları

1. Entalpiya və daxili enerjinin tərifini verin.
2. Entropiyanın mahiyyəti barədə danışın.
3. Niyə maye qaynadıqda temperatur sabit qalır?
4. Buxarəmələgəlmə istiliyi nədir?
5. Çoxqızmış buxarın quruma dərəcəsi nə qədərdir?
6. Nəmlik dərəcəsinin tərifini verin.
7. Qurutmada nəmlik dinamikası hansı şəkildə olur?

Laboratoriya işi № 9

Adiabata göstəricisinin təyini

Ümumi məlumatlar

İstilik tutumunun nisbətinin $K = \frac{C_p}{C_v}$ orta qiyməti ideal

qazlar üçün adiabata göstəricisi olub, qazın iki halı üçün yazılmış adiabatik tənlikdən tapılır:

$$\kappa = \frac{\lg \frac{P_2}{P_1}}{\lg \frac{V_1}{V_2}}, \quad (9.1)$$

burada 1 indeksi adiabatik prosesin başlanğıc halını, 2 indeksi isə son halı göstərir.

(9.1) tənliyi əsasında təcrübənin aparılma metodikasının işlənilib hazırlanması nisbətən çətinidir. Ona görə də (9.1) tənliyini elə bir əlverişli şəkllə gətirmək lazımdır ki, orada ölçülən kəmiyyət ancaq təzyiq olsun. Şəkil 9.1-də PV koordinat sisteminə adiabatik proses təsvir olunmuşdur. 2 nöqtəsindən başlayaraq başlanğıc temperatura qədər izoxorik proses əldə etmiş olsaq, onda xüsusi həcmələr nisbətini təzyiqlər nisbəti ilə ifadə etmək olar. Belə ki, 1-3 izotermik prosesi üçün

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{P_3}{P_1}$$

xüsusi həcmələr bərabər olduğu üçün

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_3}{P_1}. \quad (9.2)$$

Beləliklə, (9.1) tənliyində (9.2) nəzərə alınsa:

$$k = \frac{\lg \frac{P_2}{P_1}}{\lg \frac{P_3}{P_1}} \quad (9.3)$$

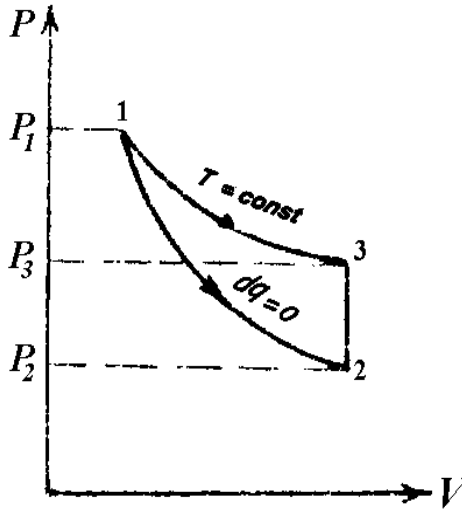
P_3 və P_2 təzyiqlərini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$P_2 = P_1 - h_{ad};$$

$$P_3 = P_1 - h_{iz},$$

burada h_{ad} - qazın adiabatik genişlənməsi (1-2) zamanı təzyiq düşgüsüdür;

h_{iz} - başlanğıc P_2 təzyiqindən izoxorik prosesin sonunda P_3 təzyiqə qədər başlanğıc T_1 - temperaturunda təzyiq düşgüsüdür.



Şək.9.1. Adiabatik proses

(9.3) tənliyində P_2 və P_3 -ün qiymətlərini yerinə yazsaq, alırıq:

$$k = \frac{\lg(1 - \frac{h_{ad}}{P_1})}{\lg(1 - \frac{h_{iz}}{P_1})}. \quad (9.4)$$

Təcrübə elə aparılmışdır ki, $\frac{h_{ad}}{P_1}$ və $\frac{h_{iz}}{P_1}$ nisbəti vahiddən

kiçik olsun.

K-nın qiyməti ilə o zaman kifayətlənmək olar ki, loqarifmləri sıraya ayırdıqda həmin sıranın 1-ci üzvündən başqa qalan üzvləri nəzərə alınmasın

$$k = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_3} \quad (9.5)$$

(9.5) tənliyi K-nın təxmini qiymətini verir.

$\frac{h_{ad}}{P_1}$ və $\frac{h_{iz}}{P_1}$ nisbətlərinin azalması ilə tənliyin dəqiqliyi artır. (9.5) tənliyini aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar:

$$k = \frac{h_{ad}}{h_{iz}} \quad (9.6)$$

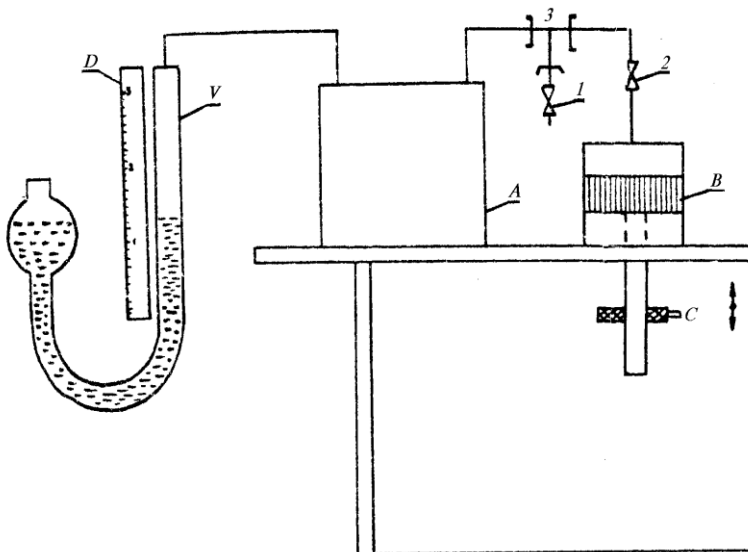
(9.5) və (9.6) tənliklərinin çıxarılışı ilə əlaqədar olaraq C_p / C_v nisbətinin və ya qazın adiabatik göstəricisini (k) təyin edən və ideal qazın adiabatik (1-2) dəyişməsi $PV = RT$ hal tənliyi ancaq adiabatik (1-2) prosesinin başlanğıc və son nöqtələrində və (2-3) izoxorik prosesinin sonunda olan təzyiqlərinin ölçülməsindən ibarət olmalıdır.

Ekspərimental qurğunun quruluşu

Qurğunun sxemi şəkil 9.2- də göstərilmişdir.

Şüşə qabda (A) təcrübə apardığımız qaz atmosfer təzyiqində olur. Təcrübə zamanı barometr vasitəsilə atmosfer təzyiqi dəqiq yoxlanılır. Bundan başqa vakuummətrin (V) göstəricisi yazılır. (C) yükü aşağı basılır. Bununla da (B) porşeni aşağı gəlir. Porşenin sürətlə aşağı gəlməsi nəticəsində qabda

adiabatik genişlənmə baş verir. Qabda yaranan vakuum adiabatik prosesin sonunda (V) vakuummetr vasitəsilə təyin edilir.



Şək.9.2. Adiabata göstəricisini təyin etmək üçün qurğu:
1, 2-kran; A-düar qabı; V-vakuummətr; B-porşən; C-yük

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

1. Hava üçün k - nın təyini.
2. Otaqda havanın temperaturu qeyd olunur və barometrik təzyiq yazılır – mm civə st. ilə.
3. 2-ci kran başlanır, 1-3 axıra qədər açılır.
4. B basılır, C yükü isə yuxarıda saxlanılır, sonra isə 2-3 dəqiqə saxlanılır.
5. 1 kran açılır və suyun səviyyəsi qeyd olunur (h , mm su st.). Bundan sonra gözlənilir ki, boruda suyun səviyyəsi bir yerdə dayansın.
6. B basılır, C yükü aşağı düşür, suyun səviyyəsi kapilyar-

da yazılır və qeyd olunur (h_{ad} , mm su st.).

7. 2-3 dəqiqə gözləyib vakuometrin yeni göstəricisi yazılır - (h_{iz} , mm su st).

Təcrübə 3-4 dəfə təkrar olunur.

Alınan bütün qiymətlər cədvəl 9 da qeyd olunur. k - nın qiyməti aşağıdakı kimi hesablanılır:

$$k = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_3};$$

$$P_1 = P_{bar};$$

$$P_2 = P_{bar} - (h_{ad} - h_0);$$

$$P_3 = P_{bar} - (h_{iz} - h_0).$$

Onda

$$k = \frac{h_{ad} - h_0}{h_{iz} - h_0}.$$

Cədvəl 9

Təcrübənin nəticələri

Nö	h_0 mm su süt	h_{ad} mm su süt	$h_{ad}-h_0$	$h_{iz}-h_0$	$k = \frac{h_{ad} - h_0}{h_{iz} - h_0}$
1					
2					
3					

Yoxlama sualları

1. İstilik tutumunun orta qiyməti nəyin göstəricisidir?
2. Qazın iki halı üçün adiabatik tənlik necədir?
3. Şəkil 9.1-də 1-2 və 1-3 əyriləri hansı prosesləri ifadə edir?
4. Şəkil 9.1-də izoxorik prosesə hansı xətt uyğundur?

Laboratoriya işi № 10

Mayenin qaynama temperaturunun təzyiqdən asılı olma qanununun alınması

Ümumi məlumatlar

Mayenin qaynama temperaturu ilə təzyiq arasındakı asılılığı atmosfer təzyiqindən yuxarı təzyiqlərdə və temperaturun böyük intervalında avtoklav adlanan cihaz vasitəsilə təyin etmək olar. Termometr, manometr və atmosferi birləşdirən kranla təmin olunmuş avtoklav yüksək təzyiqə davam gətirə bilən kip qapalı qabdan ibarətdir.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Təcrübə aparılan qurğunun quruluş sxemi şəkil 10-da göstərilmişdir. Qurğu aşağıdakı hissələrdən ibarətdir: 1–manometr, 2- termometr, 3–kran, 4–maye (su), 5–avtoklav, 6–dayaq, 7–qaz yandırıcısı

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

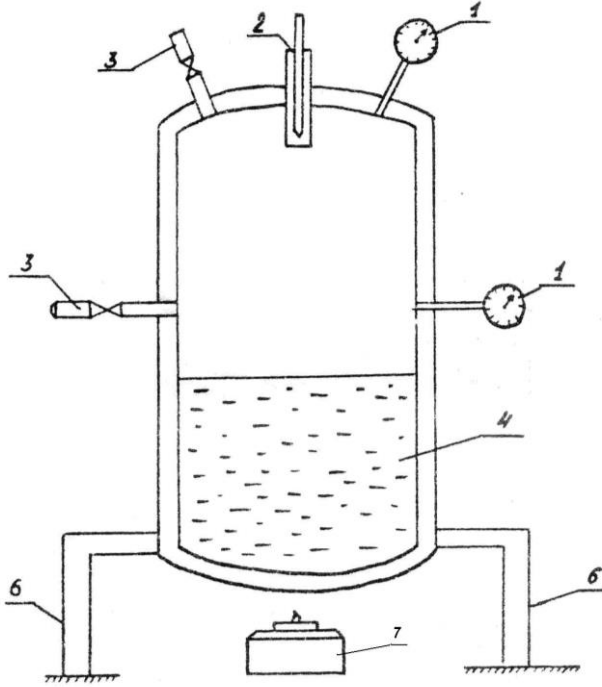
Təcrübə aşağıdakı qayda üzrə aparılır:

1. Tədqiq olunacaq maye avtoklavın içərisinə tökülür (yarısına qədər).

2. Qaz yandırıcısı yandırılır və atmosfer kranı açılır (bu kran avtoklavın içərisindəki havanı xaricə buraxır).

3. Atmosfer kranından buxar çıxmağa başladıda kran bağlanır, yandırılan qazın miqdarı elə tənzim edilir ki, avtoklavın içərisindəki doymuş buxarın təzyiq və temperaturu yavaş-yavaş artmağa başlasın.

4. Hər 0,5 atmosferdən bir avtoklavdakı doymuş mayenin temperaturu və təzyiqi, termometr və manometr vasitəsilə ölçülərək xüsusi cədvəldə yazılır (avtoklavda təzyiq 10-12 atm-a qədər çatdırılır).



Şək.10. Mayenin qaynama temperaturunun təzyiqdən asılılığını təyin etmək üçün qurğu:
 1-manometr; 2-termometr; 3-kran; 4-su; 5-avtoklav; 6-dayaq;
 7-qaz yandırıcısı

5. Avtoklavın içərisindəki təzyiq 10-12 atm. olduqda qaz yandırıcısı söndürülür. Xarici mühitə istilik itkisi nəticəsində avtoklav soyumağa başlayır. Buna görə buxarın temperaturu azalır, o, kondensatlaşır və nəticədə avtoklavda təzyiq də düşür. Soyuma zamanı hər 0,5 atm-dən bir təzyiq və temperatur yazılır.

Bununla təcrübə sona çatdırılmış olur. Alınmış qiymətlər cədvəl 10-da yazılır. Mayenin qaynama temperaturu onun mütləq təzyiqindən asılı olduğundan ölçülən manometrik təzyiqləri mütləq təzyiqə çevirmək lazımdır. Baxılan halda $P_{man} + P_{bar}$. olduğundan, mütləq təzyiq aşağıdakı kimi tapılır:

$$P_{müt} = P_{bar.} + P_{man.}$$

burada P_{bar} – barometrik təzyiq olmaqla barometr vasitəsi ilə tapılır, $P_{bar} = 1,0$ atm. götürülür.

Mütləq təzyiqlər məlum olduqdan sonra qaynama temperaturu ilə mütləq təzyiq arasındakı asılılıq qrafiki şəkildə verilir.

Qrafiki qurmaq üçün temperaturu müəyyən miqyasda ab-sis oxu üzrə, təzyiqi isə ordinat oxu üzrə ölçürək, uyğun nöqtələri qrafikdə qururlar. Maye qızdırıldıqda alınan nöqtələri bir növ, soyuduqda alınan nöqtələri başqa növ işarə edirlər.

Bütün nöqtələri nəzərə almaqla qrafikdə səlis əyri çəkilir. Bu əyri axtarılan qanun olmaqla elastiklik əyrisi adlanır.

Cədvəl 10

Təcrübənin nəticələri

P_{bar} atm	P_{iz} atm	$P_{müt}$ atm	t_S^{qay}	t_S^{soy}	$t_S^{bəş}$	t_S^{or}	$Xəta$ $\Delta, \%$

Laboratoriya işi № 11

Boru üsulu ilə istilikizoləedici materialların istilikkeçirmə əmsalının təyini

Məqsəd: 1. Təcrübə yolu ilə üç temperatur rejimində istilikkeçirmə əmsalını təyin etməli.

2. İstilikkeçirmə əmsalı ilə materialın qatının orta temperaturu arasındakı asılılığı qurmalı, yəni $\lambda = f(t_{or})$.

Ümumi məlumatlar

İstilikkeçirmə əmsalı materialın fiziki parametri olub, istiliyi keçirmə qabiliyyətini xarakterizə edir.

Silindrik divar üçün istilikkeçirmə əmsalı aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə tapılır:

$$Q = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda\ell} \ln \frac{d_2}{d_1}}, \text{ Vt}$$

burada Q – istilik seli, Vt;

λ - materialın divarının istilikkeçirmə əmsalı, Vt/(m.dər);

ℓ - borunun uzunluğu, m;

d_1, d_2 - borunun daxili və xarici diametri, m;

t_1, t_2 - borunun daxili və xarici səthindəki temperatur, °C.

Ekspərimental qurğunun quruluşu

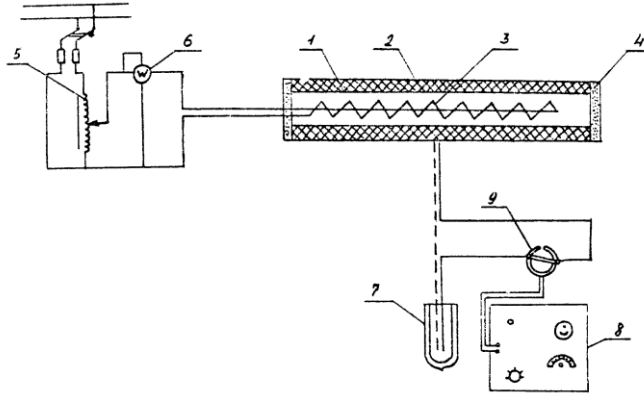
Qurğu uzunluğu $\ell = 600$ mm , xarici diametri $d_1 = 75$ mm olan borudan 1 və boru üzərinə yapışdırılmış tədqiq olunacaq izoləedici materialdan 3 ibarətdir (şək. 11).

İzoləedici material kimi gil götürülür. Xarici diametri

$$d_2 = 115 \text{ mm} .$$

Borunun daxilində elektrik qızdırıcısı 2 yerləşdirilir. İstilik itkisini azaltmaq üçün, borunun kənarları izolyasiya ilə başlanır. Cərəyan şiddəti avtotransformator 4 vasitəsilə tənzim olunur. Ayrılan güc vattmetr ilə ölçülür.

İzoləedici materialın daxili və xarici səthlərində temperaturu ölçmək üçün termocütlərdən istifadə olunur. Termocütün elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.) potensiometr 7 vasitəsilə ölçülür. Termocütlər potensiometrə çevirici 6 vasitəsilə birləşdirilir.



Şək.11. İstilik izləyici materialdan istilikkeçirmə əmsalını təyin etmək üçün qurğu:
 1-boru; 2-istilik izolyasiyası; 3-elektrik qızdırıcısı; 4-tıxac; 5-avtotransformator; 6-vattmetr; 7-buz qoyulmuş qab; 8-potensiometr; 9-çevirici açar

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Təcrübəyə başlamazdan qabaq qurğunun sxemini, ölçü cihazlarının düzgün qoşulmasını və qabda buzun sınımasını yoxlamalı. Bundan sonra elektrik qızdırıcısı işə salınır, borunun xarici və daxili səthində lazım olan temperatur yaradılır. Yaranmış qərarlaşmış temperatur rejimində ölçü cihazlarının göstəricilərini qeydə almaq lazımdır.

Ölçülən parametrlər ampermetrin, voltmetrin göstəriciləri və borunun daxili və xarici səthindəki temperaturlardır.

Cihazların göstəriciləri cədvəl 11.1 - də qeyd olunur.

Silindrik divar üçün izləyici materialın istilikkeçirmə əmsalı belə təyin olunur:

$$\lambda = \frac{Q \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi l(t_1 - t_2)}, \quad \text{Vt/m dər.}$$

Cədvəl 11.1

Cihazların göstəriciləri

Temperatur rejimi	Ölçü №-si	I, A	U, V	Q, Vt	Borunun daxili səthindəki temperatur			Borunun xarici səthindəki temperatur		
					t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3
1.										
2.										
3.										

λ -nın bu düstur vasitəsilə alınmış qiyməti izoləedici materialın orta temperaturuna aiddir.

$$t_{or} = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

İşin nəticəsi cədvəl 11.2 - də qeyd olunur:

Cədvəl 11.2

Təcrübənin nəticələri

Temperatur rejimi	Q, Vt	t_{or}, C	λ Vt/m dər
1.			
2.			
3.			

Yoxlama sualları

1. İstilikkeçirmə qabiliyyətini xarakterizə edən nədir?
2. Termocütün elektrik hərəkət qüvvəsi hansı cihazla ölçülür?
3. Silindrik divar üçün izoləedici materialın istilikkeçirmə əmsalı hansı düsturla təyin edilir?
4. İstilik selinin ölçü vahidi nədir?

