

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ  
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT AKADEMİYASI**



**F.F. MƏMMƏDOV**

**AZƏRBAYCANDA GÜNƏŞ  
ENERJİSİNDƏN İSTİFADƏ VƏ  
MÜASİR GÜNƏŞ ENERJETİK  
QURĞULARI**

**DƏRS VƏSAİTİ**

Azərbaycan Respublikası Təhsil  
Nazirinin 04 iyul 2011-ci il tarixli  
1196 sayılı əmri ilə dərs vəsaiti  
kimi təsdiq edilmişdir.

Bakı –Proqres- 2011

*Dərs vəsaiti Azərbaycan Respublikasının Prezidenti Cənab İlham Əliyevin “Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı”nın təsdiq edilməsi haqqında 21 oktyabr 2004-cü il tarixli Sərəncamına uyğun olaraq nəşr edilmişdir.*

**Baş redaktor:**

**Tulparxan Salavatov**

ADNA-nın “Neft yataqlarının işlənməsi və istismarı” kafedrasının müdiri, əməkdar elm xadimi, texnika elmləri doktoru, professor, RTEA-nın Akademiki

**Redaktor:**

**Ülviyyə Məmmədova**

DTXK Yerquruluşu Layihə İnstitutunun “Torpaqların Ekologiyası və Rekultivasiyası” şöbəsinin baş mühəndisi

**Rəyçilər:**

**Ceyhun Naziyev**

ADNA-nın “Fizika” kafedrasının professoru, texnika elmləri doktoru

**Rüfət Kəlbəliyev**

Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axarış Energetika İnstitutunun “İstilik energetikası” laboratoriyasının rəisi, texnika elmləri doktoru

**F.F.Məmmədov. Azərbaycanda günəş enerjisindən istifadə və müasir günəş energetik qurğuları.** Dərs vəsaiti. “Proqres” nəşriyyatı, Bakı-2011, 204 səh.

Monoqrafiyada günəş enerjisindən istifadə edilmə üsulları ilə yanaşı respublikada ilk dəfə olaraq işlənilmiş müxtəlif təyinatlı günəş energetik qurğuları haqqında geniş məlumat verilmişdir. Burada başlıca olaraq, günəş enerjisinin istilik, elektrik və mexaniki enerjiyə çevrilmə yolları və bu məqsədlə istifadə olunan energetik qurğuların iş prinsipi, texniki, istilik-energetik və iqtisadi parametrlərinin təyin edilməsindən bəhs edilir. Azərbaycanın günəş enerjisi potensialı günəş radiasiyalarının növləri üçün xəritələr şəklində tərtib edilərək verilmişdir.

Təqdim olunan monoqrafiya günəş energetikası sahəsində respublikada hazırlanmış ilk dərs vəsaitidir. Monoqrafiyadan alimlər, elmi işçilər, doktorantlar, mühəndislər, müəllimlər, tələbələr və s. istifadə edə bilərlər.

M 2201000000-1 Qrifli nəşr  
071(2011)

© F.F. Məmmədov, 2011

*Azərbaycanın dahi alimi və pedaqoqu,  
akademik Azad Xəlil oğlu Mirzə-  
canzadənin əziz xatirəsinə ithaf olunur.*

## ÖN SÖZ

Azərbaycan respublikası özünün alternativ enerji mənbələrinə, xüsusən də günəş enerjisi potensialına görə olduqca zəngindir. Ekoloji və iqtisadi cəhətdən əlverişli olan günəş enerjisinin ölkəmizdə istifadəsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu sahədə enerji istehlakçılarının maarifləndirilməsi zəruri məsələlərdəndir. Bununla yanaşı, texniki profilli ali məktəblərdə təhsil alan tələbə və magistrlər üçün azərbaycan dilində dərslərin olmaması ciddi problemlər yaradır. Təqdim edilən dərs vəsaiti isə, bu sahədə təhsil alanlar və maraqlananlar üçün lazımi biliklərin əldə edilməsində böyük üstünlüklərə malikdir. Monoqrafiyada günəş enerjisindən hər tərəfli istifadə imkanları ilə yanaşı, tətbiq olunan günəş energetik qurğuları haqqında ətraflı məlumat verilmişdir. Burada müəllif tərəfindən 2003-cü ildən başlayaraq işlənib hazırlanan 16 adda günəş energetik qurğularından söhbət açılır.