Laboratoriya işi № 12

Havanın sərbəst hərəkətində üfiqi yerləşdirilmiş borunun istilik vermə əmsalının təyini

Məqsəd: Havanın sərbəst hərəkətində üfiqi yerləşdirilmiş borunun istilikvermə əmsalının temperatur basqısından asılılığının təcrübi yolla təyin edilməsidir.

Ümumi məlumatlar

Kriterial tənlik havanın sərbəst hərəkətində konvektiv istilik mübadiləsi üçün aşağıdakı kimi olur

$$Nu_m = c(Gr \cdot Pr)_m^n \quad (12.1)$$

burada $Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$ - Nuselt kriteriyası olub istilikvermə intensivliyi və temperatur sahəsi arasındakı əlaqəni xarakterizə edir;

$$Gr = \frac{\beta g d^3}{\nu^2} - \text{Qrasqof kriteriyası};$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} - \text{Prandtl kriteriyası},$$

burada α - istilikvermə əmsalı, $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{dər})$;

d - borunun diametri, mm;

λ - istilikkeçirmə əmsalı, $\text{Vt}/(\text{m} \cdot \text{dər})$;

$$\beta = \frac{1}{T_H} - \text{həcmi genişlənmə əmsalı}.$$

Damlalı mayelər üçün həcmi genişlənmə əmsalını belə tapmaq olar

$$V_T = V_0(1 + \beta T) ,$$

burada V_T və V_0 - mayenin 0°C və $t^\circ\text{C}$ -də xüsusi həcmidir;

$$T_m = \frac{T_g + T_x}{2} \text{ -təyinedici temperatur (sərhəd qatının temperaturu);}$$

T_g və T_x - müvafiq olaraq divarın və xarici mühitin temperaturlarıdır;

$\Delta T = T_g - T_x$ - temperatur basqısıdır;

ν - havanın kinematik özlülüyüdür.

(12.1) tənliyinə daxil olan c və n əmsalları cədvəl 12- də verilir.

Cədvəl 12

c və n əmsallarının qiymətləri

Nö	$(Gr \cdot Pr)_m$	c	n
1	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^2$	1,18	1/8
2	$5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^7$	0,54	1/4
3	$5 \cdot 10^7 - 1 \cdot 10^{13}$	0,135	1/3

Eksperimental qurğunun quruluşu

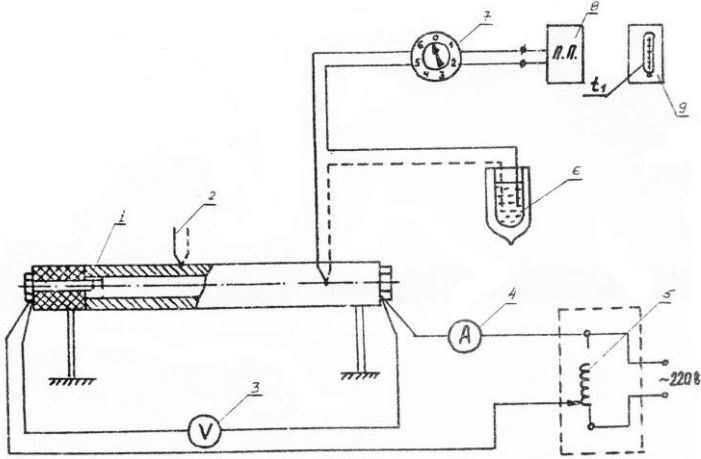
Tədqiqat obyektinin uzunluğu $\ell = 1500 \text{ mm}$ və diametri $d = 32 \text{ mm}$ olan paslanmayan üfiqi yerləşdirilmiş borudur 8. Boru daxilində yerləşdirilmiş elektrik qızdırıcısı 7 borunun bütün uzunluğu üzrə istiliyin bərabər paylanması təmin edir. Xarici mühitə istilik itkisini azaltmaq üçün borunun hər iki tərəfi istilik izolyasiya tıxacla 10 qapanır (şək. 12). Ayrılan və xarici mühitə verilən istiliyin miqdarı elektrik enerjisinin sərfinə görə tapılır.

Elektrik qızdırıcısının tələb etdiyi güc avtotransformator vasitəsilə tənzim edilir. Elektrik gücü ampermetr 3 və voltmetrin 2 köməyi ilə tapılır.

İstilikverici səthin temperaturu (borunun divarının) altı ədəd xromel –alüminium termocütlərinin köməyi ilə ölçülür.

Termocütlər borunun bütün uzunluğu boyu biri-birindən

aralı eyni məsafədə yerləşdirilir. Termocütlərin elektrik hərəkət qüvvəsinin (e.h.q.) dəyişməsi çox kontaktlı reostatın 5 köməyi ilə potensiometr 4 vasitəsilə qeydə alınır. Xarici mühitin temperaturu təcrübə aparılan borudan aralıda civəli termometr vasitəsilə ölçülür.



Şək.12. İstilikvermə əmsalının təyini qurğusu:

1-boru; 2-termometr; 3-voltmetr; 4-ampermetr; 5-avto-
tarnsformator; 6-buz qoyulmuş qab; 7-çevirici açar; 8-po-
tensiometr; 9-termometr

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Təcrübə qurğusu ilə tanışlıqdan sonra elektrik qızdırıcısı işə qoşulur. Elektrik qızdırıcısı qoşulduqdan 40-50 dəqiqə sonra qərarlaşmış rejimin alınmasını təmin etmək üçün hər 3-5 dəqiqədən bir termocütlərin e.h.q.-nin dəyişməsinə qeydə almaq lazımdır. Bütün ölü kəmiyyətləri qərarlaşmış rejimdə qeydə alınır. Hər bir termocütün potensiometrə göstəricisinin dəyişməsi alınmış istilik halını xarakterizə edir.

Əgər son üç ölçüdə potensiometrin göstəricisi bir-birindən az miqdarda fərqlənərsə onda demək olar ki, rejim alınmışdır.

Bundan sonra cərəyan şiddətini, gərginliyi, termocütlərin e.h.q.-nin qiymətini və xarici mühitin temperaturunu qeydə almaq lazımdır. Termocütün «soyuq» lehimi otaq temperaturunda olan suda yerləşdirilir və ona görə temperatur ölçülən yerlərdə həqiqi temperatur belə tapılır: XA -5 qradirovka cədvəlinə elektrik hərəkət qüvvəsinin qiyməti müvafiq temperaturda təyin edilir və üzərinə potensiometrlə ölçülən elektrik hərəkət qüvvəsi gəlinir. İşin yerinə yetirilməsini azı üç rejimdə aparmaq lazımdır, yəni boru divarının temperaturunun müxtəlif qiymətlərində T_{diz} -nin. Təcrübə aparılan müddətdə otağın qapısı və pəncərəsi qapalı olur və qurğunun silkələnməməsini təmin etmək lazımdır.

Nəticələrin işlənməsi. İstilikvermə əmsalının orta qiyməti aşağıdakı kimi tapılır:

$$\alpha = \frac{Q_k}{\pi d \ell \Delta T}, \quad \text{Vt/m}^2\text{-dər,}$$

burada ℓ - borunun uzunluğu, m;

d - borunun diametri, m;

ΔT - temperatur basqısı, $\Delta T = T_g - T_x$, °K;

Q_k - konveksiya ilə təcrübə borusundan xarici mühitə verilən istiliyin miqdarı, Vt,

$$Q_k = Q_{tam} - Q_{\text{ışınma}} \quad \text{Vt,}$$

burada Q_{tam} - elektrik qızdırıcısından ayrılan və xarici mühitə konveksiya və şüalanma ilə verilən istiliyin tam miqdarıdır, Vt;

$Q_{tam} = W$ - ədədi qiymətcə vattmetrin göstəricisinə bərabərdir;

$Q_{\text{ışınma}}$ - şüalanma ilə borudan ətraf mühitə verilən istiliyin miqdarıdır,

$$Q_{\text{mua}} = \varepsilon c_0 \left[\left(\frac{T_{\text{dub}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_h}{100} \right)^4 \right] f, \quad \text{Vt},$$

burada ε - borunun səthinin qaranlıq dərəcəsidir, $\varepsilon = 0,7$;
 $c_0 = 5,67$ - tam qara cismin şüalanma əmsalı,
 $\text{Vt/m}^2\text{-dər}$;
 f - borunun səthinin sahəsidir, $f = \pi dl$, m^2 .

Yoxlama sualları

1. Nüsel kriterisi nəyi xarakterizə edir?
2. Kriterilər arasındakı asılılıq necə yazılır?
3. Damlalı mayelər üçün həcmi genişlənmə əmsalı necə ifadə olunur?
4. İstilikkeçirmə əmsalı necə təyin olunur?

Laboratoriya işi № 13

Maye yanacağın sıxlığının təyini

Məqsəd: Maye yanacağın sıxlığı areometr vasitəsilə təyin edilir. Sıxlıq cəld üsulla təyin edilir və bu işin həllinə bir neçə dəqiqə vaxt sərf olunur.

Ümumi məlumatlar

Neft və neft məhsullarının sıxlığının təyini kütlə hissələrinin hesablamalarını asanlaşdırır.

Neft və neft məhsullarının hesabatının həcm ölçülərilə aparılması çox çətinlik törədir. Çünki mayenin həcmi temperaturdan asılıdır və bu asılılıq çox böyük miqyasda dəyişir.

Neft və neft məhsullarının qəbulunda həcm və sıxlığı bildikdə onu kütlə hissələrinə qeyd etmək olar.

Vahid həcmə kütləsinə (çəkisinə) cismin mütləq sıxlığı de-

yilir. Sıxlığın vahidi kimi $+4^{\circ}\text{C}$ temperaturda 1 sm^3 təmiz suyun kütləsi qəbul olunmuşdur.

Cismin nisbi sıxlığı eyni həcmdə $+4^{\circ}\text{C}$ temperaturda, onun kütləsinin (çəkisi) təmiz suyun kütləsinə nisbətində deyilir.

Nisbi sıxlıq ölçüsüz kəmiyyətdir. Miqdarca mütləq və nisbi sıxlıqların qiymətləri uyğun gəlirlər. Maye yanacağıın sıxlığını $+20^{\circ}\text{C}$ temperaturda və $+4^{\circ}\text{C}$ temperaturda suyun sıxlığı nisbətində görə təyin edirlər. Belə sıxlığın ρ_4^{20} kimi işarə olunması qəbul olunmuşdur. Neft məhsullarının sıxlığının areometr (neftedensimetr), piknometr və ya hidrostatik tərzilər vasitəsilə təyin etmək olar.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Mazutun sıxlığını təyin etmək üçün istifadə olunan areometrlər üç tipdə buraxılırlar. Bunlar mayenin sıxlığının qiymətindən asılı olaraq dərəcələrilə (DÜİST 1289-57) fərqlənirlər. Areometrin genişlənen aşağı hissəsini şkalası -30 -dan $+60^{\circ}\text{C}$ qədər hər 1°C ilə dərəcələnməmiş termometr qoyulmuşdur.

Yoxlanılan mazutun temperaturunu ayrıca termometrlə də ölçmək olar.

Diametri 50 mm -dən az olmayan şüşə silindrə yoxlanılan mazut astaca qabın divarı ilə və ya şüşə çubuqla tökülür.

Silindri neft məhsulları ilə doldurduqda nəzarət etmək lazımdır ki, ona areometri saldıqda maye səthi silindrin kənarından aşmasın. Təmiz və quru areometrin yuxarı qurtaracağından tutaraq, ehtiyatla mayeyə salırlar. Areometrin dalğalanması qurtardıqdan sonra göstəricisi qeyd edilir. Eyni zamanda neft məhsulunun temperaturu ölçülür. Areometr silindrin divarına dəyməməlidir. Areometrin şkalasının göstəricisi yoxlanılan temperaturda mazutun sıxlığını göstərir.

Yüksək yapışqanlı (qatı) neft məhsulları yoxlandıqda areometr mayeyə batmaya da bilər. Əvvəlcədən neft məhsulunu $+40^{\circ}\text{C}$ yüksək temperatura kimi qızdırmaq lazımı nəticə

vermir, çünki həqiqi sıxlıq hesablandıqda buraxılan xətanın qiyməti $+0,005 \text{ q/sm}^3$ keçə bilər. Buna görə də məsələn, yüksək yapışqanlı M-100, M-200 mazutları yoxladıqda nümunəni əvvəlcədən bərabər həcmdə sıxlığı məlum olan traktor və ya ağ neftlə duruldular.



Şək.13. Areometr

Paralel yoxlama vaxtı I tip areometr istifadə etdikdə arada olan fərq $0,004 \text{ q/sm}^3$, II və III tiptə $-0,002 \text{ q/sm}^3$ – dən yuxarı olmalıdır.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Əgər şərtə görə maye yanacaqın sıxlığı $+20^{\circ}\text{C}$ temperaturdan fərqli təyin olunursa, onda onun qiyməti ρ_4^t normal qiymətə ρ_4^{20} görə aşağıdakı düstur ilə hesablanmalıdır:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \gamma(t - 20)$$

burada ρ_4^t - yoxlama temperaturunda sıxlıq;

γ - 1°C temperatur üçün sıxlığın orta düzəlişi;

t – yoxlama temperaturu, $^{\circ}\text{C}$.

Yoxlama sualları

1. Hansı yanacaq növləri var?
2. Neft və neft məhsullarının sıxlığının təyini nəyə əsaslanır?
3. Cismnin nisbi sıxlığı nəyə deyilir?
4. Neft məhsullarının sıxlığı hansı cihazla təyin edilir?

Laboratoriya işi № 14

Maye yanacağın tərkibində olan nəmliyin təyini

Məqsəd: Yanacağın tərkibində olan suyun miqdarının həcm üsulu (Dina-Stark) ilə təyini.

Ümumi məlumatlar

Nəmlik yanacağın ən ziyanlı komponentidir, çünki yanacağın istilik vermə qabiliyyətini azaldır və yanacaqda ballast təşkil edir.

Bundan başqa nəmlik neft məhsulları ilə mexaniki qarışıqlar emulsiya təşkil edir və yanacağı susuzlaşdırmaq üçün müəyyən tədbirlər görmək lazımdır.

Nəmlik yanacağın nəql edilməsində artıq xərc tələb edir,

alışmanı pisləşdirir və yanacaqın yanma prosesinin sürətini azaldır. İstiliyin bir hissəsi yanacaqda olan nəmliyin buxarlanmasına sərf olur, sonra su buxarları ilə birlikdə qazan aqreqatından çıxır və onun f.i.ə. azalır.

Nəmliyin olması tüstü qazlarının həcmi artırır və eləcə də onların sorulmasına sərf olunan əlavə enerjini artırır. Göstərilənlərdən aydın olur ki, yanacaqın tərkibində nəmliyin olması onun keyfiyyətini azaldan əsas amillərdən biridir. Bərk yanacaqın əksinə olaraq nəmlik nef məhsullarında təsadüfi qarışıq sayılır.

Neft məhsullarına su, onlar nəql edildikdə, saxlanıldıqda və töküldükdə qarışa bilər.

Adətən mazutda suyun miqdarı 2-5% təşkil edir, bəzi vaxtlar 10% və bəzən 30%-ə çata bilər. Nümunə üçün götürülən qabda adətən su ayrılır, ancaq yüksək yapışqanlı mazutda nəmlik 30% qədər olduqda belə, çöküntü verməyə bilər.

Neft məhsullarında su həll olunmamış və həll olunmuş vəziyyətdə ola bilər.

Neft məhsullarının keyfiyyətinə nəzarət edildikdə nəmliyin miqdarı 2 üsulla təyin edilir: həll edici vasitəsilə ayırma (Dina-Stark üsulu) və həll olunmuş suyu xüsusi yağlarda kimyəvi üsulla (kalsihibrid üsulu) ayırma.

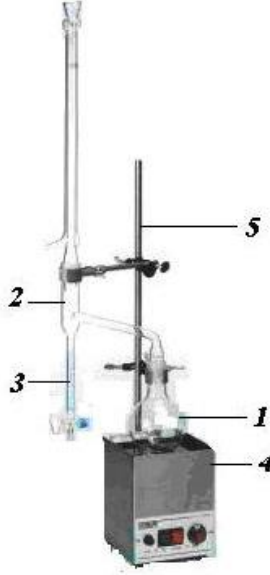
Yanacaqda nəmliyin təyininin keyfiyyəti üsulu distillə üsuludur (DÜİST 2477-65). Bu üsul ondan ibarətdir ki, yanacaqda olan nəmliyin ayrılması su ilə qarışmayan mayenin buxarları vasitəsilə edilir. DÜİST- 2477-65 - ə görə həlledici kimi qaynama temperaturu 80°C yuxarı olan benzindən istifadə olunur.

İstifadədən qabaq həlledici kalsi-xlorla və ya natrium sulfatla susuzlaşdırılır və filtirdən keçirilir.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Şəkil 14- də distillə üsulu ilə yanacaqda nəmliyi təyin etmək üçün Dina-Stark cihazı göstərilmişdir. Cihaz aşağıdakı

hissələrdən ibarətdir: kolba-1, qəbul edən tutucu (priemşik la-
vuşka) -2, uzunluğu 450-500 mm (D=10 mm) ucu əyri (çəp)
kəsilmiş kondensasiya borusu olan soyuducu -3.



Şək.14. Dina-Stark cihazı:

1-kolba; 2-qəbul edən tutucu; 3-kondensasiya borusu;
4-qızdırıcı; 5-ştativ

Qəbul edən tutucu həcmi 10 ml və tədricən daralan uclu
dərəcələnməmiş sınaq şüşəsindən ibarətdir. Şkalanın 1-dən 10 ml
olan hissəsinin hər bölgüsü 2 ml bərabərdir və 0-dan 1 ml ara-
sında – 0,05 ml bərabərdir.

Qəbul edənin yuxarı ucunda 30-40 mm məsafədə 60° bu-
caq altında ayrıca boru qaynaq ediləndir ki, bu da kolbaya 1
qoyulur. Qəbul edən tutucunun açıq ucuna borulu soyuducu 3
bağlanır, ona görə ki, onun borusunun çəp kəsilmən ucu ayrıca
borunun ortasında dursun. Qəbul edən tutucu kolba və soyu-
ducuya qarmaqla tıxaclar və ya qiliflər vasitəsilə birləşdirilir.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Təcrübə aparılan yanacaqın nümunəsi müəyyən qabda 5 dəqiqə ərzində qarışdırılır və yüksək yapışqanlı mazut əvvəlcə 40°C qədər qızdırılır. Yoxlanılan yanacaqdan 100± 0,1 qr təmiz və quru kolbaya 1 ayırıcı səkilir və 100 ml benzin əlavə edərək möhkəm qarışdırılır. Az yapışqanlı mazutu kolbada həcmə görə ölçmək olar. Bu halda silindrdə 100 ml yanacaq ölçülür və kolbaya tökülür. Silindri yumadan 100 ml durulducu ölçülür. Götürülən mazutun hissəsi onun sıxlığının 100-ə hasilinə bərabərdir.

Qaynama vaxtı sıçrayan damcılar olmasın deyə kolbaya bir neçə kiçik pəmza parçası və ya şüşə kapilyarlar qoyulur.

Cihaz yığılıb ştativə bərkidildikdən sonra soyuducuya su buraxılır və elektrik qızdırıcısı vasitəsilə ehtiyatla qızdırılır. Qızma elə nizamlanır ki, soyuducudan qəbul edən tutucuya 1 saniyədə 2-4 kondensat tökülsün.