Qeyd etmək istərdim ki, bu dərs vəsaitində foto şəkillər vasitəsilə təqdim olunan günəş energetik qurğularının hamısı (şəkil 12.1. istisna olmaqla) müəllif Fuad Məmmədov tərəfindən respublikada ilk dəfə ola-

raq işlənilib hazırlanmış və bir sıra texnoloji proseslərdə sınaqdan çıxarılmışdır.

Dərs vəsaitinin sonunda Azərbaycan respublikasının günəş enerjisi potensialı xəritələri verilmişdir. Bu xəritələr son 8 ildə meteoroloji ölçmələr və riyazi-statistik metodlar vasitəsilə təyin edilərək tərtib edilmişdir.

Müəllif dərs vəsaitinin hazırlanması zamanı göstərdiyi diqqətə və faydalı məsləhətlərə görə baş redaktor ADNA-nın “Neft yataqlarının işlənməsi və istismarı” kafedrasının müdiri, əməkdar elm xadimi, RTEA-nın Akademiki, t.e.d., professor Tulparxan Salavatova öz dərin hörmət və ehtiramını bildirir.



## GİRİŞ

2050-ci ilə qədər enerjiyə olan tələbatın artım sürəti Yer əhalisinin artım sürətindən təxminən iki dəfə çox olacaqdır. Hal-hazırda insanlar tərəfindən istifadə olunan enerjinin 86 %-dən çoxu təbii qazıntıların (neft, təbii qaz, daş kömür və. s) yandırılması hesabına alınır ki, bu da hər il atmosfərə təxmini olaraq  $5,5 \cdot 10^9$  ton karbon qazının atılmasına səbəb olur. Əgər yer kürəsində enerjiyə olan tələbatın artım tempi bu cür davam etsə 2050 – ci ildə atmosfərə atılan karbon qazının miqdarı  $11 \cdot 10^9$  ton ola bilər.

Məlumdur ki, artan tempi nəzərə almasaq dünyada hər il istifadə olunan neftin təbii şəraitdə təkrar bərpası üçün 2 mln il vaxt lazım gəlir. Bərpa olunmayan enerjidaşıyıcısı resurslarının kifayət qədər aşağı qiymətlərlə, böyük miqyaslı istifadəsi gələcək nəsillərə enerjinin çox baha qiymətə başa gələcəyindən xəbər verir. Bundan əlavə istehsal olunan xalis enerjinin qiymətinə həmçinin enerji istehsal edən qurğulardan ətraf mühitə atılan zəhərli tullantıların zərərsizləşdirilməsinə görə sərf olunan vəsait də birbaşa öz mənfi təsirini göstərir.

İstilik elektrik stansiyalarında, neft emalı zavodlarında domna sobalarında, zavod və fabriklərdə, qazanxanalarda və digər iri sənaye müəssisələrində kütləvi şəkildə yandırılan yanacaqlardan ayrılan

zərərli qazlar ətraf mühitə, insanların səhhətinə, flora və faunaya olduqca böyük zərər vurmaqla yanaşı qlobal istiləşmənin yaranmasına və inkişaf etməsinə də səbəb olur. Aparılmış müşahidələrə görə son yüz il ərzində planetin temperaturu orta hesabla 0,3-0,6 °S artmışdır. Alimlərin hesablamalarına görə əgər qlobal istiləşmə nəticəsində bu temperatur əlavə olaraq 10 °S artarsa, buzlaqların əriməsi nəticəsində dünya okeanının səviyyəsi 5 – 6 metr qalxa bilər ki, bu da Yerin quru ərazisinin bir çox hissəsinin su altında qalması deməkdir.

Hal-hazırda dünya ölkələrində ekoloji problemin aradan qaldırılması əsasən bərpa olunan enerji mənbələrindən və başlıca olaraq günəş və külək enerjisindən istifadə etməklə həll olunur. Bu isə öz növbəsində energetikanın, iqtisadiyyatın, sənayenin və digər sahələrin inkişafına təsir edən amillərdəndir.

Yerləşdiyi əlverişli coğrafi mövqə və iqlim şəraiti dünyanın bir sıra inkişaf etmiş ölkələrində olduğu kimi, Azərbaycanda da ekoloji cəhətdən təmiz olan günəş enerjisindən daha geniş şəkildə istifadə edilməsinə zəmin yaradır.

Respublikamızın əksər ərazisi (Abşeron yarımadası, Kür–Araz ovalığı, Xəzər dənizi, Naxçıvan MR, ətraf rayonlar) günəş enerjisi ehtiyatı ilə zəngindir. Azərbaycanda yay mövsümündə günəş radiasiyasının orta günlük qiyməti 700 – 900 Vt/m<sup>2</sup>

təşkil edir və il ərzində günəş radiasiyası intensivliyinə malik olan 250 – 270 gün var. Günəş radiasiyası intensivliyinin il ərzindəki orta günlük qiyməti isə  $\sim 350 - 400 \text{ Vt/m}^2$  təşkil edir. Bundan başqa respublikada il ərzində günəşli saatların miqdarı  $\sim 2500$  saat təşkil edir ki, bu da  $2000 - 2500 \text{ KVt} \cdot \text{saat/m}^2$  enerjiyə müvafiqdir.

Bu istiqamətin inkişaf etdirilməsi Azərbaycan Respublikasında sosial-iqtisadi inkişafın sürətləndirilməsi tədbirləri haqqında 24 noyabr 2003-cü il tarixli Azərbaycan Respublikası Prezidentinin fərmanında və «Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı»nın təsdiq edilməsi haqqında 21 oktyabr 2004-cü il tarixli Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamında öz əksini tapmışdır.

Bu məqsədlə 2003-cü ildən başlayaraq Azərbaycanda ilk dəfə olaraq bərpa olunan enerji mənbələrindən elmi-tədqiqat, tədris və təlim işlərində istifadə etmək məqsədilə bir neçə günəş energetik qurğuları işlənib hazırlanmış və müxtəlif texnoloji proseslərdə sınaqdan çıxarılmışdır. Kitabda qurğuların hər biri haqqında ətraflı məlumat verilmişdir.

## GÜNƏŞ ENERJISI

**Günəş** - ətrafında dövr edən böyük planetlər və onların peykləri (asteroidlər, kometlər, meteorlar) kiçik planetlər xırda hissəciklər (meteoritlər, kosmik toz) kimi fəza cismlərindən ibarət olan yeganə planetdir. Günəşin həcmi bütün günəş siseminin 99,866 %-ni təşkil edir. Günəş şuaları yerdə həyatın olması (fotonlar fotosintezin ilkin mərhələləri üçün) və iqlim üçün vacibdir. Günəş əsasən hidrogen, helium və az konsentrasiyalı digər elementlərdən (nikel, dəmir, ok-sigen, kremniyum, kükürd, maqnezium, azot, karbon, neon, kalsium, xrom) ibarətdir. Bir milyon hidrogen atomuna 98000 helium, 851 oksigen, 398 karbon, 123 neon, 100 azot, 47 dəmir, 38 maqnezium, 35 kremniyum, 16 kükürd, 4 arqon, 3 aliminium, 2 nikel atomu və çox az bir miqdarda digər elementlərin atomları düşür.

Günəş də digər planetləri kimi enerjini istilik-nüvə sintezi nəticəsində hasil edir. Günəşdə enerjinin əsas hissəsi hidrogendən heliumun sintezi nəticəsində alınır.

Yerin Günəşdən olan məsafəsi 149.6 milyon kilometr, təqribən astronomik vahidə, görünən bucaq diametri isə Ayda olduğu kimi yarım dərəcəyə (31-32 dəqiqə) bərabərdir. Günəşin orbital sürəti 217 km/ san - ə bərabərdir. Beləliklə o, bir işıq ilini

1400 yer ilinə, bir astronomik vahidi isə 8 yer sutkasına keçir.