Bir neçə vaxtdan sonra qəbul edən tutucu maye ilə dolur və onun artığı geriye kolbaya axır. Əgər yoxlanılan yanacaqda su varsa, bu su kolbadan buxarlanaraq və soyuducuda kondensatlaşaraq, durulducu ilə birlikdə tutucuya gəlir və burada sıxlıqlarının fərqi görə aşağı qata tökülür. Tutucuda suyun miqdarının artması dayandıqda və durulducunun yuxarı qatı şəffaf olduqda distillə dayandırılır.

Qəbul edicidə aydın sərhəd əmələ gəlir. Distillə 1 saatdan artıq olmamalıdır. Əgər distillənin sonunda soyuducunun borusunda və tutucunun divarlarında su damcıları qalırsa, onda onları ucunda rezin olan nazik şüşə çubuqlarla itələyirlər. Paralel aparılan işlər arasında fərq su olan qəbuledicinin yuxarı bölgüsünün birindən artıq olmamalıdır.

Ümumi çəkiddə suyun miqdarı faizlə aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$W = \frac{V}{G} \cdot 100 \%,$$

burada V – tutucuda suyun həcmi, ml;

G – yoxlanılan maddənin çəkisi, q.

Hesabatın asanlaşması üçün suyun sıxlığı vahidə bərabər edilir və ona görə suyun həcmi millilitrə onun qramla çəkisinə bərabər olur.

Əgər neft və neft məhsullarının nəmliyi 10%-dən çox olarsa, onda 100 qr nümunədən əmələ gələn su tutucuya yerləşməz. Bu halda götürülən cisimlərin çəkisini 50, 25 və ya hətta 10 q -a qədər azaldılır.

Yoxlama sualları

1. Nəmlik yanacaqda hansı fəsadları yaradır?
2. Mazutda suyun miqdarı neçə faiz təşkil edir?
3. Neft məhsullarının nəmliyi hansı iki üsulla təyin edilir?
4. Suyun miqdarı faizlə hansı düsturla hesablanır?

Laboratoriya işi № 15

Bərk yanacağın nəmliyinin təyini

Məqsəd: Bərk yanacaqda nisbi nəmliyi təyin etməkdir. Təcrübə qiymətinə görə mütləq nəmliyi hesablamaq, sınağın yekununa görə nəmliyin qazan aqreقاتının iqtisadi göstəricilərinə təsirini təyin etməkdir.

Ümumi məlumatlar

Yanacağın əsas xüsusiyyətlərindən biri onun nəmliyidir. Bütün bərk yanacaqların nəmliyi geniş həddə dəyişir və onun geoloji yaşından, yerləşmə şəraitindən, nəql edilməsindən və saxlanılmasından asılıdır. Yanacağın yaşının artması ilə onun nəmliyi azalır.

İşçi nəmlik yanacaq ilə odluğa daxil olan nəmliklə təyin edilir.

Nəmliyi təyin etmək üçün hissəciklərin ölçüləri 0-0,2 mm olan bərk yanacaq laboratoriya şəraitində 24 saat müddətində saxlanılır.

Nəmlik nisbi və mütləq nəmliyə ayrılır. Nəmliyin kütləsinin yanacağın quru hissəsinə nisbəti mütləq nəmlik adlanır.

Nisbi nəmlik isə nəmliyin kütləsinin nəm yanacağın kütləsinə olan nisbətidir. Nəmlik yanacaqda ballastdır. Yanacağın yanma istiliyini aşağı salır və yanma prosesini pisləşdirir.

İşi yerinə yetirməkdə məqsəd bərk yanacaqda nisbi nəmliyi təyin etməkdir. Təcrübə qiymətinə görə mütləq nəmliyi hesablamaq lazımdır. Analizin yekununa görə nəmliyin qazan aqreqatının iqtisadi göstəricilərinə təsirini təyin etməkdir.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Qurğu elektrik quruducu şkafdan, büksdan (yanacaq qurudulan şüşə qab), eksikatorndan (nəmliyi udmaq üçün büks ağzı açıq olan şüşə qab içərisinə qoyulur), termometrdən ibarətdir. Eksikatora nəmliyi udmaq üçün uducu reaktiv (kalsiqlor) doldurulur.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Çəkilməmiş yanacaq 105-110°C temperaturda nəmliyin tam buxarlanmasına qədər qurudulur. Temperaturun 105-110°C –dən çox artmasına yol verilmir, çünki yüksək temperaturda yanacaqdan üzvü maddələrin ucması baş verə bilər. Xırdalanmış yanacaq deşikləri 0,2 mm olan ələkdən keçirilərək qurudulur.

Boş büks çəkilir.

Açıq bankaya doldurulmuş yanacaq qaşıqla qarışdırılır və bankanın müxtəlif dərinliyindən 1-2 qr yanacaq götürülür. Sonra büksün yanacaqda çəkisi qeydə alınır.

Yanacaq qoyulmuş büks əvvəlcədən 105-110°C qızdırılmış quruducu şkafa qoyulur və 30 dəqiqə saxlanılır.

Bu zaman büksün qapağı yarım açıq olmalıdır. Büks yanacaqqla birlikdə 2 dəqiqə müddətində havada soyudulur və sonra isə eksikatora otaq temperaturuna qədər soyudulur.

Soyumanın sonunda büks yanacaqqla birlikdə çəkilir. Qurudulma o vaxta qədər davam edir ki, bir neçə çəkiddəki fərq 0,001 qr-dan artıq olmasın.

Təcrübədən alınmış qiymətlər aşağıdakı cədvəl 15-də qeyd olunur.

Yanacağın nəmliyi aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$W = \frac{m_2 - m_n}{m_2 - m_1} \cdot 100\%$$

burada m_n - sonuncu qurudulmada yanacağın bükslə birlikdə çəkisi (n-qurudulmaların sayı);
 m_1 - boş büksün çəkisi.

Cədvəl 15

Təcrübənin nəticələri

Büksün №	Büksün çəkisi			
	Boş büksün çəkisi m_1	Büksün yanacaqqla birgə çəkisi m_2	1-ci qurudulmadan sonra m_3	2-ci qurudulmadan sonra m_n

Yoxlama sualları

1. Bərk yanacağı hansı növ yanacaqqlar aiddir?
2. Bərk yanacağın nəmliyi hansı amillərdən asılıdır?
3. Hansı amil artdıqda yanacağın nəmliyi azalır?
4. Nəmlik yanacağı hansı mənfi təsiri göstərir?

Laboratoriya işi № 16

Maye yanacağıın özlülüyününün tøyini

Məqsəd: Maye yanacağıın bu tipli viskozimetrdə şərti özlülüyününün tøyini.

Ümumi məlumatlar

Özlülük – yanacağıın əsas göstəricilərindən biridir. Yanacağıın yanma kamerasında püskürülmə keyfiyyətini tøyin edir. Temperatur artdıqca yanacağıın özlülüyü azalır, bu səbəbdən özlülük tøyin edildiyi temperatur həmişə qeyd edilir.

Özlülük – maye hərəkət etdikdə onun bir qatının digər qatına görə hərəkəti vaxtı etdikləri müqavimət xüsusiyyətidir, bu hal onların molekullarının bir-birinə təsiri nəticəsində əmələ gəlmişdir. Dinamiki özlülük mayenin bir qatının digər qatına görə hərəkətinin müqavimət xarakteristikasıdır.

Nyuton qanununa görə maye axdıqda onun qatları arasında əmələ gələn daxili sürtünmə gərginliyi, sürət qradienti ilə düz mütənasibdir.

$$\tau = -\mu \frac{d\omega}{dn},$$

burada τ - daxili sürtünmə gərginliyi;

$d\omega$ - mayenin izotermik qatları arasında temperatur fərqi;

dn - həmin səthlər arasında normal istiqamətdə məsafə.

Düsturda mütənasiblik əmsalı μ dinamiki özlülük əmsalı və ya sadəcə olaraq dinamiki özlülük adlanır.

$$[\mu] = \left[\frac{N \cdot san}{m^2} \right].$$

Ədəbiyyatda özlülüyün qiyməti çox vaxt puaz (pz) yox, santipuaazla (spz) göstərilir, $1\text{spz} = 0,01\text{pz}$.

Dinamiki özlülük eksperiment yolu ilə kapilyar borulardan mayenin axması əsasında Puazeyl düsturu əsasında təyin edilir:

$$\mu = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot r^4}{8 \cdot \ell V} \cdot \tau,$$

burada ΔP - kapilyarlardan axan mayenin uclarındakı təzyiqlərin fərqi;

r - kapilyarın radiusu;

ℓ - kapilyarın uzunluğu;

V - kapilyardan axan mayenin həcmi;

τ - V həcmdə mayenin axma zamanı.

Borudan müəyyən vaxtda axan mayenin həcmi, uclarında təzyiqlər fərqi ölçüb və borunun həndəsi ölçülərini bilərək mayenin dinamiki özlülüyünü təyin etmək olar.

Bəzən mayələrin özlülüyü kinematiki özlülük əmsalı və ya kinematiki özlülüklə xarakterizə edilir:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho},$$

burada ρ - mayenin sıxlığı, kg/m^3 .

Sİ sistemində kinematiki özlülük m^2/san ilə ölçülür.

SQS sistemində kinematiki özlülüyün vahidi Stoksdur, $1\text{St} = 1 \text{sm}^2/\text{san}$.

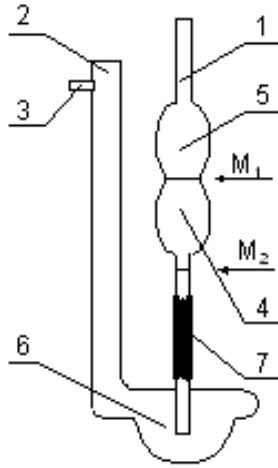
Texnikada maye yanacaq çox vaxt şərti özlülüklə xarakterizə olunur.

Şərti özlülük nisbi kəmiyyət hesab edilir və müəyyən şəraitdə müəyyən miqdarda yoxlanılan mayenin axma vaxtının etalon suyun (mayenin) həmin şəraitdə standart temperaturda axma vaxtına nisbətini göstərir.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Dinamiki özlülük – mayenin daxili sürtünmə əmsalıdır, kinematiki özlülük – xüsusi daxili sürtünmə əmsalıdır.

Kinematiki özlülüyn təyin edilmə metodu ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında mayenin müəyyən diametrlı kapilyardan axma müddətinin ölçülməsi ilə təyin edilir. Şəkil 16 – da **VPJ** kapilyar viskozimetrinin sxemi verilmişdir.



Şək.16.1. **VPJ** kapilyar viskozimetrinin sxemi:

- 1, 2–U şəkilli borunun qolları; 3–çıxarıcı qısa boru;
- 4, 5–rezervuarlar; 6–genişləndirici rezervuar; 7–kapilyar, M_1 , M_2 – xəttlər

Viskozimetr U şəkilli borudan ibarətdir. Borunun bir qoluna kapilyar 7 yerləşdirilir. Mayenin özlülüynü ölçükdə maye rezervuardan 4 kapilyarla genişləndiriciyə 6 axır. Dizel yanacağıın özlülüynü təyin etmək üçün **VPJ–2**, benzin üçün **VPJ–4** viskozimetrdən istifadə olunur. Bu viskozimetrin kapilyarının diametri nisbətən kiçikdir.

Viskozimetrin ümumi görünüşü şəkil 16.2.-də verilmişdir.



Şək.16.2. Viskozimetrin ümumi görünüşü

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Təcrübəni aparmaq üçün ikinci qola genişləndirici rezervuarın $2/3$ hissəsinə qədər neft məhsulu doldurulur. Birinci qola şpris birləşdirilmiş rezin boru geyindirilir. Genişləndirici rezervuardan birinci qola şpris vasitəsilə rezervuarın $5/3$ həcminə qədər maye doldurulur. Şprisli boru çıxarılaraq birinci qol atmosferlə birləşdirilir. Maye kapilyar 7 vasitəsilə genişləndirici rezervuara axmağa başlayır. Maye M_1 xəttini keçən kimi saniyəölçən işə salınır və maye M_2 xəttinin keçdikdə saniyəölçən söndürülür.

Şərti özlülük aşağıdakı düstur ilə təyin olunur.

$$BU_t = \frac{\tau_t}{\tau_{H_2O}^{20}}; \quad {}^0BU$$

burada τ_t - t temperaturunda yoxlanılan yanacağın axma vaxtı, san;

$\tau_{20}^{H_2O}$ - suyun 20°C temperaturunda axma vaxtı, san.

Kinematik və şərti özlülük vahidləri arasındakı uyğunluq cədvəl 16 – da verilir

Cədvəl 16

Eyni temperaturda kinematik və şərti özlülük vahidləri arasındakı əlaqə qiymətləri

v, mm ² /san	⁰ BU	v, mm ² /san	⁰ BU	v, mm ² /san	⁰ BU
1,0	1,0	13,0	2,12	30,0	4,10
1,5	1,06	13,5	2,17	31,0	4,20
2,0	1,12	14,0	2,22	32,0	4,35
2,5	1,17	14,5	2,27	33,0	4,55
3,0	1,22	15,0	2,32	34,0	4,60
3,5	1,26	15,5	2,38	35,0	4,70
4,0	1,30	16,0	2,43	36,0	4,85
4,5	1,35	16,5	2,50	37,0	4,95
5,0	1,40	17,0	2,55	38,0	5,10
5,5	1,44	17,5	2,60	39,0	5,20
6,0	1,48	18,0	2,65	40,0	5,35
6,5	1,52	18,5	2,70	41,0	5,45
7,0	1,56	19,0	2,75	42,0	5,60
7,5	1,60	20,0	2,90	43,0	5,75
8,0	1,65	20,5	2,95	44,0	5,85
8,5	1,70	21,0	3,00	45,0	6,00
9,0	1,75	21,5	3,05	46,0	6,10
9,5	1,79	22,0	3,10	47,0	6,25
10,0	1,83	22,5	3,15	48,0	6,45
10,2	1,85	23,0	3,20	49,0	6,50
10,4	1,87	23,5	3,30	50,0	6,65
10,6	1,89	24,0	3,35	52,0	6,90
10,8	1,91	24,5	3,40	54,0	7,10
11,0	1,93	25,0	3,45	56,0	7,40
11,4	1,97	26,0	3,60	58,0	7,65
11,8	2,00	27,0	3,70	60,0	7,90
12,2	2,04	28,0	3,85		
12,6	2,08	29,0	3,95		

Şərti özlülüğü bildikdən sonra, kinematik özlülüğü xüsusi cədvəllə və ya aşağıdakı düsturla təyin etmək olar.

$$v_i = 0,073BU_i - \frac{0,0631}{BU_i}; \quad \text{m}^2/\text{san}$$

Yoxlama sualları

1. Özlülük nəyə deyilir?
2. Özlülüyn hansı növləri var?
3. Özlülüyn ölçü vahidi nədir?
4. Şerti özlülük nəyə deyilir?

Laboratoriya işi № 17

Bir pilləli kompressorlu freon soyuducu maşının prinsipl sxemi

Məqsəd: Freon soyuducu qurğuların sxemlərini öyrənmək, laboratoriya şəraitində soyuducu maşının əsas və köməkçi avadanlıqları ilə praktiki tanış olmaq və prinsipl sxemin tərtib olunması vərdişlərini aşılamaqdan ibarətdir. Bunlarla yanaşı:

1. Freon soyuducu maşının iş prinsipi ilə tanış olmaq.
2. Soyuducu maşının prinsipl sxemini tərtib etmək.
3. Əsas və köməkçi elementlərin xarakteristikaları ilə tanış olmaq.

Ümumi məlumatlar

Soyuducu maşının tsikli dörd əsas elementlərin kompressor, kondensator, tənzimləyici ventil, buxarlandırıcı və köməkçi avadanlıqların vasitəsilə yerinə yetirilir. Freon ilə işləyən soyuducu maşının köməkçi avadanlıqlarına resiver, yağ ayırıcısı, yağ yığıcısı, regenerativ istilikdəyişdirici, süzgəclər, armaturlar, ölçü-nəzarət cihazları və avtomatika daxildir.

Avadanlıqların quruluşu və işi

Resiverlər. Vəzifələrinə görə üç qrupa bölünür: xətti, drenajlı, sirkulyasiyalı (dövri).

Xətti resiverin vəzifəsi maye soyuducu agentin tənzimləyici ventillə sabit miqdarda daxil olmasını təmin etməkdir (şək. 17.1). Bilavasitə soyudulan soyuducu qurğularda drenajlı resiverlərdən istifadə olunur. Bura müvəqqəti olaraq maye soyuducu agent tökülür. Xətti resiverlərin həcmi təxminən soyuducuda dövr edən soyuducu agentin saatlıq miqdarının yarısına bərabərdir.

Drenajlı resiverlərin həcmi bilavasitə buxarlandırıcı batareyaların həcminə bərabərdir.

Dövri resiverlərdən nasos sistemlərində istifadə olunur (cədvəl 17). Konstruktiv olaraq resiverlər üfiqi və ya şaquli polad çənlər şəklində hazırlanır.

Cədvəl 17

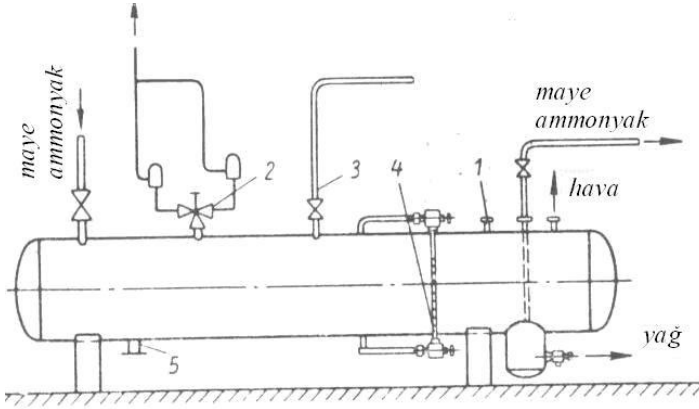
Ammonyaklı şaquli drenajlı və dövri resiverlər

Marka	Həcmi, m ³	Gövdənin diametri, mm	Divarın qalınlığı, mm	Hündürlüyü, 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 üfiqi qoyulan silindrik qab olub, yüksək təzyiq tərəfdə kondensatordan sonra quraşdırılır. Bu halda kondensatorun və resiverin buxar boşluğunu birləşdirən bərabərləşdirici boru kəməri çəkilir və soyuducu agent resiverə öz axını ilə tökülür.

Aqreqatlaşdırılmış freonlu qurğularda resiver kondensatordan yuxarıda yerləşdirilir. Bu halda bərabərləşdirən buxar xətti çəkilmir və freon resiverə döyünən axınla daxil olur. Xətti resiverlərdə hava ayırıcıları quraşdırılır. Resiverlərdə səviyyəni göstərən və yağlı buraxan ştuserlər nəzərdə tutulur.

Drenajlı və dövri resiverlərdə məsafəli səviyyə göstərən ştu-serlər var, dövri resiverlərdə əlavə olaraq səviyyə nizamlanması üçün də ştu-serlər olur.



Şək.17.1. Xətti resiver:

1-manometr üçün qısa boru; 2-iki qoruyuculu klapanlı üçge-dişli ventill; 3-bərabərləşdirici boru; 4-səviyyə göstəren; 5-çöküntüləri çıxarmaq üçün qısa boru

Dövri resiver sistemin alçaq təzyiqli tərəfində quraşdırılır. Dövri resiverdən soyuducu agent, nasos vasitəsilə götürülərək, soyuducu batareyalara vurulur.