**Cədvəl 1.1.** Günəşin əsas xarakteristikaları.

Əsas xarakteristikalar	
Yerdən olan orta məsafə	$1,496 \times 10^{11}$ m ( 8,31ışığ dəqiqəsi)
Görünən ulduz böyüklüyü (V)	-26,74 m
Mütləq ulduz böyüklüyü	4,83 m
Spektral dərəcə	G2V
Orbitinin parametrləri	
Qalaktikanın mərkəzindən olan məsafə	$\sim 2,5 \times 10^{20}$ m (26 000 ışığ ili)
Qalaktikanın müstəvisindən olan məsafə	$\sim 4,6 \times 10^{17}$ m ( 48 ışığ ili )
Qalaktik fırlanma periodu	$2,25 - 2,50 \times 10^8$ il
Sürət	$\sim 2,2 \times 10^5$ m/s (orbitdə qalaktikanın mərkəzi ətrafında) $2 \times 10^4$ m/s ( Qonşu ulduzlara nisbətədə)
Fiziki xarakteristikaları	
Orta diametr	$1,392 \times 10^9$ m (109 Yer diametri)
Ekvatorial radius	$6,955 \times 10^8$ m
Ekvatorun uzunluğu	$4,379 \times 10^9$ m
Yastılıq	$9 \times 10^{-6}$
Səthin sahəsi	$6,088 \times 10^{18}$ m <sup>2</sup> (11 900 Yer səthi)
Həcmi	$1,4122 \times 10^{27}$ m <sup>3</sup> (1 303 600 Yer həcmi)
Kütləsi	$1,9891 \times 10^{30}$ kq (332 946 Yer kütləsi)
Orta sıxlıq	$1409$ kq/ m <sup>3</sup>
Ekvator boyunca təcil	$274,0$ m/san <sup>2</sup> (27,94 g)
İkinci kosmik sürət (səth üçün)	$617,7$ km/ s (55 Yer)
Səth effektiv tempraturu	5778 K
Tacın tempraturu	$\sim 1\ 500\ 000$ K
Nüvənin tempraturu	$\sim 13\ 500\ 000$ K
İşıqlılıq	$3,846 \times 10^{26}$ Wt $\sim 3,75 \times 10^{28}$ Lm
Parlaqlıq	$2,009 \times 10^7$ Wt/m <sup>2</sup> /steradian

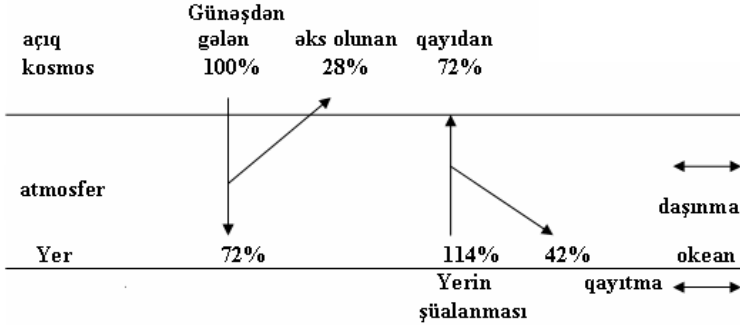
Günəş də şimal və cənub qütbünə malikdir və Yer kimi öz oxu ətrafında fırlanır. Amma Günəş Yer kürəsindən fərqli olaraq öz oxu ətrafında tam dövrü 24 saata yox 22.14 ilə başa vurur. Günəş Yerlə eyni istiqamətdə fırlanır. Günəş öz oxu ətrafında tam dövrü 22 il 59 gün 3 saata başa vurur ( $\pm 10$  gün). Günəş bərk-maye cismdir. O, bərk nüvə onun ətrafında isti maye mantiya və bərk qabıqdan ibarətdir.

Günəşin dərinliklərində yüngül elementlərin termonüvə sintezi reaksiyası nəhəng günəş şüalanma enerjisini əmələ gətirir. Günəş enerjisi yer səthinin hər kvadrat metr sahəsinə düşən intensivliklə xarakterizə olunur. Atmosferdən kənarında bu intensivlik **günəş sabiti** kimi qəbul edilir və  $I = 1,35kVt / m^2$  təşkil edir.

Atmosfer təbəqəsinə çatan şüa enerjisinin ümumi gücü 180 mln GVt-dır. Lakin bir il ərzində atmosfərə daxil olan günəş şüası enerjisinin miqdarı  $1,57 \cdot 10^{18} kVt \cdot saat$  təşkil edir. Bu həcmə daxil olan enerjinin 45%-i görünən işıq (dalğının uzunluğu 0,4...0,75mkm), 45%-infraqırmızı şüalanma (istilik şüaları), 10%-i isə ultrabənövşəyi şualardır.

Yerin şüalanma enerjisinin balansını şəkil 1.1-də göstərilmişdir. Günəşdən gələn şüalanma enerjisinin 28%-i buludlar vasitəsilə kosmosda əks etdirilir. Yerdən ayrılan istilik (infraqırmızı) şüaları günəşdən gələn şualara nəzərən 114% təşkil edir ki,

bunlardan da, 42%-i atmosfer tərəfindən udulur, qalanları isə kosmosa qayıdır. Daxil olan enerji planetin səthi üzrə okean axınları və küləklər vasitəsilə müxtəlif istiqamətlərə paylanır.