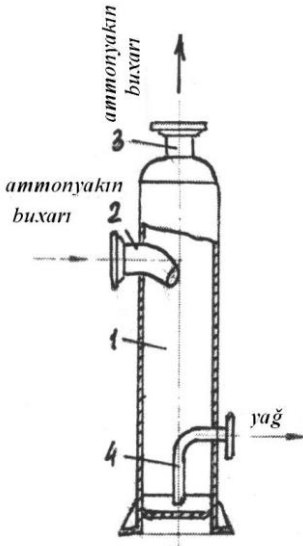
Yağ ayırıcısı. Freon -13, freon -22 markalı soyuducu agentlər yağda həll olur. Ona görə də R13, R22 ilə işləyən soyuducu maşınlarının istilikdəyişdirici aparatlarına yağ düşməsinin qarşısını almaq tələb olunur. Bunun üçün vurma boru kəmərinə kompressor ilə kondensatorun arasında yağ ayırıcısı quraşdırılır (şək.17.2). Yağ ayırıcısında yağın ayrılması buxarın sürətinin və hərəkət istiqamətinin kəskin dəyişməsi nəticəsində baş verir.

Yağ yığıcısı. Sistemdə yağ boşaldılması üçün istifadə edilir.

Böyük soyuducu qurğularda yağ yağayırıcısından əvvəlcə ya-

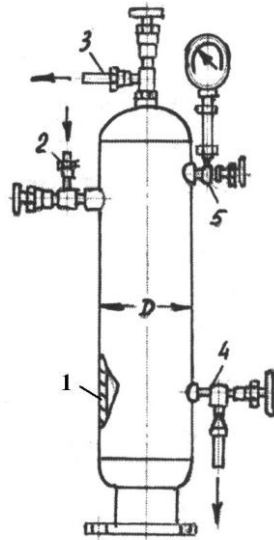
ğyığıcısına, oradan isə daha aşağı təzyiqlə, xaricə çıxarılır (şək. 17.3). Belə üsulla yağyığıcılarının boşalması ammonyakın uçmasını azaldır. Yağyığıcıda aşağı təzyiq yaratmaq üçün onu sorucu boru kəməri ilə birləşdirirlər. Bir aparatdan o birinə və kənara yağın verilməsi təzyiqin azalması hesabına yerinə yetirilir.

Yağyığıcılar yağayırıcıdan və ya başqa aparatlardan yağın axıdılması üçün istifadə olunur. Yağyığıcı ştuserli silindrik çəndən ibarətdir.



Şək.17.2. İçi boş yağayırıcısı:

1-gövdə; 2-kompressordan ammonyak vermək üçün qısa boru; 3-ammonyakın kondensatora çıxarmaq üçün qısa boru; 4-yağın yağyığıcısına verilməsi üçün qısa boru



Şək.17.3. Yağyığıcısı:

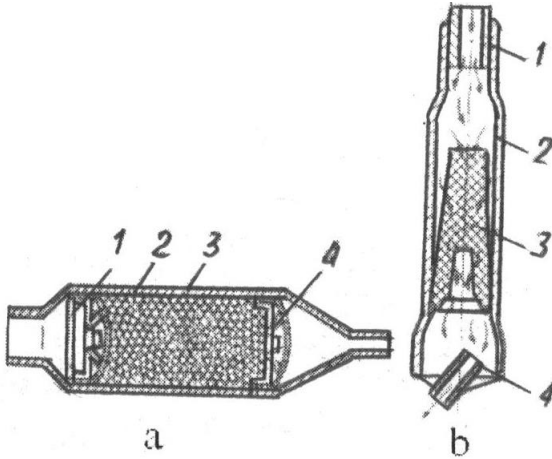
1-gövdə; 2-yağın yağayırıcısına verilməsi üçün qısa boru; 3-ammonyakın sorucu boruya buraxılması üçün qısa boru; 4-yağ buraxmaq üçün ventill; 5-manometr üçün ventill

Buxar süzgəci. Stəkan formalı olub, içərisinə süzücü setka qoyulur və kompressordan qabaq quraşdırılır.

Bu süzgəc mexaniki hissəciklərin, korroziya məhsullarını tutmaqla kompressorun silindrləri səthini və klapənləri zədə-

lənmdən mühafizə edir.

Süzgəc quruducu. Freonlar suda həll olurlar, ona görə freonların tərkibində olan nəmlik 0°C -dən aşağı temperaturda tənzimləyici ventildə donma bilər. Bunun nəticəsində freon ilə işləyən qurğuların sistemində mayenin dövr etməsi pozulur. Bu səbəbdən tənzimləyici ventildən qabaq süzgəc-quruducu quraşdırılır (şək. 17.4). Süzgəc-quruducular soyuducu agentdən nəmliyin udulmasına xidmət edir və nizamlayıcı qurğuda suyun donmasının qarşısını alır. Süzgəc-quruducu patron formalı olub, bərk halda olan uducu (adsorbent) ilə doldurulur.



Şək.17.4. Süzgəc – quruducular:

a) metalkeramikasız: 1-süzgəcin torlu darağı; 2-gövdə; 3-adsorbent; 4-süzgəcin toru; b) metalkeramikalı: 1-kondensatorun borusu; 2-gövdə; 3-süzgəc; 4-kapilyar boru.

Regenerativ istilikdəyişdirici. Freon ilə işləyən soyuducu maşınlarında drossellənmədən əvvəl maye soyuducu agentin həddən çox soyudulması yerinə yetirilir. Həddən çox soyudulma istilikdəyişdirici vasitəsilə yerinə yetirilir.

Kompressorun buxarlandırıcıdan sorduğu buxarın bir hissəsi istilikdəyişdiricidən keçir. İstilikdəyişdiricidə boruların

daxili ilə kondensatordan gələn maye soyuducu agent, borular arası boşluq ilə freon buxarı hərəkət edir.

Soyuducu maşının avtomatikası. Avtomatika sistemində, siqnalizasiya, avtomatik müdafiə, nəzarət sxemləri və ayrı-ayrı parametrlərin tənzimlənməsi daxildir. Avtomatik müdafiə sistemi aşağıdakı qəza hallarında kompressoru işini dayandıran kompleks qurğusu adlanır. Kondensasiya təzyiqi buraxıla bilən qiymətdən yuxarı olduqda, buxarlandırıcıda təzyiq çox aşağı olduqda, elektrik mühərriklərinin cərəyan yüklənməsi və s. mühafizə sistemi işə düşür.

Təzyiq relesi. Sorma xəttinə qoşulmuş aşağı təzyiq bloku və vurma xəttinə qoşulmuş yüksək təzyiq bloklarından ibarətdir. Kompresorun girişində təzyiq aşağı düşdükdə və çıxışda təzyiq yuxarı qalxdıqda kompressoru işdən dayandırır.

Temperatur relesi. Soyuducu maşının soyutma məhsuldarlığını dəyişməklə soyudulan mühitdə temperaturu tənzimləyir.

Tənzimləyici ventilyasiya. Kompresorun sorduğu buxarın qızışma temperaturunu sabit saxlamaq üçün istifadə edilir. Bu buxarlandırıcıya verilən soyuducu agentin miqdarının dəyişməsi ilə əldə olunur.

Qızışma temperaturu artdıqda tənzimləyici ventildən keçən soyuducu agentin miqdarı artırılır.

Yoxlama sualları

1. Hansı soyuducu agentlər var?
2. Soyuducunun əsas avadanlıqları hansılardır?
3. Neçə qrup resiver var?
4. Yağ ayırıcısının vəzifəsi nədən ibarətdir?
5. Süzgəc-quruducu hansı vəzifəni yerinə yetirir?
6. Hansı qəza hallarında soyuducu maşının avtomatikası işə salınır?

Laboratoriya işi №18

Kompressorlu soyuducu aqreqatın soyuducu şkaflının sınağı

Məqsəd: Kompressorlu soyuducu maşının əsas nəzəriyyəsi ilə tanış olmalı, soyuducu şkaflın işi və quruluşunu öyrənməli. Təcrübə vasitəsilə kompressorun iş vaxtı əmsalını, elektrik enerjisinin sərfini, kompressorun gücünü, aqreqatın soyutma məhsuldarlığını təyin etmək.

Ümumi məlumatlar

Tez xarab olan yeyinti məhsullarını və yarımfabrikatları dondurulmuş və ya soyudulmuş halda saxlamaq üçün soyuducu şkaflardan istifadə olunur. Soyuducu şkaflar iki hissədən ibarətdir:

1. Kamera, burada qida məhsulları 2-8⁰C temperaturunda saxlanılır.

2. Dondurucu, burada qida məhsulları mənfi temperatur şəraitində dondurulmuş halda saxlanılır (şək. 18).

Qeyd etmək lazımdır ki, buxarlandırıcının səthi çox alçaq temperatura malik olduqda, soyuducu kamerada nisbi nəmlik aşağı düşür, bu isə yeyinti məhsullarının qurumasına səbəb olur.

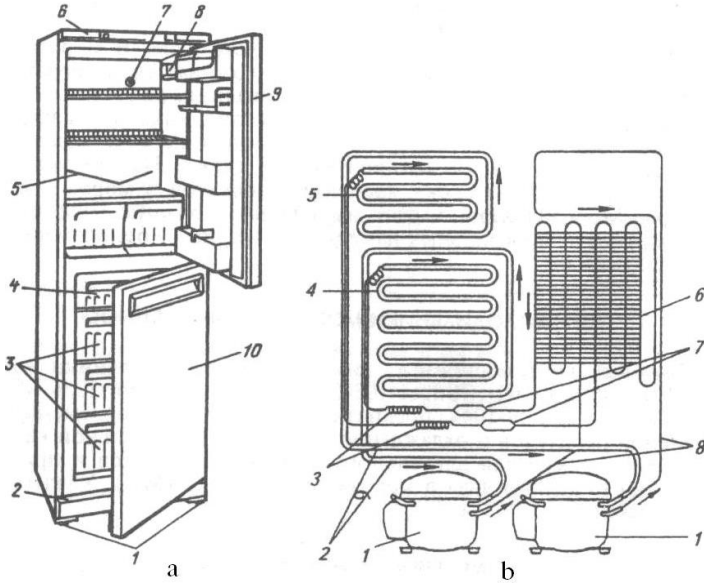
Soyuducular kiçik ölçülərdə müxtəlif tutumlu şkaflar və stol formasında buraxılır. Soyuducu kameranın tutumu litr ilə ölçülür. Soyuducunun xarici korpusu polad listdən hazırlanır. Kameranın daxili hissəsi emal ilə örtülmüş poladdan hazırlanır. Şkaflın xarici və daxili divarları arasında istilik izolyasiyası qoyulur. Bu isə şkaflın daxilinə istiliyin daxil olmasını azaldır.

Soyuducu şkafların soyudulması kompressorlu və adsorb-siyalı maşınlar vasitəsi ilə yerinə yetirilir.

Kompressorlu kondensator-buxarlandırıcı aqreqat aşağıdakı hissələrdən ibarətdir: kompressor, elektrik mühərriki,

germetik örtük, sorma xəttində olan səs boğucu, vurma xəttində olan səs boğucu, kondensator, buxarlandırıcı, süzgəc, kapilyar boru, sorma kəməri.

Freonun buxarı sorma kəməri ilə səs boğucudan keçirik kompressor vasitəsilə sorulur. Kompressorda sıxıldıqdan sonra səs boğucudan keçirik kondensatora daxil olur.



Şək.18. Soyuducu-dondurucu:

a) ümumi görünüşü: 1-nizamlanan dayaq; 2-dayaq; 3-dondurulmuş orzaqların saxlanma bölməsi; 4-dondurma bölməsi; 5-su axıdan; 6-idarəetmə paneli; 7-termonizamlayıcının kapilyar borusunun bərkidicisi; 8-ışılqanma bloku; 9-soyuducu kameranın qapısı; 10-dondurucu kameranın qapısı; b) soyuducu aqreqatın işləmə sxemi: 1-kompressor; 2-sorucu boru; 3-kapilyar boru; 4-soyuducu kameranın buxarlandırıcısı; 5-dondurucu kameranın buxarlandırıcısı; 6-kondensator; 7-süzgəç-quruducu; 8-qovucu boru

Kondensatorda soyuducu agentin buxarı kondensatlaşır. Maye halında olan soyuducu agent süzğəcdən keçirik kapil-

yar borular vasitəsilə buxarlandırıcıya daxil olur. Buxarlandırıcıda yeyinti məhsullarından və havadan alınan istiliyin hesabına qaynayır. Kapilyar borular sorma boru kəmərinə lehimlənir. Ona görə qaynaq yerlərində kompressora daxil olan «soyuq» buxar ilə maye freon arasında istilik mübadiləsi olur. Bu vaxt maye freon həddən çox soyuyur, bu isə kapilyar borularda drosellənmə zamanı buxarlanmanı azaldır. Kiçik mexaniki hissəcikləri və kapilyar boruların tutulmaması üçün süzgəcdən istifadə olunur. Adətən süzgəc quruducu ilə birlikdə olur. Nəmlik adsorbent vasitəsilə udulur, bu isə kapilyar boruların buz ilə tutulmasının qarşısını alır.

Soyuducu aqreqat fasiləli rejimdə işləyir.

Kompressorun avtomatik dayandırılması və işə qoşulması istilik nizamlayıcısı vasitəsilə yerinə yetirilir.

Kompressorun iş dövrü müxtəlifdir və temperatur rejimindən asılıdır. Kompressorun iş dövrü vaxtının tsiklin davam etmə müddətinə olan nisbətində iş vaxtı əmsalı deyilir.

$$b = \frac{\tau_p}{\tau} ,$$

burada τ_p - kompressorun işləmə müddəti, saat və ya dəqiqə ilə;
 τ - tsiklin davam etmə müddəti, saat və ya dəqiqə ilə.

Kompressorun iş vaxtı soyutma məhsuldarlığından və istilik yükündən asılıdır.

Eksperimental qurğunun quruluşu

Eksperimental qurğu şkaf, pult, temperaturu ölçmək üçün elektron körpüsü, vattmetr, ümumi elektrik enerjisini ölçmək üçün hesablayıcı, saniyəölçən yaxud saat və nəzarət lampasından ibarətdir. Şkafda temperatur vericisi – termocütlər və ya temperatur müqaviməti yerləşdirilir. Kameranın ℓ , m , n üç

nöqtəsində temperatur vericiləri yerləşir. ℓ nöqtəsi buxarlandırıcının üzərində, m nöqtəsi kameranın orta hissəsində və n nöqtəsi isə kameranın aşağı hissəsində olur.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Soyuducunu işə salaraq, termorele verilmiş vəziyyətə qoyulur və 10-15 dəqiqədən sonra aşağıdakı ölçülər götürülür:

τ_1, τ_2 - kompressorun işə salınma və dayandırılma vaxtı;

$t_{\text{шкаф}}$ - kompressoru işə qoşduqdan sonra şkaflın, daxili temperaturu;

$t_{\text{камера}}$ - kompressoru dayandırdıqdan sonra şkaflın daxili temperaturu;

t_n - ətraf mühitin temperaturu;

W - vattmetrin göstəricisi;

A_2 – kompressor dayandıqdan sonra elektrik sayğacının göstəricisi.

Bundan sonra termorele başqa vəziyyətə qoyulur və 10-15 dəqiqədən sonra ölçü götürülür. Ölçü qiymətləri cədvəl 18.1 - də qeyd olunur.

Nəticələrin işlənməsi. Təcrübəni qurtardıqdan sonra hesabat aşağıdakı kimi aparılır:

1. Tsikl üzrində şkaftakı orta temperatur təyin olunur.

$$t_{\text{шкаф}} = \frac{t'_e + t''_e + t'_m + t''_m + t'_n + t''_n}{6},$$

burada t'_e, t'_m, t'_n - kompressorun qoşulmasından sonrakı temperaturlar;

t''_e, t''_m, t''_n - kompressorun dayanmasından sonrakı temperaturlar.

Cədvəl 18.1

Termorelenin müxtəlif vəziyyətlərdə ölçüləri

Ölçünün müddəti, vaxtı					Şkafda havanın temperaturu						Şkafda orta temperatur	Ətraf mühitin havasının temperaturu	Voltmetrin göstərişi	Sayğacın göstərişi	Tsikl ərzində elek. enerj.sərfi	
Qoşulması, τ_{-1}	Dayandırılması, τ_{-2}	Kompresorun işi, τ_p	Dayanma, τ_d	Tsikl, τ_{st}	Yuxarı hissədə			Orta hissədə		Aşağı hissədə						
					τ_1	τ_1	τ_1	τ_1	τ_2	τ_1						τ_2
					Momentlərdə											
					τ_1	τ_2	τ_1	τ_1	τ_2	τ_1	τ_2	τ_2				

2. Rejim ərzində şkafdakı orta temperaturu tapırıq:

$$t_{\text{şkaf}} = \frac{t_{\text{şkaf1}} + t_{\text{şkaf2}} + t_{\text{şkaf3}}}{3},$$

burada $t_{\text{şkaf1}}, t_{\text{şkaf2}}, t_{\text{şkaf3}}$ - müvafiq olaraq hər bir tsikl ərzində şkafdakı orta temperatur.

3. Rejim ərzində orta işçi vaxt əmsalı hesablanır:

$$b_{\text{orta}} = \frac{\sum \tau_i}{\sum \tau_{\text{ort}}},$$

burada $\sum \tau_i$ - bir rejim ərzində kompressorun cəmi iş müddəti;

$\sum \tau_{ts}$ - bir rejimin cəmi tsikl müddəti.

4. Soyuducu maşının soyutma məhsuldarlığı hesablanır

$$Q_0 = KF(t_h - t_{\text{şkaf}})$$

burada K - şkafın divarı vasitəsilə istilikötürmə əmsalı;
 F – şkafın divarlarının cəmi səthinin sahəsi;
 t_h - ətraf mühitin orta temperaturu;
 t_{uicopm} - rejim ərzində şkafdakı orta temperatur.

Şkafın səthinin sahəsi divarlarının ölçülərinə görə hesablanır. İstilikötürmə əmsalı aşağıdakı kimi tapılır:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

burada α_1 - otağın havasından şkafın xarici səthinə istilikvermə əmsalı;
 α_2 - şkafın daxili səthindən havaya istilikvermə əmsalıdır;
 δ - izoləedici qatın qalınlığı, m;
 λ - izoləedici materialın istilikkeçirmə əmsalı.

Təcrübi qiymətlərə görə istilikvermə əmsallarını aşağıdakı kimi götürmək olar.

$$\alpha_1 = 10Vt / m^2 \cdot K; \quad \alpha_2 = 7Vt / m^2 \cdot K$$

İzoləedici material kimi penoplastdan istifadə olunur. İzolyasiya materialının qalınlığı şkafın divarının qalınlığı qədər götürülür. İzoləedici materialın istilikkeçirmə əmsalə götürülür.

5. Soyuducu maşının nəzəri soyutma məhsuldarlığı hesablanır.

$$Q_{or} = \frac{Q_0}{b_{orta}}$$

6. Elektrik enerjisinin sərfi hesablanır:

$$A = N_{orta} \cdot b_{orta}$$

burada N_{orta} - gücün orta qiyməti.

Elektrik enerjisini belə tapmaq olar:

$$A = A_2 - A_1$$

burada A_2 və A_1 müvafiq olaraq elektrik sayğacının son və başlanğıc göstəriciləridir.

7. Orta həqiqi soyutma əmsalı hesablanır

$$\varepsilon_{orta} = \frac{Q_0}{A_{orta}}$$

Hesabatdan alınan qiymətlər cədvəl 18.2-də yazılır.

Cədvəl 18.2

Hesabatın nəticələri

Rejimin №	Şkafdakı orta temperatur, $t_{şkaf}$	Rejim ərzində kompresorun işləmə müddəti Σt , dəq	Rejimin müddəti	Orta işin vaxt əmsalı, b_{orta}	Soyutma məhsuldarlığı, Q_{or} Vt	Nəzəri soyutma məhsuldarlığı Q_{or} Vt	Elektrik enerjisinin sərfi A_{ortap} Vt	Orta soyutma əmsalı b_{orta} .

Yoxlama sualları

1. Soyuducu şkaf hansı iki əsas hissədən ibarətdir?
2. Soyuducunun soyudulması hansı qurğu vasitəsi ilə yerinə yetirilir?
3. Hansı tip soyuducular vardır?
4. İş rejimi ərzində orta işçi vaxt əmsalı hansı düsturla ifadə olunur?

5. Orta həqiqi soyutma əmsalı necədir?

Laboratoriya işi № 19

Temperatur rejiminin kompressorun soyutma məhsuldarlığına təsiri

Məqsəd: "Minsk-16 " tipli məişət soyuducusunun quruluşunu öyrənmək və soyuducu agentin qaynama temperaturunun kompressorun soyutma məhsuldarlığına təsirini təcrübə ilə təyin etmək, "Minsk-16 " tipli məişət soyuducusunun sxemini, iş prinsipini və əsas elementlərinin vəzifəsini, kompressorun soyutma məhsuldarlığının, onun iş şəraitindən asılılıq xarakterini öyrənməkdən ibarətdir.

Ümumi məlumatlar

Soyuducu maşının iş şəraiti soyutma məhsuldarlığına nəzərə çarpan dərəcədə təsir edir. Nəzəri kursdan məlumdur ki, kondensatlaşma temperaturu artdıqda soyuducu agentin qaynama temperaturunun aşağı salınması ilə kompressorun soyutma məhsuldarlığı aşağı düşür. Qaynama temperaturunun artması ilə kompressorun soyutma məhsuldarlığı artır. Buna görə də müxtəlif kompressorların soyutma məhsuldarlığına görə müqayisəsi standart rejim adlanan rejimdə aparılır.

Bir pilləli freon soyuducu maşının standart tsikli aşağıdakı parametrlərlə xarakterizə olunur: qaynama temperaturu $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$, kondensatlaşma temperaturu $t_k = 30^{\circ}\text{C}$, həddən çox soyudulma temperaturu $t_s = 25^{\circ}\text{C}$.

Standart rejimdə kompressorun soyutma məhsuldarlığı standart soyutma məhsuldarlığı adlanır, $Q_{o, st}$ ilə işarə olunur və soyuducu maşının pasportunda göstərilir. Kompressorun standart rejimindən fərqlənən soyutma məhsuldarlığı işçii soyutma məhsuldarlığı adlanır və $Q_{o, iş}$ işarə olunur. $Q_{o, st}$ və $Q_{o, iş}$ arasındakı asılılıq aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Gamma_{\text{o.iş}} = \Gamma_{\text{o.c.}} \frac{z_{\text{vuu}} \cdot \lambda_{\text{uu}}}{z_{\text{vcm}} \cdot \lambda_{\text{cm}}}$$

burada λ - kompressorun vermə əmsalındır, $\lambda = f\left(\frac{P_k}{P_0}\right)$

qrafikindən tapılır;

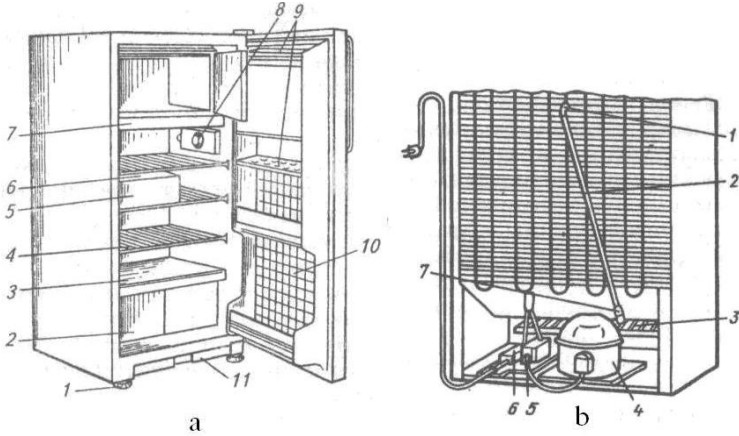
q_v - xüsusi həcmi soyutma məhsuldarlığı, kCoul/m³.

Ekspərimental qurğunun quruluşu

Ekspərimental qurğu "Minsk-16 " məişət soyuducusunun sxemi əsasında quraşdırılmışdır. Qurğuya bir pilləli porşenli kompressor, germetik örtüklü elektrik mühərriki, kondensator və buxarlandırıcı daxildir. Buxarlandırıcı şəffaf şüşə ilə istilik izolə olunub. Soyuducu şkaflar panel konstruksiyalıdır, daxili şkaflar plastik materialdan hazırlanır. İstilik izolyasiyası kimi sərt penopolüretan PPU 309M (R12-dən istifadə etdikdə) və ya Elastopor SH210 (R134a-dan istifadə etdikdə) materialdan istifadə olunur.

Soyuducu aqreqlər germetik kompressorla (KL6-İS və ya C-KM140H5) təchiz olunmuşdur. Kapilyar boru sorucu borunun içərisindən keçərək regenerativ istilik mübadiləsi əmələ gətirir. Soyuducu aqreqləri R134a soyuducu agentini ilə doldurulduqda NaA-2MM-AT markalı seolitli süzgəç-quruducudan və XFS-134 yağından istifadə olunur. "Minsk-16" düzbucaqlı şkaflar şəklində hazırlanır (şəkl. 19).

Kompressor diafraqma vasitəsilə bilavasitə örtüyün daxilindən soyuducu agentin buxarını soraraq, adiabatik sıxır və kondensatora vurulur. Kondensatorda sabit təzyiqdə soyuducu agentin buxarı kondensatlaşır.



Şək.19. "Minsk-16 " soyuducusu:

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) arxadan görünüşü: 1-qısa boru; 2-borü; 3-ərimiş su çəni buxarlandırıcısı; 4-kompressor; 5-buraxıcı qoruyucu rele; 6-klemanın qəlibi; 7-ucluq

Maye halında olan soyuducu agent incə təmizləmə süzgəcdən keçərək, sorucu boru kəmərinin üzərinə burulmuş kəpiklərə daxil olur. Beləliklə soyuducu agent buxarlandırıcıya daxil olmazdan əvvəl həddən çox soyudulur və drossellənir. Buxarlandırıcıdan qayıdan soyuducu agentin buxarı isə qızır. Beləliklə bu aqreقات qovşağı eyni zamanda regenerativ istilikdəyişdirici və drossellənmə ventili funksiyasını yerinə yetirir. Buxarlandırıcıda istilik yükü kimi elektrik lampasından istifadə olunur. Elektrik dövrəsinə voltmetr və ampermetr qoşulmuşdur hansı ki, istilik yükünü tənzimləmək və qeydə almaq mümkündür.

Soyuducu agentin qaynama və kondensatlaşma təzyiqlərini ölçmək üçün iki ədəd monovakuummeter quraşdırılır. Aqreقاتın soyutma məhsuldarlığı və buxarlandırıcıda tələb olunan temperaturun tənzim olunması APT-2 tipli, termorele ilə yerinə yetirilir. Buxarlandırıcı panelin səthinin temperatu-

runun artması ilə onun içərisində olan R-12 freonun təzyiqi artır və kompressorun elektrik mühərrikini qidalandıran sarğı dövrəsi qapanır. Kompresor işlədikdə soyuducu agentin təzyiqi və müvafiq olaraq qaynama temperaturunun aşağı düşməsi ilə kompressorun elektrik mühərrikinin dayanması baş verir. Beləliklə buxarlandırıcıda soyuducu agentin qaynama temperaturu sabit qalmayaraq, yəni t_{min} -a (kompresor işə qoşulduqda) qədər dəyişir.

t_{min} və t_{max} qiymətləri APT -2 termorele vasitəsilə tənzim olunur.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

1. Eksperimental qurğu ilə tanış olaraq müəllimlərin köməyi ilə soyuducu maşını işə salmalı.

2. Qərarlaşmış rejim əldə etdikdə kompressorun soyutma məhsuldarlığını və tsiklin əsas nöqtələrində temperaturlarını ölçməli.

Soyutma məhsuldarlığı lampadan ayrılan istiliyin miqdarına bərabər götürülür. 3-4 rejimlərin qeyd olunan ölçülərini cədvəl 19 - da qeyd etməli

Cədvəl 19

Təcrübənin nəticələri

Rejimin №	P_0 kq/sm ³	P_k kq/sm ²	Temperaturlar						Buxarlandırıcıya düşən yük			Kompresora düşən yük						
			1	2	3	4	5	6	J	U	W	J	U	W				

3. Soyuducu agentin qaynama temperaturu ilə soyutma məhsuldarlığı Q_0 , kompressorun elektrik gücü N_g və soyutma əmsalı ε arasındakı asılılıq qrafiklərini qurmali

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{N_T} ,$$

burada N_T - kompressorun nəzəri gücü olub aşağıdakı kimi hesablanır:

$$N_T = N_3 \cdot \eta_{mex} \cdot \eta_3 \cdot \eta_i,$$

burada N_3 - kompressorun hərəkətə gətirilməsinə sərf olunan güc;

η_{mex} - mexaniki f.i.ə.;

η_3 - elektrik mühərrikinin f.i.ə.;

η_i - indikator f.i.ə.

Yoxlama sualları

1. Kompresorun soyutma məhsuldarlığına nə təsir edir?
2. Bir pilləli soyuducu maşını xarakterizə edən parametrlər hansılardır?
3. Kompresorun standart rejimdə soyutma məhsuldarlığı necə adlanır?
4. Standart rejimindən fərqlənən soyutma məhsuldarlığı necə adlanır?
5. Kompresorun nəzəri gücü necə təyin olunur?

Laboratoriya işi № 20

Kompresorlu soyuducu qurğunun sınağı

Məqsəd: Kompresorlu soyuducu qurğunun işi ilə tanış olmaq və qurğunun verilmiş iş rejimində soyutma əmsalını və soyutma məhsuldarlığını təyin etmək.

Ümumi məlumatlar

Süni soyuq əldə etmək üçün kompresorlu soyuducu ma-

şından geniş istifadə edilir. Soyuducu qurğularda soyuducu agent kimi alçaq kondensatlaşma və buxarlanma temperaturuna malik olan ammoniyakdan, freondan və başqa agentlərdən istifadə olunur.

Kompessorlu soyuducu qurğu aşağıdakı əsas elementlərdən ibarətdir.

Buxarlandırıcı. Buxarlandırıcıda soyuducu agent kiçik təzyiqdə və alçaq temperaturda buxarlanır. Buxarlanma üçün lazım olan istilik ətraf mühətdən alınır və buna görə ətraf mühit soyudulur.

Kondensator. Kompressorda sıxılmış buxar kondensatora daxil olur və burada su və ya hava ilə soyudulur. Sabit təzyiqdə buxar kondensatlaşır.

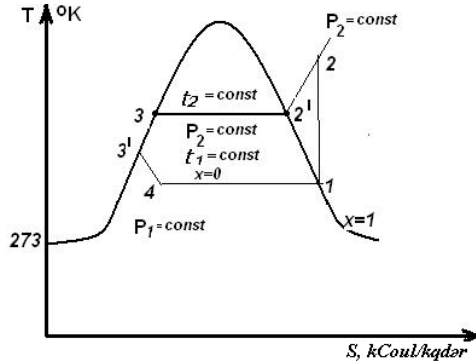
Həddindən çox soyuducu. Soyuducu agentin temperaturu kondensasiya temperaturundan aşağı temperatura qədər düşür. Bu işə qurğunun soyutma məhsuldarlığının artmasına səbəb olur. Bəzi qurğularda kondensator və həddən çox soyuducu birlikdə olur.

Tənzimləyici ventil. Maye halında olan soyuducu agent daraldılmış deşikdən keçərkən drossellənir və buna görə təzyiq aşağı düşür. Soyuducu agentin temperaturu aşağı düşür. Soyuducu agentin tənzimləyici ventildən verilməsi buxarlandırıcının istilik yükünü uyğun olmalıdır.

Termodinamikanın II qanununa əsasən süni soyuğun əldə olunması üçün fasiləsiz olaraq kompressorda iş sərf olunur və soyuducu agent vasitəsilə soyudulmuş otaqdan istilik, kondensatordakı soyuducu mühitə (suya və ya havaya) verilir. Kompessorlu soyuducu qurğunun iş tsikli TS koordinat sisteminə təsvir olunmuşdur (şək. 20).

1-2 adiabata prosesi ($S_1 = \text{const}$) buxarın kompressorda sıxılması, 2-2' izobarik prosesi ($P_2 = \text{const}$) qızışmış buxarın kondensatorda soyudulmasını, 2-3 izotermik və izobarik prosesi ($t_2 = \text{const}$, $P_2 = \text{const}$) buxarın kondensatorda kondensatlaşmasını, 3-3' izobarik prosesi ($P_2 = \text{const}$) maye halında olan soyuducu agentin həddən çox soyuducuda və ya kondensa-

torda soyudulmasını, 3-4 izoentalpiya prosesini ($i'=\text{const}$) tənzimləyici ventildə drossellənməni, 4-1 izotermik və izobarik prosesi ($t_1=\text{const}$, $P_1=\text{const}$) soyuducu agentin buxarlandırıcıda buxarlanmasını göstərir. Kompresorlu soyuducu qurğunun əsas göstəricisi soyutma əmsəlidir.



Şək. 20. Kompresorlu soyuducu qurğunun iş tsikli

$$\varepsilon = \frac{q_0}{L} ,$$

burada q_0 – 1 kq soyuducu agentin xüsusi soyutma məhsuldarlığıdır; Coul/kq

$$q_0 = i_1 - i_{3'} ,$$

burada i_1 - buxarlandırıcıda verilmiş temperaturda buxarın entalpiyasıdır;

$i_4 = i_{3'}$ - həddindən çox soyudulma temperaturunda mayenin entalpiyasıdır;

L - kompressorda 1 kq soyuducu agentə sərf olunan iş

$$L = i_2 - i_1 ,$$

burada i_2 - kompressorda sıxılmanın sonunda buxarın entalpiyası;

i_1 - sıxılmanın başlanğıcında buxarın entalpiyası.

Soyuducu qurğunun istilik balansı aşağıdakı tənliklə ifadə olunur

$$q_0 + L = q_k,$$

burada q_k - kondensatorun xüsusi istilik yüküdür.

Qurğunun ümumi soyutma məhsuldarlığı

$$Q_0 = q_0 \cdot G$$

Kompressorda sərf olunan ümumi güc

$$L = \ell \cdot G$$

Kondensatorun ümumi istilik yükü

$$Q_k = q_k \cdot G$$

burada G – sistemdə dövr edən soyuducu agentin miqdarı (kq/saat və ya kq/san).

Eksperimental qurğunun quruluşu

ƏK-40 tipli eksperimental soyuducu qurğusunun normal məhsuldarlığı $Q_0 = 11630 \text{ Vt}$ -dir. Soyuducu agent kimi ammonyak götürülür. Ammonyakın buxarı şaquli iki silindrlı porşenli kompressorda P_1 təzyiqdən P_2 təzyiqinə qədər sıxılır. Sıxılmış buxar yağ ayırıcısından keçərək kondensatora daxil olur. Kondensator 14 gedişli istilik dəyişdirici aparatdır. Ammonyak buxarı boruların arasındakı məsaməyə verilir. Diametri 29 x 2,5 mm olan boruların daxilindən soyuducu su keçir. Kondensatorunda sabit P_2 təzyiqində buxar t_2 temperaturundan kondensasiya temperaturuna qədər soyudulur. Kon-

densatorun soyutma səthinin sahəsi $3,35 \text{ m}^2$ –dır.

Maye halına keçmiş soyuducu agent tənzimləyici ventildə drossellənir və nəticədə onun təzyiqi P_1 –ə qədər düşür. Sonra buxarlandırıcıya daxil olur. Buxarlandırıcı buz generatoru ilə birlikdə hazırlanmışdır. Buz generatoru çəndən ibarətdir. Çəndə üfiqi yerləşdirilmiş bir gedişli istilik dəyişdirici aparat vardır. Diametri $29 \times 2,5 \text{ mm}$ olan boruların içərisində $27,5\%$ -li duz məhlulu dövr edir. Duz məhlulunun donma temperaturu $-38,6^\circ\text{C}$ və sıxlığı 15°C -də $1,26 \text{ kq/sm}^3$ -dur. Duz məhlulunun dövr etməsi pərli qarışdırıcı ilə baş verir. Ammonyakın buxarı isə boru arasındakı məsamələrə verilir və burada qaynama temperaturunda buxarlanır. Buxarlandırıcının soyutma səthinin sahəsi 5 m^2 -dir.

Təcrübənin aparılma qaydası və sınaq nəticələrinin işlənməsi

Qurğunu işə salmazdan əvvəl aşağıdakı əməliyyatları yerinə yetirmək lazımdır:

1. Kompresorun karterində yağın səviyyəsini yoxlamalı (yağın səviyyəsi baxış aynasının orta xəttindən aşağı olmamalıdır).

2. Ventil açılmalı və kondensatora soyuducu su verilməli.

3. Yavaş-yavaş kompresorun çıxış xəttindəki ventili açmalı.

4. Kompresorun elektrik mühərrikini işə salmalı.

5. Sonrakı xəttindəki ventili tam açmalı və kompresorun çıxış xəttində temperaturu $60-90^\circ \text{C}$ və sorma xəttində təzyiqi P_1 -dən lazımi qiymətə çatdırdıqdan sonra, tənzimləyici ventili açmalı.

6. Duz məhlulu qarışdırıcısının elektrik mühərrikini işə salmalı.

Qurğunun normal iş rejimini təmin etmək üçün aşağıdakı parametrlərə nəzarət olunmalıdır.

1. Ammonyakın buxarlanma temperaturu duz məhlulunun temperaturundan 5°C aşağı olmalıdır.

2. Kondensatorun çıxışında soyuducu suyun temperaturu θ_2 girişdəki temperaturdan 5°C artıq olmalıdır.

3. Ammonyak buxarının kondensatlaşma temperaturu t_3 kondensatorun çıxışındakı soyuducu suyun temperaturundan 5°C artıq olmalıdır.

4. Maye ammonyak həddindən çox soyudulduqda temperaturu t_3 , kondensatorun girişindəki soyuducu suyun temperaturundan 3°C artıq olmalıdır.

5. Sıxılmış ammonyak buxarının qızışma temperaturu 70°C -dən aşağı və 135°C -dən yuxarı olmalıdır.

6. Kompresorun sorma tərəfi və sorma ventili quru buz örtüyü ilə örtülməlidir.

7. Sormada qızışma 10°C -dan artıq olmamalıdır. Lazım olan rejim əldə olunduqdan sonra aşağıdakı ölçülər götürülür:

- kompresorun sorma tərəfindəki ammonyak buxarının təzyiqi P_1 ;

- kompresorun vurma tərəfindəki təzyiqi P_2 ;

- ammonyak buxarının kompressordan sonrakı qızışma temperaturu t_2 ;

- maye ammonyakın həddindən çox soyudulma temperaturu t_3 ;

- kondensatora daxil olan soyuducu suyun temperaturu θ_1 ;

- kondensatorun çıxışında soyuducu suyun temperaturu θ_2 ;

- soyuducu suyun sərfi G_b .