**Şəkil 1.1.** Yer şüalanma enerjisinin balansı

Günəş enerjisinin miqdarı litosfer, hidrosfer təbəqələrindən, bulud örtüyündən keçəndən sonra, havanın çirklənməsindən, dəniz səviyyəsindən, relyefin hündürlüyündən, günün və ilin vaxtlarından asılı olur. Gün ərzində orta en dairələrində günəş şüalanması enerjisinin intensivliyi yayda  $800 \text{ Vt/m}^2$ , qışda isə  $200... 350 \text{ Vt/m}^2$ -ə çatır.

Yer kürəsində baş verən bütün təbii proseslərin əsas enerji mənbəyi günəş radiasiyasıdır. Şüa enerjisi elektromaqnit dalğalarından ibarətdir. Şüa dalğalarının uzun dalğalar üzrə paylanması spektr adlanır. Optik şüalanmanın dalğala-

rının uzunluğu yüz mikrometrdən minlərlə mikrometrə qədər ola bilər ( $1\text{mkm} = 10^{-6}\text{ m}$ ).

Spektrın dalğa uzunluğu  $0.40\text{ mkm}$ -ə qərər olan hissəsinə ultrabənövşəyi dalğalar adlanır. Şüa enerjisinin spektrinin  $0.40\text{ mkm}$ -dən  $0.76\text{ mkm}$ -ə qədər olan hissəsi spektrdən görünən hissəsini təşkil edir. Dalğa uzunluğu  $0.40$ - $0.46\text{ mkm}$  olan şüalar bənövşəyi,  $0.46$ - $0.49\text{ mkm}$  göy,  $0.49$ - $0.50\text{ mkm}$  mavi və s. rənglərə uyğundur. Dalğa uzunluğu  $0.76\text{ mkm}$ -dən uzun olan şüalar infraqırmızı şüalar adlanır. İnfraqırmızı şüalar da ultrabənövşəyi şüalar kimi gözlə görünməzlər. Atmosferin yuxarı sərhədlərində günəş enerjisinin spektrinin dalğa uzunluğu  $0.20$ - $0.50\text{ mkm}$  arasında dəyişir. Radiasiyanın təqribən  $47\%$ -i spektrın görünən işıq şüasının,  $44\%$ -i infraqırmızı,  $9\%$ -i isə ultrabənövşəyi şüaların payına düşür. Günəş radiasiyası atmosferi keçərkən həm intesivliyi, həm də spektral tərkibinə görə dəyişir. Yer səthinə çatan günəş radiasiyasının böyük bir hissəsi istilik enerjisinə çevrilir. Günəşdən Yerə göndərilən enerji miqdarı çox böyükdür. Elektromaqnit şüalarının buraxılması və yayılması şüalanma adlanır. Elektromaqnit dalğaları vasitəsi ilə yayılan enerjiyə şüalanma enerjisi deyilir. Şüalanma enerjisinin  $W$  beynəlxalq sistemdə  $BS$  vahidi  $1\text{ Coul}$  qəbul olunmuşdur.

$$1BS(W) = 1C \quad (1.1)$$



Şüalanma sahəsinin əsas kəmiyyət xarakteristikası şüalanma seli və ya şüa seli  $\Phi_e$  adlanır və aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\Phi_e = w/t \quad (1.2)$$

Burada w-t zamanındakı şüalanma enerjisidir. Fərz edək ki,  $W=1C$  və  $t=1\text{san}$ -dır. Onda

$$1BS(\Phi_e) = 1C/1\text{san} = 1Vt \quad (1.3)$$

Şüalanma seli səthinin sıxlığı ya radiasiya seli və ya energetik işıqlanma aşağıdakı formula ilə izah olunur.

$$E_e = \Phi_e / S \quad (1.4)$$

Burada:  $\Phi_e$ -S səthinə düşən sabit şüalanma seli. Qəbul etsək ki,  $\Phi_e=1 Vt$ ,  $S=1 m^2$  onda

$$1BS(E_e) = 1Vt/1m^2 = 1Vt/m^2 \quad (1.5)$$

Meteorologiyada günəş radiasiyası dedikdə atmosfer və buldlar tərəfindən səpələnmiş və yer səthi vasitəsi ilə əks olunma daxil olmaqla günəşdən gələn şüalar ilə yaradılan energetik işıqlanma başa düşülür.