Təzyiq və temperatur hər 10 dəqiqədən bir qeyd olunur. Soyuducu suyun sərfi isə sərf ölçən cihazla təyin olunur. Təcürübədən alınan qiymətlər cədvəl 20-də qeyd olunur.

Alınan qiymətlərə görə TS koordinat sistemində proseslər qurudulur.

(1) nöqtəsi P_1 təzyiqi ilə $X=I$ sərhəd əyrisinin kəsişməsində olur.

(2) nöqtəsi $S_1=const$ adiabatası ilə $P_2=const$ izobarasının

kəsişməsində olur.

(2') nöqtəsi $P_2 = const$ izobarasının $X=1$ sərhəd əyrisinin kəsişməsində olur.

(3) nöqtəsi $t_2 = const$ izoterması və ya $P_2 = const$ izobarasının $X=0$ sərhəd əyrisinin kəsişməsində olur.

(3') nöqtəsi $t = const$ izoterması ilə $X=0$ sərhəd əyrisinin kəsişməsində olur.

(4) nöqtəsi $i_3 = const$ izoentalpiyası ilə $P_1 = const$ izobarasının kəsişməsində olur.

Cədvəl 20

Təcrübənin nəticələri

vaxt	Təzyiq, MPa		Ammonyakın temperaturu, °C		Soyuducu suyun temperaturu, °C		Qeyd
	sorma xəttində P_1	vurma xəttində P_2	kompres-sora t_2	tənzimlə-yici ventildən qabaq t_3'	başlanğıc θ_1	son θ_2	

TS koordinat sistemində hesabat üçün lazım olan $i_1; i_3; i_2$ entalpiyası və hesabat ilə xüsusi soyutma məhsuldarlığı q_0 ; işi L , soyutma əmsalı ε və kondensatorun xüsusi istilik yükü q_k tapılır.

Kondensatorun istilik balansını tənliyindən sistemdə dövr edən ammonyakın miqdarı hesablanır:

$$Q_k = G \cdot q_k = G_b \cdot c(\theta_2 - \theta_1),$$

burada c – xüsusi istilik tutumudur.

$$G = \frac{G_b \cdot c(\theta_2 - \theta_1)}{q_k}.$$

Ümumi soyutma məhsuldarlığı

$$Q_0 = q_0 \cdot G.$$

Kompressorda sərf olunan iş

$$L = \ell \cdot G.$$

Kondensatorun istilik yükü

$$Q_k = q_k \cdot G.$$

Kompressoru hərəkətə gətirmək üçün lazım olan enerji aşağıdakı düsturla təyin olunur

$$N_T = \ell \cdot G = G(i_2 - i_1) \text{ kVt.}$$

Soyuducu qurğunun kompressorunu hərəkətə gətirmək üçün lazım olan həqiqi güc

$$N_g = \frac{N_T}{\eta},$$

η - ümumi f.i.ə.

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_{mex} \cdot \eta_p \cdot \eta_g,$$

η_i - kompressorun indikator f.i.ə.

İşçi və nəzəri təzyiqlərin sıxılma dərəcəsini nəzərə alırıq.

$$\eta_i = 0,81,$$

η_{mex} - kompressorun mexaniki f.i.ə.

$$\eta_{mex} = 0,8 \div 0,9,$$

η_g - kompressorun elektrik mühərrikinin f.i.ə.

$$\eta_g = 0,95,$$

η_p - ötürmə f.i.ə.

$$\eta_p = 0,95.$$

Soyutma məhsuldarlığını normal şərait üçün aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$Q_n = Q_{or} \frac{q_n \cdot \lambda_n}{q_{vp} \cdot \lambda_p},$$

burada λ_n - normal şəraitdə soyutma məhsuldarlığıdır.

Kondensatorada soyuducu su sərfi normal şərait üçün aşağıdakı kimi tapılır:

$$G_b = \frac{G_n \cdot c(i_{2n} - i_{3n})}{\theta_2 - \theta_1}.$$

Yoxlama sualları

1. Buxarlandırıcının vəzifəsi nədən ibarətdir?
2. Drossellənmə prosesi adətən hansı cihaz vasitəsilə yerinə yetirilir?
3. Şəkil 20-də 1-2 xətti hansı prosesi göstərir?
4. Şəkil 20-də izoentalpiya prosesini hansı xətt göstərir?
5. Kondensatorun ümumi istilik yükü necə ifadə olunur?

II HİSSƏ

PRAKTİKİ İŞLƏR

Praktiki iş № 21

Soyuducu agentlərin termodinamiki diaqramlarının qurulması

Soyuducu maşının işi zamanı soyuducu agentin aqrekat halını və parametrlərini dəyişən fasiləsiz proseslər baş verir. Soyuducu maşının etibarlı istismarı orada gedən termodinamiki proseslərin düzgün qəbul edilməsidir. Ayrı-ayrı proseslərin öyrənilməsində soyuducu maşının tsiklinə daxil olan soyuducu agentin parametrlərini təyin etmək üçün soyuducu agentlərin termodinamiki diaqramlarından istifadə edilir.

Hər bir soyuducu agentin öz diaqramı olur ki, onların qurulma və istifadə prinsipləri eynidir. Təcrübədə 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.

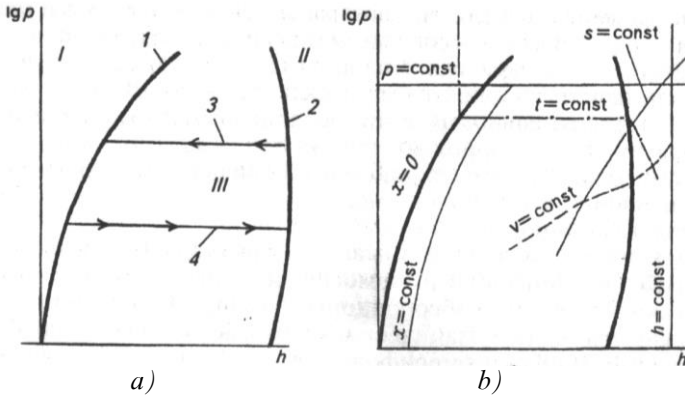
Şəkil 21.a-da soyuducu agentin faz dəyişmə sahələri verilir.

Doymuş maye əyrisinin sol tərəfində çox soyumuş maye sahəsi yerləşir. Doymuş maye və doymuş buxar əyriləri arasında nəmli buxar sahəsi yerləşir. Nəmli buxar qaynama halında və ya kondensasiya halında olan doymuş maye və 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 xətti $x=const$ təyin edir və buxar–maye qarışığında buxarın kütlə payını göstərir (şək. 21.b). Doymuş maye xəttində buxar tərkibi $x=0$, doymuş buxar xəttində $x=1$ olur.

Çox qızmış buxar sahəsi doyma temperaturundan yuxarı temperaturda müvafiq təzyiqdə olan buxarın halını göstərir. Şəkil

21.b-də verilən $h - lgp$ diaqramı soyuducu agentin verilmiş altı parametrini xətt şəklində göstərir. Əsas parametrlərin ədədi qiymətləri 1 kq soyuducu agentə aid edilən xüsusi qiymətlərlə verilir.

Sabit buxar tərkibi xətti x nəmli buxar sahəsindən keçir.



Şək.21. Soyuducu agentlərin $h - lgp$ diaqramı:

a -faz keçidi zonası; b -əsas parametrlər əyrisi; I-çox soyumuş maye sahəsi; II-çox qızmış buxar sahəsi; III-nəmli doymuş buxar sahəsi; 1-doymuş maye əyrisi; 2-doymuş buxar əyrisi; 3-buxar kondensasiya xətti; 4-mayenin qaynama xətti

Sabit təzyiq xətləri p (MPa) – izobarlar–faz keçidinin bütün sahələrindən horizontal şəkildə keçir.

Sabit temperatur xətləri t ($^{\circ}\text{C}$) – izotermlər– çox soyuma sahəsində şaquli, nəmli buxar sahəsində–üfiqi şəkildə keçir. Bu sahədə izotermlər izobarlarla uyğun gəlir, çünki soyuducu agent t və p sabit qiymətlərində öz faza halını dəyişir. Çox qızmış buxar sahəsində izotermlər əyrisi maili olaraq aşağı doğru gedir.

Sabit xüsusi entalpiya xətləri h (izoentalplar) absis oxuna şaquli şəkildə verilmişdir. Xüsusi daxili enerji u və potensial enerjinin $p v$ cəminə bərabər olan 1 kq işçi cismin tam enerjisində xüsusi entalpiya deyilir, yəni $h=u+p v$. Xüsusi entalpiyanın dəyişməsi (kCoul/kq) termodinamiki prosesdə $p=const$ -də gətirilən istiliyin

xüsusi miqdarına bərabərdir.

Sabit xüsusi həcm xətləri ν (m^3/kq) – izoxorlar – nəmli və çox qızmış buxar sahəsindən keçən qırıq-qırıq xətlərlə göstərilmişdir. Maye sahəsində mayenin həcmi buxara nisbətən az olduğundan izoxorlar göstərilmir, buna görə də bu parametrlə diaqramla təyin edilmir.

Sabit xüsusi entropiya xətləri s ($\text{kCoul}/\text{kq}\cdot\text{K}$) – adiabatlar – maili əyrilər şəklində diaqram sahəsindən keçir. Entropiya – sistem və xarici mühit arasında gedən istilik dəyişmə prosesinin istiqamətini xarakterizə edən termodinamik sistemin hal funksiyasıdır.

Diaqram sahəsində hər bir nöqtəyə müəyyən parametrlə soyuducu agentin halı uyğun gəlir və xəttin iki nöqtəsinin birləşməsi iki hal arasında gedən prosesin xarakterini göstərir.

Yoxlama sualları

1. Doymuş maye əyrisinin sol tərəfində şəkil 21(a)-da hansı əyri yerləşir?
2. Hansı istiqamətdə qaynama, hansında isə kondensasiya baş verir?
3. Doymuş buxar xəttində buxar tərkibi nəyə bərabərdir?
4. Buxar tərkibinin vahidə bərabər olması hansı xəttə uyğundur?
5. Entropiya nədir?

Praktiki iş № 22

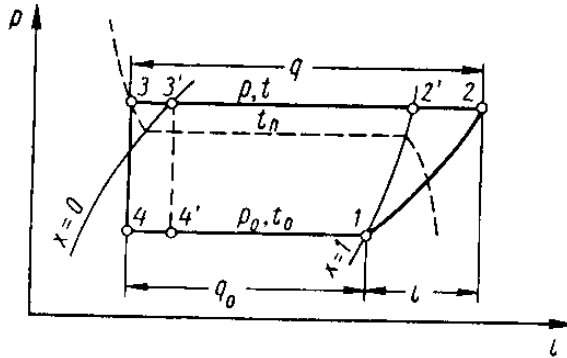
Tsiklin verilən işi parametrlərlə qurulması

Kompresorlu buxar soyuducu maşının nəzəri işi tsiklinin hesabı üçün aşağıdakı temperaturları bilmək lazımdır: buxarlandırıcıda soyuducu agentin qaynama temperaturu t_0 , nizamlayıcı ventildən əvvəl mayenin kondensasiya t və çox soyuma t_n temperaturu.

Soyuducu agentlə bilavasitə soyutmada qaynama temperaturu t_0 soyudulan kameraların havasının temperaturundan $8-10^\circ\text{C}$ aşağı olur. Kondensasiya temperaturu kondensatora verilən suyun temperaturundan $8...10^\circ\text{C}$, çox soyuma temperatur isə verilən suyun temperaturundan $3...4^\circ\text{C}$ yuxarı olmalıdır.

Əsas temperaturları qeyd edərək nəzəri tsikli qurmaq və hesablamaq olar, yəni 1 kq soyuducu agentin nəzəri soyutma məhsuldarlığını təyin etmək olar.

Hesabatlar üçün ən məqsəddəuyğunu $i-p$ -diqramıdır (şək. 22). Bu diqramda absis oxunda entalpiya i , ordinat oxunda isə mütləq təzyiqli p verilir.



Şək.22. Kompessorlu buxar soyuducu maşının $i-p$ -diqramında nəzəri tsikli

Soyuducu maşının nəzəri işçi tsikli $i-p$ -diqramında aşağıdakı kimi qurulur. Verilmiş qaynama temperaturu t_0 və ona uyğun olan p_0 təzyiqli ilə sağ sərhəd əyrisində kompressorun girişində (quru doymuş buxar) soyuducu 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 soyuducu agentin halını təyin edir. Kondensatorda proses sabit təzyiqdə gedir və diqramda 2-3 üfqi xətlə verilir. 2-2' sahəsində çox qızmış buxa-

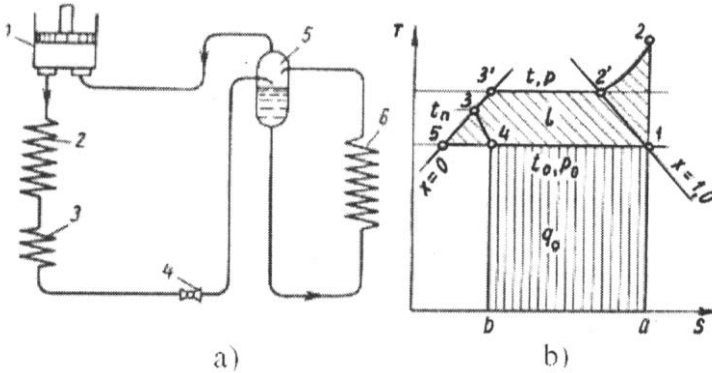
rın kondensasiya temperaturuna (t) kimi soyuması baş verir, soyuducu agent kondensasiya edir ($2'-3'$ xətti) və sonra kondensasiya temperaturuna nisbətən daha çox soyuyur ($3'-3$ xətti).

3 nöqtəsi soyuducu agentin nizamlayıcı ventildən əvvəl halını xarakterizə edir. O p izobarının maye sahəsində t_n izotermi ilə kəşiməsilə təyin edilir. Məlum olduğu kimi, drossellənmə prosesində xarici işin olması və xarici mühitlə istilik mübadiləsi baş vermir. Diaqramda bu $3-4$ şaquli xətti ilə verilir $i=const$ ($i_3=i_4$). Beləliklə, $i-p$ -diaqramında kompressorda sıxma prosesindən başqa nəzəri işçi tsiklin bütün prosesləri düz xətlərlə göstərilir. Əsas hesabat kəmiyyətləri absis oxunda olan kəsiklərlə ölçülür.

Praktiki iş № 23

Tsiklin hesabatu

Diaqramlardan istifadə edərək (şək. 22 və şək. 23.1) nəzəri işçi tsikli hesablayırıq.



Şək.23.1. Kompessorlu buxar soyuducu maşının nəzəri tsikli (a) və $s-T$ diaqramı (b)

1 kq agentin soyutma məhsuldarlığı 1 və 4 nöqtələrində olan entalpiyalar fərqiə bərabərdir:

$$z_0 = u - u_4, \text{ kCoul/kq.} \quad (23.1)$$

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.

$$l = u_2 - u_1, \text{ kCoul/kq.} \quad (23.2)$$

Qrafiki olaraq *i-p*-diaqramında *l* işinə 1-2 adiabatının absis oxuna proyeksiyası uyğun gəlir.

Kondensatorda 1 kq soyuducu agentin su və ya havaya verdiyi istilik (izobar 2-3) $q = q_0 + l$ kCoul/kq kimi olur. Bu soyuducu agentin 2 və 3 nöqtələrində entalpiyalar fərqi kimi də təyin edilə bilər:

$$z = u_2 - u_3, \text{ kCoul/kq} \quad (23.3)$$

i-p- diaqramında bu istilik 2-3 kəsiyi ilə ifadə edilir.

Aşağıdakıları hesablayırıq:

a) Tsiklin soyutma əmsalını

$$\varepsilon_n = \frac{q_0}{l} \quad (23.4)$$

b) 1 saat ərzində kompressorla sorulan soyuducu agentin miqdarı (dövr edən soyuducu agentin saatlıq miqdarı)

$$\mathcal{Q} = 3,6 \frac{Q_0}{z_0}, \text{ kq/saat,} \quad (23.5)$$

burada Q_0 - maşının verilmiş soyutma məhsuldarlığı, Vt (1 $Vt=0,86$ kkal/saat).

c) 1 saat ərzində kompressorla sorulan buxarın həcmi

$$B = \mathcal{E}_1, \text{ m}^3/\text{saat} \quad (23.6)$$

və ya (23.5) tənliyini nəzərə alsaq

$$B = 3,6 \frac{\Gamma_0}{z_0} \mathcal{E}_1 = 3,6 \frac{\Gamma_0}{z_0}, \text{ m}^3/\text{saat}, \quad (23.7)$$

burada v_l - sorulan buxarın xüsusi həcmi (m^3/kq) olub, diaqramdan (I nöqtəsindən keçən izoxor) və ya doymuş buxar cədvəlindən (Əlavə 3, 4) tapılır;
 $q_v = q_0/v_0$, kCoul/m^3 - soyuducu agentin həcmi soyutma məhsuldarlığı (Əlavə 5, 6).

V -nin qiymətinə görə kompressorun ölçüləri təyin edilir.

d) Kompressorda sərf olunan nəzəri güc

$$N_n = \frac{Gl}{3600} = \frac{Q_0}{1000\varepsilon_n}, \text{ kVt} . \quad (23.8)$$

e) Kondensatorun istilik yükünü istilik balansı tənliyindən təyin edirik

$$Q = Q_0 + N_n \cdot 1000 = Q_0 + \frac{Q_0}{\varepsilon_n} = Q_0 \frac{\varepsilon_n + 1}{\varepsilon_n}, \text{ Vt} \quad (23.9)$$

Yoxlama sualları

1. Buxar soyuducu maşının nəzəri işçi tsiklini hesablamaq üçün hansı temperaturaları bilmək lazımdır?

2. 1 saat ərzində kompressorla sorulan soyuducu agentin miqdarı necə təyin edilir?

3. Kondensasiya temperaturu verilən suyun temperaturundan necə dərəcə aşağı olur?

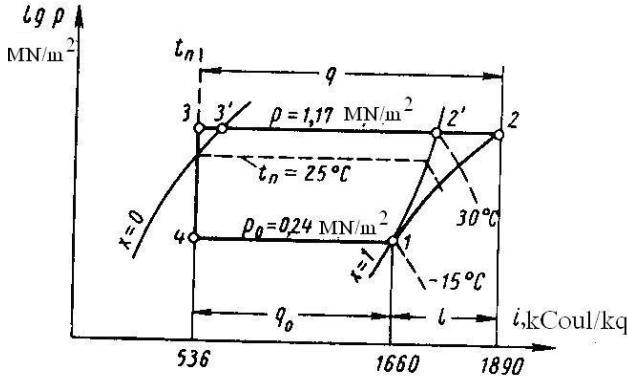
4. 1 və 4 nöqtələrində olan entalpiya fərqi (şək. 22.1) nəyi ifadə edir?

5. 1 saat ərzində kompressorla sorulan buxarın həcmi hansı düsturla hesablanır?

Məsələ: 1. Ammonyakla işləyən soyuducu maşının istilik hesabı (şək. 23.2).

Maşının məhsuldarlığı $Q_0=25000$ Vt=21500 kkal/saat;
 $t_0=-15^\circ\text{C}$, $t=30^\circ\text{C}$, $t_n=25^\circ\text{C}$.

a) kompressorla soyudulan quru doymuş buxarın entalpiyası
 $u_1 = 397,0$ kkal/kq=1660 kCoul/kq;



Şək. 23.2. Ammonyaklı soyuducu maşının nəzəri tsikli

b) sıxılmanın sonunda entalpiya

$$u_2 = 452,5 \text{ kkal/kq} = 1890 \text{ kCoul/kq}$$

c) çox soyumuş maye ammonyakın entalpiyası

$$u_3 = u_4 = 128,0 \text{ kkal/kq} = 536 \text{ kCoul/kq};$$

d) sorulan buxarın xüsusi həcmi

$$v_1 = 0,509 \text{ m}^3/\text{kq};$$

1) 1 kq ammonyakın soyutma məhsuldarlığı

$$z_0 = u_1 - u_4 = 1660 - 536 = 1124 \text{ kCoul/kq};$$

2) kompressorda sıxılmanın nəzəri işi

$$l = u_2 - u_1 = 1890 - 1660 = 230 \text{ kCoul/kq};$$

3) kondensatorda 1 kq amonyaka verilən istilik

$$z = z_0 + l = 1124 + 230 = 1354 \text{ kCoul/kq};$$

4) tsiklin soyutma əmsalı

$$\varepsilon_n = \frac{q_0}{l} = \frac{1124}{230} = 4,88;$$

5) 1 saat ərzində dövr edən ammoniyakın miqdarı

$$\mathcal{Q} = 3,6 \frac{\Gamma_0}{z_0} = 3,6 \frac{25000}{1124} = 80 \text{ kq/saat};$$

6) kompressorla sorulan ammoniyak buxarının həcmi

$$B = \mathcal{Q} \varepsilon_1 = 80 \cdot 0,509 = 40,7 \text{ m}^3/\text{saat};$$

7) kompressorda sərf olunan nəzəri güc

$$N_n = \frac{Q_0}{1000 \varepsilon_n} = \frac{25000}{1000 \cdot 4,88} = 5,12 \text{ kVt}$$

və ya

$$N_n = \frac{\mathcal{Q} \cdot \pi}{3600} = \frac{80 \cdot 230}{3600} = 5,12 \text{ kVt};$$

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

$$u = 135,3 \text{ ккал/кг} = 567 \text{ кЂоул/кг};$$

2) sıxılmanın sonunda freon buxarının entalpiyası

$$u_2 = 141,5 \text{ ккал/кг} = 593 \text{ кЂоул/кг};$$

3) nizamlayıcı ventilin əvvəlində maye freonun entalpiyası

$$u_3 = u_4 = 105,8 \text{ ккал/кг} = 444 \text{ кЂоул/кг};$$

4) sorulan buxarın xüsusi həcmi

$$\varepsilon_1 = 0,0925 \text{ m}^3/\text{kq};$$

5) 1 kq freonun soyutma məhsuldarlığı

$$z_0 = u - u_4 = 567 - 444 = 123 \text{ кЂоул/кг};$$

6) kompressorda sıxılmanın nəzəri işi

$$\pi = u_2 - u = 593 - 567 = 26 \text{ кЂоул/кг};$$

7) kompressorda 1 kq freona verilən istilik

$$q = i_2 - i_3 = 593 - 444 = 149 \text{ кЂойл/кг} ;$$

8) tsiklin soyutma əmsalı

$$\varepsilon_n = \frac{q_0}{l} = \frac{123}{26} = 4,74;$$

9) 1 saat ərzində buxarlandırıcıya verilən freonun miqdarı

$$\mathcal{Q} = 3,6 \frac{\Gamma_0}{z_0} = 3,6 \frac{25000}{123} = 732 \text{ kq/saat};$$

10) kompressorla sorulan freon buxarının həcmi

$$B = \mathcal{Q} \varepsilon_1 = 732 \cdot 0,0925 = 67,7 \text{ m}^3/\text{saat};$$

11) kompressorda sərf olunan nəzəri güc

$$N_n = \frac{Q_0}{1000 \varepsilon_n} = \frac{25000}{1000 \cdot 4,74} = 5,27 \text{ kVt};$$

12) kondensatorun istilik yükü

$$Q = Q_0 \frac{\varepsilon_n + 1}{\varepsilon_n} = 25000 \frac{4,74 + 1}{4,74} = 30300 \text{ Vt}.$$

Praktiki iş № 24

Kompressorun mühərrikinin gücünün təyini

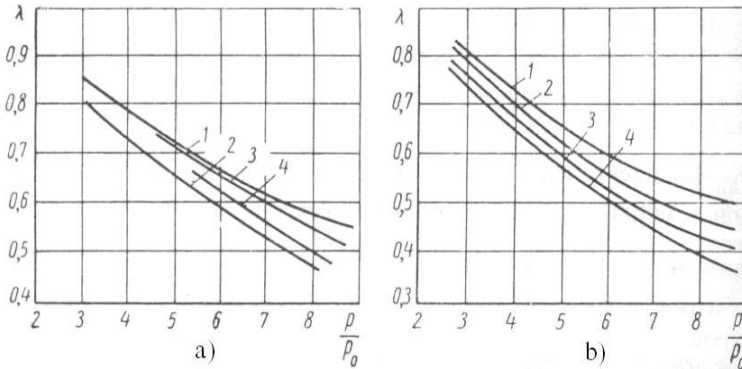
Məsələ: Ammonyaklı soyuducu maşınının 4AU-15 kompressorunda $V_h = 285 \text{ m}^3/\text{saat}$ ($n = 480$ dövr/dəq).

Standart şəraitdə və aşağıdakı iş rejimində maşının soyutma məhsuldarlığını və kompressorun mühərrikinin gücünü təyin edin.

Qaynama temperaturu $t_0 = -20^\circ\text{C}$; kondensasiya temperaturu $t = 30^\circ\text{C}$; çox soyuma temperaturu $t_c = 25^\circ\text{C}$.

Ammonyakın nəzəri xüsusi həcmi soyutma məhsuldarlığını cədvəldən götürürük (Əlavə 5). Standart şərait üçün ($t_0 = -15^\circ\text{C}$ -də və $t_n = 25^\circ\text{C}$ -də) $q_{vs} = 528,9 \text{ kkal/m}^3 = 2210 \text{ kCoul/m}^3$, işçi şərait üçün ($t_0 = -20^\circ\text{C}$ -də və $t_n = 25^\circ\text{C}$ -də) $q_{vi} = 428,8 \text{ kkal/m}^3 = 1800 \text{ kCoul/m}^3$.

Standart və işçi şəraitdə vermə əmsalını qrafikdən (şək. 24.1.a) tapırıq. Əvvəlcədən ammoniyakın doymuş buxar cədvəlindən (Əlavə 3) təzyiqlər nisbətini p/p_0 tapırıq.



Şək.24.1. Sadə təsirli düzaxınlı kompressorların λ -nın p/p_0 -dan asılılığı:

a) $n=480$ dövr/dəq-də (1 və 2- 4AU-15 kompressoru üçün $C_0=5,35\%$ və $C_0=7,63\%$ olduqda; 3 və 4-2AB-27 kompressoru üçün $C_0=3,92\%$ və $C_0=4,92\%$ olduqda); b) müxtəlif fırlanma tezliyində (1 və 2-4AU-8 kompressoru üçün $C_0=5,85\%$ və $n=960$ dövr/dəq və $n=750$ dövr/dəq olduqda; 3 və 4-2AU-8 kompressoru üçün $C_0=6,27\%$ və $n=950$ dövr/dəq və $n=720$ dövr/dəq olduqda).

Standart şərait üçün ($t=30^\circ\text{C}$ və $t_0=-15^\circ\text{C}$)

$$\frac{n}{n_0} = \frac{11,895}{2,41} = 4,94.$$

İşçi şərait üçün ($t=30^\circ\text{C}$ və $t_0=-20^\circ\text{C}$)

$$\frac{n}{n_0} = \frac{11,895}{1,94} = 6,13.$$

Vermə əmsallarının müvafiq qiymətləri (şək. 24.1)

$$\lambda_s=0,72 \text{ və } \lambda_i=0,66.$$

Maşının standart və işçi soyutma məhsuldarlığını təyin edirik:

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_{ou} &= 0,278 \varepsilon_{at} B_{uf} \lambda_u \\ \Gamma_{oc} &= 0,278 \varepsilon_{bc} B_{uf} \lambda_c \end{aligned} \right\},$$

$$\Gamma_{oc} = 0,278 \cdot 2210 \cdot 285 \cdot 0,72 = 126000 \text{ Vt};$$

$$\Gamma_{ou} = 0,278 \cdot 1800 \cdot 285 \cdot 0,66 = 94000 \text{ Vt};$$

Standart şərait üçün

$$\varepsilon_{\text{няз}} = \frac{z_0}{l} = \frac{u_1 - u_2}{u_2 - u_1} = \frac{397 - 128}{452,5 - 397} = 4,86;$$

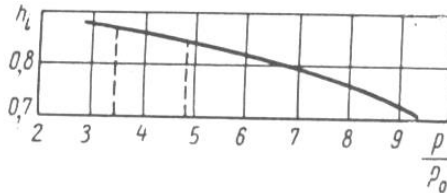
$$H_{\text{няз}} = \frac{\Gamma_{oc}}{\varepsilon_{\text{няз}}} = \frac{126000}{1000 \cdot 4,86} = 25,8 \text{ kVt.}$$

Verilmiş işçi rejimdə

$$\varepsilon_{\text{няз}} = \frac{z_0}{l} = \frac{395 - 128}{459 - 395} = 4,2;$$

$$H_{\text{няз}} = \frac{\Gamma_{ou}}{\varepsilon_{\text{няз}}} = \frac{94000}{1000 \cdot 4,2} = 22,4 \text{ kVt.}$$

Qrafikdən indikator faydalı iş əmsalı (şək. 24.2) təyin edilir: standart rejim üçün ($p/p_0=4,94$ -də) $\eta_i=0,84$; verilmiş işçi rejim üçün ($p/p_0=6,13$ -də) $\eta_i=0,81$. Mexaniki faydalı iş əmsalı $\eta_m=0,85$ qəbul edirik.



Şək. 24.2. η_i əmsalının sıxılma dərəcəsiindən asılılığı

Kompresora lazım olan tam və ya effektiv güc

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_m} = \frac{N_n}{\eta_i \eta_m} = \frac{N_n}{\eta_e},$$

burada η_e - effektiv faydalı iş əmsalıdır.

Kompresorun intiqalı üçün lazım olan tam güc:

Standart rejimdə

$$N_e = \frac{25,8}{0,84 \cdot 0,85} = 36,1 \text{ kVt.}$$

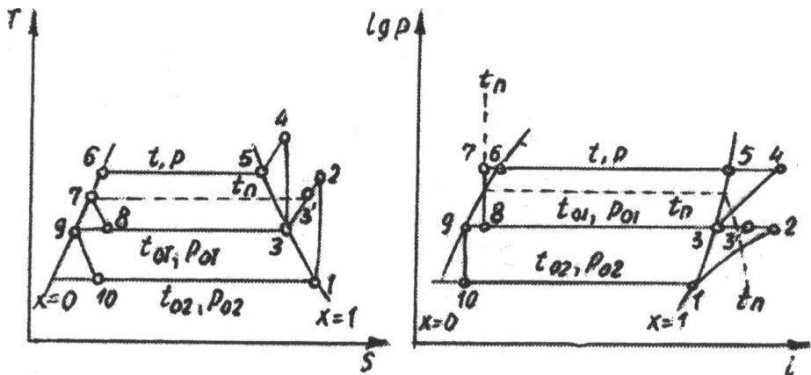
Verilmiş işçi rejimdə

$$N_e = \frac{22,4}{0,81 \cdot 0,85} = 32,5 \text{ kVt.}$$

Praktiki iş № 25

İkipilləli maşının hesabətı

Ammonyakla işləyən ikipilləli maşının hesabətı aşağıdakı kimi aparılır (şək. 25).



Şək. 25. İşçi tsiklin istilik diaqramları

Maşının hesabı üçün verilənlər:

t_{b1} - aralıq təzyiqli buxarlandırıcısı ilə soyudulan mühitin temperaturu;

t_{b2} - aşağı təzyiqli buxarlandırıcısı ilə soyudulan mühitin temperaturu;

t_{ω} - aralıq su soyuducusunun, maye ammonyakı çox soyudanın və kondensatorun soyudulması üçün istifadə olunan suyun temperaturu;

Q_{01} - aralıq təzyiqli buxarlandırıcısının qaynama temperaturunda maşının soyuqluq məhsuldarlığı, Vt;

Q_{02} - aşağı təzyiqli buxarlandırıcısının qaynama temperaturunda maşının soyuqluq məhsuldarlığı, Vt;

Verilmiş soyudulan mühitlərin və suyun temperaturlarından asılı olaraq soyuducu maşının işçi rejimini müəyyən edirik. Qəbul edirik:

t_{01}, p_{01} - aralıq təzyiqli buxarlandırıcısında qaynama temperaturu və təzyiqli;

t_{02}, p_{02} - aşağı təzyiqli buxarlandırıcısında qaynama temperaturu və təzyiqli;

t, p - kondensasiya temperaturu və təzyiqli;

t_n - nizamlayıcı ventildən əvvəl mayenin temperaturu;

t_{on} - aralıq su soyuducusundan sonra soyudulan buxarın temperaturu.

Qəbul olunur ki, soyuducu maşın eyni qaynama temperaturunda işlədikdə aşağı və yüksək təzyiqli kompressorlarda sıxılma dərəcəsi eynidir, yəni

$$\frac{n_{01}}{n_{02}} = \frac{n}{n_{01}},$$

buradan

$$n_{01} = \sqrt{nn_{02}}. \quad (25.1)$$

Aşağı təzyiqli buxarlandırıcıda dövr edən ammonyakın miqdarını hesablamaq olar:

$$\mathcal{Q}_{02} = 3,6 \frac{\Gamma_{02}}{z_{02}} = 3,6 \frac{\Gamma_{02}}{u - u_0} \text{ kq/saat.} \quad (25.2)$$

Aralıq təzyiqli buxarlandırıcısında dövr edən ammoniyakın miqdarı:

$$\mathcal{Q}_{01} = 3,6 \frac{\Gamma_{01}}{z_{01}} = 3,6 \frac{\Gamma_{01}}{u_3 - u_2} \text{ kq/saat.} \quad (25.3)$$

Buxarın əlavə soyudulması üçün aralıq çəndən buxarlanan ammoniyakın miqdarı:

$$\mathcal{Q}_0 = \frac{\mathcal{Q}_{02}(u_3 - u_2)}{u_3 - u_2} \text{ kq/saat.} \quad (25.4)$$

Aralıq çəndə sərf olunan mayenin ümumi miqdarı:

$$\mathcal{Q}_b = \mathcal{Q}_{02} + \mathcal{Q}_{01} + \mathcal{Q}_0 \text{ kq/saat.} \quad (25.5)$$

Yüksək təzyiqli kompressorlarda dövr edən ammoniyakın miqdarı:

$$\mathcal{Q} = \frac{\mathcal{Q}_b}{1 - x_1} = \frac{\mathcal{Q}_{02} + \mathcal{Q}_{01} + \mathcal{Q}_0}{1 - x_1} \text{ kq/saat,} \quad (25.6)$$

burada x_1 - birinci drossellənmədən sonra ammoniyakın buxar tutumu.

Aşağı və yüksək təzyiqli kompressorlarına daxil olan ammoniyak buxarının həcmi

$$\left. \begin{aligned} B_{u1} &= \mathcal{Q}_{02} \epsilon_1 \\ B_6 &= \mathcal{Q} \epsilon_3 \end{aligned} \right\} \text{ m}^3/\text{saat,} \quad (25.7)$$

burada v_1 - aşağı təzyiqli kompressorundan əvvəl buxarın xüsusi həcmi (nöqtə 1, şəkl. 25);

v_3 - yüksək təzyiqli kompressorundan əvvəl buxarın xüsusi

susi həcmi (nöqtə 3).
 Kompresorların saatlıq həndəsi həcmləri

$$\left. \begin{aligned} B_{uIII} &= \frac{B_{III}}{\lambda_{uI}} \\ B_{u\sigma} &= \frac{B_{\sigma}}{\lambda_{\sigma}} \end{aligned} \right\} \text{m}^3/\text{saat}, \quad (25.8)$$

burada λ_{Hb} , λ_b - aşağı və yüksək təzyiqli kompressorlarında ver-
 mə əmsalları

$$\lambda_{III} = \phi \left(\frac{n_{0I}}{n_{02}} \right);$$

$$\lambda_{\sigma} = \phi \left(\frac{n}{n_{0I}} \right).$$

V_{hH} və V_{hb} qiymətlərinə əsasən hər iki pillənin kompressorla-
 rının miqdarı və markası seçilir.

Kompresorların elektrik mühərrikinin nəzəri gücü

$$\left. \begin{aligned} H_{H\sigma H} &= \frac{\mathcal{E}_{02}(u_2 - u_4)}{3600} \\ H_{H\sigma \sigma} &= \frac{\mathcal{E}(u_4 - u_5)}{3600} \end{aligned} \right\} \text{kVt.} \quad (25.9)$$

Kompresorların vallarında olan güc

$$\left. \begin{aligned} H_{eIII} &= \frac{H_{H\sigma H}}{\eta_{uIII} \cdot \eta_{MIII}} \\ H_{e\sigma} &= \frac{H_{H\sigma \sigma}}{\eta_{u\sigma} \cdot \eta_{M\sigma}} \end{aligned} \right\} \text{kVt.} \quad (25.10)$$

burada η_i və η_m - indikator və mexaniki faydalı iş əmsalı.
İstilik yükləri:
su soyuducusunun

$$\Gamma_{\sigma 0} = \frac{\mathcal{Q}_{02}}{3,6}(u_2 - u_3) \text{ Vt}; \quad (25.11)$$

kondensatorun

$$\Gamma = \frac{\mathcal{Q}}{3,6}(u_4 - u_3) \text{ Vt}. \quad (25.12)$$

Aralıq çəninin ilanvari borusunun istilik yükü:

$$\Gamma_3 = \frac{\mathcal{Q}_{02}}{3,6}(u_3 - u_4) \text{ Vt}. \quad (25.13)$$

Yoxlama sualları

1. Aşağı təzyiqli buxarlandırıcıda dövr edən ammonyakın miqdarı necə hesablanır?
2. Aşağı və yüksək təzyiqli kompressorlarına daxil olan ammonyak buxarının həcmi necə təyin olunur?
3. İstilik yükləri necə təyin olunur?
4. Aralıq çəninin ilanvari borusunun istilik yükü necə ifadə olunur?

Praktiki iş № 26

Hava soyuducusunun hesabı

Məsələ 1. Quru ammonyakla işləyən hava soyuducusunun istilik ötürmə səthini və ventilyatorun məhsuldarlığını tapın.

Hava soyuducusunun soyutma məhsuldarlığı $Q_{oh}=23200 \text{ Vt}$
 $=20000 \text{ kkal/saat}$, kamerada havanın temperaturu $t=0^\circ\text{C}$, nisbi rütubət $\varphi=90 \%$, hava soyuducusunda havanın hərəkət sürəti $\omega=4$

m/san.

Qəbul edirik: hava soyuducusuna daxil olan hava üçün $t_1=1^\circ\text{C}$; $\varphi=90\%$; hava soyuducusunun çıxışındakı hava üçün $t_2=-3^\circ\text{C}$, ammonyakın qaynama temperaturu, yəni soyudulmuş havanın temperaturundan 8°C aşağı.

$$\varphi \approx 100\%; i_1=2,42 \text{ kkal/kq}=10 \text{ kCoul/kq};$$

$$i_2=1,1 \text{ kkal/kq}=4,6 \text{ kCoul/kq}.$$

İstilik ötürmə əmsalı

$$k=12 \text{ kkal}/(\text{m}^2 \cdot \text{saat} \cdot \text{dərəcə}) \approx 14 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{dərəcə}).$$

1) temperaturların orta loqarifmik fərqi

$$\theta = \frac{[t_1 - t_2] - [t_3 - t_4]}{2,3 \lg \frac{t_1 - t_2}{t_3 - t_4}};$$

$$\theta = \frac{[1 - (-11)] - [-3 - (-11)]}{2,3 \lg \frac{12}{8}} = 9,7^\circ\text{B};$$

2) hava soyuducusunun istilik ötürmə səthi

$$\Phi_{uy} = \frac{\Gamma_{0uy}}{\kappa \theta} = \frac{23200}{14 \cdot 9,7} = 172 \text{ m}^2.$$

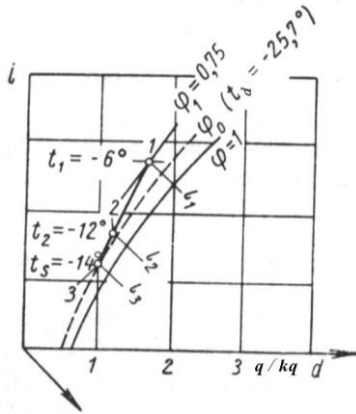
Ventilyatorun məhsuldarlığı

$$B_{uy} = \frac{3,6 \Gamma_{0uy}}{\rho(u_1 - u_2)} = \frac{3,6 \cdot 23200}{1,3(10 - 4,6)} = 11700 \text{ m}^3/\text{saat},$$

burada ρ - hava soyuducusunda havanın sıxlığı, kq/m³.

Məsələ 2. Soyutma məhsuldarlığı $Q_{oh}=34900 \text{ Vt}=30000$ kkal/saat olan keramik həlqəli taxması olan suvarıcı tipli hava soyuducusunu hesablayın. Havanın soyuducuya girişindəki parametrləri $t_1=-6^\circ\text{C}$; $\varphi_1=75\%$. Soyuducu mühit CaCl_2 məhlulu, apa-

rata girişdə məhlulun temperaturu $t_{s1} = -15^\circ\text{C}$, məhlulun sıxlığı $\rho = 1220 \text{ kq/m}^3$ (donmağa başlama temperaturu $t_d = -25,7^\circ\text{C}$). Məhlulun hava soyuducusunda təxminən 2°C -yə kimi isinməsini nəzərə alaraq $t_s = -14^\circ\text{C}$ qəbul edirik (şək. 26).



Şək. 26. Suvarılan hava soyuducularında havanın soyudulmasının di diaqramı

Soyudulmanın sonunda havanın temperaturunu $t_2 = -12^\circ\text{C}$ qəbul edirik.

$$i_1 = -1,84 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{dər)}; i_2 = -9,3 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{dər)}.$$

1) dövr edən havanın həcmi tapaq

$$B_{u1} = \frac{3,6 \Gamma_{0u1}}{\rho(u_1 - u_2)} = \frac{3,6 \cdot 34900}{1,3(-1,84 + 9,3)} = 12700 \text{ m}^3/\text{saat};$$

2) həlqələrin şəbəkəsinin səthi ($\omega = 1 \text{ m/san}$ olduqda)

$$\Phi^* = \frac{B_{u1}}{\omega \cdot 3600} = \frac{12700}{1 \cdot 3600} = 3,6 \text{ m}^2;$$

3) quru istilik ötürmə əmsalı

$$k^* = \frac{\Gamma_{ouu}}{\Phi^* \theta \xi};$$

$$\theta = \frac{\theta_1 - \theta_2}{2,31g \frac{\theta_1}{\theta_2}} = \frac{(-6+13) - (-12+15)}{2,3 \frac{-6+13}{-12+15}} = 4,7^{\circ}\text{C};$$

nəmlilik ayırma əmsalı

$$\xi = \frac{u_1 - u_2}{v(m_1 - m_2)} = \frac{-1,84 + 9,3}{0,24 \cdot 4,187(-6+12)} = 1,23;$$

$$k^* = \frac{Q_{oh}}{F^* \theta \xi} = \frac{34900}{3,6 \cdot 4,7 \cdot 1,23} = 1670 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{dər});$$

4) dövr edən məhlulun miqdarı

$$B_n = \frac{3,6\Gamma_{ouu}}{v_c \rho_c (m_2 - m_1)} = \frac{3,6 \cdot 34900}{2,9 \cdot 1220(-13+15)} = 18 \text{ m}^3/\text{saat};$$

5) suvarma intensivliyi

$$III_w = \frac{B_n}{\Phi^*} = \frac{18}{3,6} = 5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{saat});$$

6) Həlqələrin suvarılan layının eni $\delta=0,22 \text{ m}$.

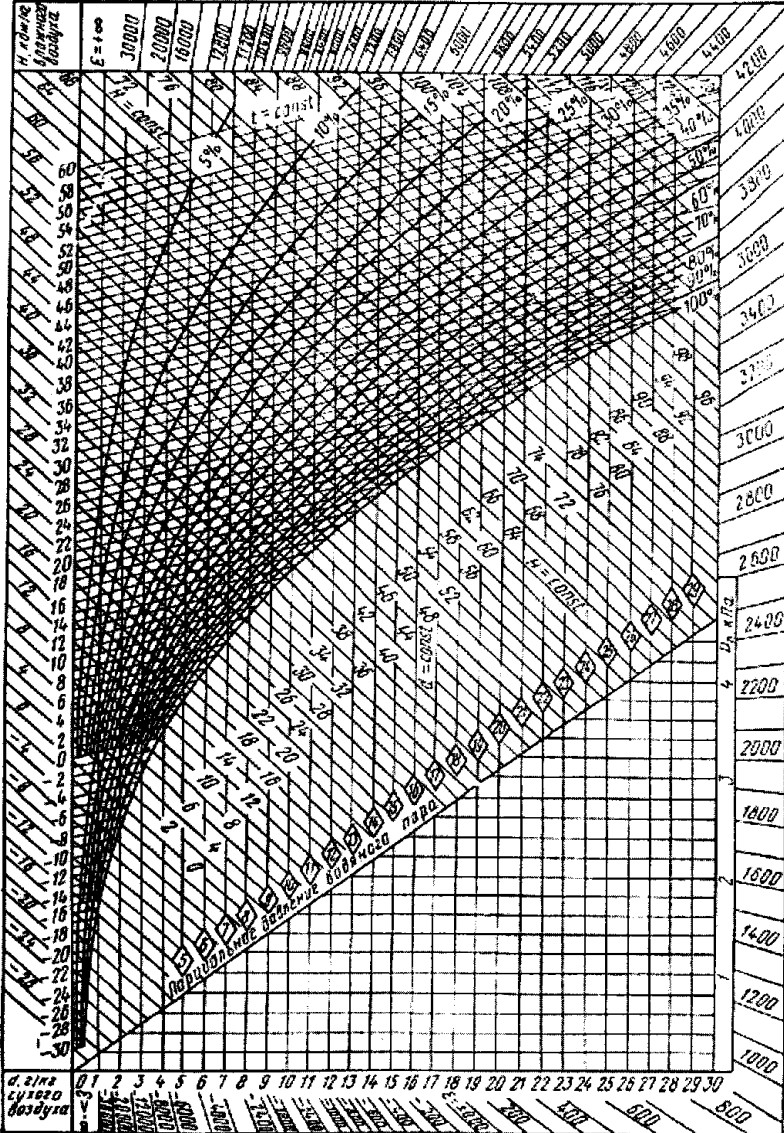
7) Həlqələrin suvarılan layının müqaviməti

$$\begin{aligned} \Delta n &= [44\delta + (0,75 + 4,6\delta) \cdot III_w](\omega\rho)^{(2,4-\delta)} = \\ &= [44 \cdot 0,22 + (0,75 + 4,6 \cdot 0,22) \cdot 5] \cdot (1 \cdot 1,22)^{(2,4-0,22)} = 34 \text{ mm cy cHT}; \end{aligned}$$

8) təzyiq itkisi $\delta'=0,1 \text{ m}$ olduqda

$$\Delta p = 33 \cdot \delta' \cdot \omega^{1,88} = 33 \cdot 0,1 \cdot 1^{1,88} = 3,3 \text{ mm. su. süt.}$$

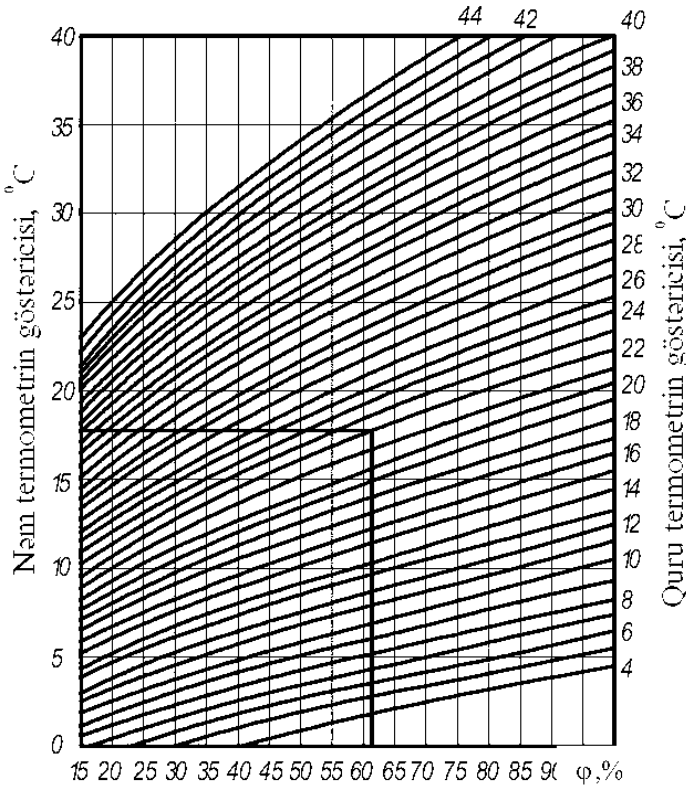
Нәм havanın *H-D* diaqramı
 $P=99,3$ kPa-da нәм havanın *HD* diaqramı



Statik psixrometrik göstəriciləri ilə havanın nisbi nəmliyini təyin etmək üçün nomogram

Sol koordinat oxunda nəm temperatur t_n , sağda isə quru t_d termometrin göstəriciləri qeyd olunur. Absis oxu- nisbi nəmliyi φ göstərir. Nəmli termometrin izotermiləri absisoxuna paralel, quru termometrin izotermiləri isə mailidir.

Nisbi nəmlik aşağıdakı kimi təyin edilir. Sağ koordinat oxu ilə nəm termometrin t_n göstəriciləri qeyd edilir, izoterma absis oxuna paralel t_q izoterması ilə kəsişir. Kəsişmə nöqtəsinin absis oxuna proyeksiyası nisbi nəmliyin φ qiymətini verir.



Ammonyakın doymuş buxarlarının parametrləri (NH₃)

Temperatur	Mütləq təzyiç, P		Xüsusi həcm			Sıxlıq		Entalpiya			Buxarəmələgətirmə istiliyi, r			
	MN/m ²	Kq/sm ²	v'	v''	Mayedə	Buxarda	Mayenin	Buxarın	Mayenin i'	Buxarın i''				
			dm ³ /kq	m ³ /kq	kq/m ³	kq/m ³	ρ'	ρ''	KCal/kq	KCal/kq	KCal/kq	KCal/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	1,1038	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 3-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	1334,6	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 3-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 3-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

Diftordixlormetanın doymuş buxarlarının parametrləri CF_2Cl_2 (Freon -12)

Temperatur t	Mütləq təzyiq, P		Xüsusi həcm		Sixıq			Entalpiya		Buxarəmələgətirmə istiliyi, r		
	MN/m^2	Kq/sm^2	v' $d m^3/kq$	v'' m^3/kq	Mayenin ρ' kq/m^3	Buxarın ρ'' kq/m^3	Mayenin i' Kka/lkq	Buxarın i'' Kka/lkq	$K Cou/lkq$		$K Cou/lkq$	
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 4-ün 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 4-ün 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 4-ün 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

Əlavə 5
Ammonyakın nəzəri həcmi soyutma məhsullarlığı, q_v , kCoul/m³ (mötərizədə – kkal/m³)
 Nizam layıcı ventildən qabaq t_n temperaturunda q_v -nin qiyməti

Qaynama temperaturu, °C	-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 5-in davamı

Qaynama tempera- turı, °C	Nizamlayıcı ventillən 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)	1793,0 (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)	2603,0 (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)		

Diftordixlormetanın nəzəri həcmi soyutma məhsuldarlığı (freon-12), q_t , kCoul/m³ (mötərizədə kkal/m³)

Qaynama temperaturu, °C	Nizamlayıcı ventildən qabaq t_n temperaturunda q_t -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)	289,2 (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	-	-	-	-	-	-	-	-		

Əlavə 6-nın davamı

Qaynama tempera- tur, °C	Nizamlayıcı ventillən 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)	1332,0 (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)	3098,0 (740,0)	2981,0 (711,9)	2858,0 (682,6)	2733,0 (652,9)	-	

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov Q.B. Soyuduculuq texnikası, Bakı: Elm, 2007, 284 s.
2. Məmmədov Q.B. Yeyinti istehsalının prosesləri və aparatları, Bakı: Elm, 2005, 112 s.
3. Məmmədov Q.B. Kənd təsərrüfatı məhsullarının emal maşınları və avadanlıqları, Bakı: Elm, 2005, 120 s.
4. Məmmədov Ə.M., Hüseynzadə Ə.H. Ümumi istilik texnikası, Bakı, Maarif, 1973. 264 s.
5. Məmmədova M.C., İstilik texnikası, Azərneşr, Bakı, 1963, 240 s.
6. Nazıyev Y.M. İstilik texnikası. Bakı, 2003.
7. Nazıyev Y.M., Allahverdiyev A.M. Texniki termodinamika, Bakı, Maarif, 1987.
8. Гордеев А.С., Горшенин В.И., Завражнов А.И., Хмыров В.Д. Сооружения и оборудование для хранения продукции растениеводства, М.Ж. Родник, ж-л Аграрная наука, 1999, 288 с.
9. Гордеев А.С., Завражнов А.И., Хмыров В.Д. Практикум по сооружениям и оборудованию для хранения продукции растениеводства, М.Ж. Родник, ж-л Аграрная наука, 2000, 252 с.
10. Захаров А.А. Применение теплоты в сельском хозяйстве, 3-е издание перераб. и доп., М.: Агропромиздат, 1986, 288 с. (Учебники и учебные пособия для высш. с.х. учеб. заведений)
11. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве, 2-е издание перераб. и доп., М.: Агропромиздат, 1985, 175 с. (Учебники и учебные пособия для высш. с.х. учеб. заведений)
12. Методические указания к выполнению лабораторных работ по технической термодинамике и теплообмену для студентов 3 курса всех факультетов. Составители Рудобашта

С.П., Сидоренков Ф.Т. Московский Ордена Трудового Красного Знамени Институт Инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П.Горячкина, Москва, 1986

13. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача, Москва, Высшая школа, 1980.

14. Алексеев Г.Н. Общая теплотехника, Москва, Высшая школа, 1980.

15. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники, 2-е изд., Москва, Машиностроение-1, 2005, 260 с.

16. Леденева Г.А. Теплотехника методические указания по выполнению лабораторных работ, Мичуринск, Мичуринский Государственный Аграрный Университет, 2006, 32 с.

MÜNDƏRİCAT

Giriş.....	3
I Hissə. Laboratoriya işləri.....	7
<i>Laboratoriya işi №1. Havanın qaz sabitinin təyini.....</i>	<i>7</i>
<i>Laboratoriya işi №2. Mütləq təzyiqin müxtəlif qiymətlərində havanın kütləsinin təyini.....</i>	<i>11</i>
<i>Laboratoriya işi №3. Havanın orta istilik tutumunun təyini.....</i>	<i>14</i>
<i>Laboratoriya işi № 4. İstilikötürmə əmsalının təyini.....</i>	<i>19</i>
<i>Laboratoriya işi №5. Saxlama kamerasının istilik balansının tədqiqi.....</i>	<i>25</i>
<i>Laboratoriya işi №6. Saxlama kamerasında nəmlik balansının tədqiqi.....</i>	<i>30</i>
<i>Laboratoriya işi №7. Bitki mənşəli məhsulları qurudan infraqırmızı quruducunun tədqiqi.....</i>	<i>39</i>
<i>Laboratoriya işi № 8. Su buxarının əsas termodinamiki parametrlərinin təyini.....</i>	<i>46</i>
<i>Laboratoriya işi № 9. Adiabata göstəricisinin təyini.....</i>	<i>53</i>
<i>Laboratoriya işi № 10. Mayenin qaynama temperaturunun təzyiqdən asılı olma qanununun alınması.....</i>	<i>59</i>
<i>Laboratoriya işi № 11. Boru üsulu ilə istilikizoləedici materialların istilikeçirmə əmsalının təyini.....</i>	<i>61</i>
<i>Laboratoriya işi № 12. Havanın sərbəst hərəkətində üfqi yerləşdirilmiş borunun istilik vermə əmsalının təyini.....</i>	<i>65</i>
<i>Laboratoriya işi № 13. Maye yanacağın sıxlığının təyini.....</i>	<i>69</i>

<i>Laboratoriya işi № 14. Maye yanacağıın tərkibində olan nəmliyin təyini.....</i>	72
<i>Laboratoriya işi № 15. Bərk yanacağıın nəmliyinin təyini.....</i>	76
<i>Laboratoriya işi № 16. Maye yanacağıın özlüyünün təyini.....</i>	79
<i>Laboratoriya işi № 17. Bir pilləli kompressorlu freon soyuducu maşının prinsipial sxemi.....</i>	84
<i>Laboratoriya işi № 18. Kompressorlu soyuducu aqreqatın soyuducu şkaflının sınağı.....</i>	90
<i>Laboratoriya işi № 19. Temperatur rejiminin kompressorun soyutma məhsuldarlığına təsiri.....</i>	97
<i>Laboratoriya işi № 20. Kompressorlu soyuducu qurğunun sınağı.....</i>	101
II Hissə. Praktiki işlər.....	110
<i>Praktiki iş № 21. Soyuducu agentlərin termodinamiki diaqramlarının qurulması.....</i>	110
<i>Praktiki iş № 22. Tsiklin verilən işçi parametrlərlə qurulması.....</i>	112
<i>Praktiki iş № 23. Tsiklin hesabı.....</i>	114
<i>Praktiki iş № 24. Kompressorun mühərrikinin gücünün təyini.....</i>	119
<i>Praktiki iş № 25. İkipilləli maşının hesabı.....</i>	122
<i>Praktiki iş № 26. Hava soyuducusunun hesabı.....</i>	126
Əlavələr.....	130
Ədəbiyyat.....	144

Мамедов Габиль Балакиши оглы
Аллахвердиева Гахира Музафар кызы
Джафаров Муса Гумбат оглы

ПРАКТИКУМ ПО ТЕПЛО-ХЛАДОТЕХНИКЕ

(учебное пособие)

Баку – «Элм» - 2011