Yer kürəsində bir çox həyati əhəmiyyətli problemlərin həlli günəş radiasiyasının qiymətinin dəqiq bilinməsi ilə bağlıdır. Atmosferdən kənarda günəşlə yer arasında günəş şüalarına perpendikulyar yerləşdirilmiş sahədə günəş şüalanması nəticəsində yaranan energetik işıqlanmaya günəş sabiti  $S_0$  deyilir.

1981-ci ilə qədər elmi ədəbiyyatda əsasən sistemdən kənar vahidlərdən istifadə olunurdu. Ona görə də energetik işıqlanma vahidi  $1 \text{ sm}^2$  sahənin 1 dəqiqə ərzində aldığı enerji olan kalori ilə ifadə olunurdu. Günəş sabitinin qiyməti  $1.95+0.04 \text{ kal/dəq m}^2$  hesab olunur. Y.A Skalyarovun başçılığı ilə Saratov dövlət universitetinin meteorologiya və klimatologiya fakültəsinin astronomik və geofiziki tədqiqatlar kafedrasının laboratoriyasında aparılan müasir ölçmə işlərinə əsasən günəş sabiti  $S_0=1367 \text{ Vt/m}^2$  təşkil edir. Energetik işıqlanmanın vahidlərinin sistemdən kənar vahidlərdən beynəlxalq vahidlərə keçidi aşağıdakı kimi olur.

$$1 \text{ kal} / \text{sm}^2 \cdot \text{daq} = 4.185 \cdot 10000 / 60 \text{ C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} = 697.5 \text{ Vt} / \text{m}^2$$

Yerdə həyat yaranandan indiyə qədər, bioaləm günəş enerjisindən istifadə edir. İlk dəfə olaraq günəş kollektoru vasitəsilə buxar mühərrikini hərəkətə gətirilməsi, yəni günəş enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsi Parisdə ümumxalq sərgidə nümayiş etdirilmişdi.

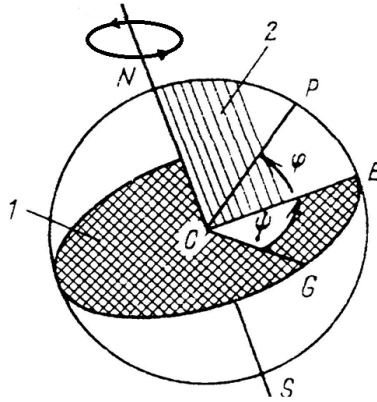
Günəşin şüalanma enerjisinin nisbətən aşağı sıxlığa malik olmasına baxmayaraq, günəş enerjisi son illər sürətlə inkişaf edir. ABŞ-da müxtəlif ştatların enerji sisteminə daxil olan tam gücü 450 MVt 8 böyük modul tipli günəş elektirik stansiyaları (GES) istifadəyə verilmişdir. Dünyada günəş fotoelektirik çeviricilərin istehsalı hər il 400-500

MVt artır. Bunlardan 40%-i Birləşmiş Ştatların payına düşür. Hal-hazırda dünyada 10 milyondan artıq istilik təchizatı üçün nəzərdə tutulmuş helioqurğular işləyir. Günəş istilik kollektorlarının sahəsi ABŞ-da 25 mln m<sup>2</sup>, Yaponiyada 12 mln m<sup>2</sup> təşkil edir. Günəş enerjisi taxıl qurudan məşinlarda, təmizləyici qurğularda, kosmik stansiyaların enerji təchizatı qurğularında və s. tətbiqini tapır.

Avstraliya hökuməti uzunluğu 1 km və diametri 130 m olan qüllə tipli elektrik stansiyasının tikinti planını qəbul etmişdir. Qüllənin ayaq hissəsində diametri 7 km olan nəhəng istixana olacaqdır. İstixanada qızdırılan hava hərəkət edərək bu qüllədə quraşdırılmış külək mühərriklərini fırladaraq onları hərəkətə gətirəcəkdir. Külək elektrik stansiyasının (KES) gücü 200 MVt təşkil etməlidir. Layihə 308 mln dollar məbləğində qiymətləndirilir.

## **GÜNƏŞLƏ YER ARASINDA ƏLAQƏ**

Şəkil 2.1-də yer kürəsi təsvir olunmuşdur. Onun şimal və cənub qütb nöqtələri uyğun olaraq  $N$  və  $S$  kimi işarə olunmuş və o öz oxu ətrafında 24 saata fırlanır.



**Şəkil 2.1.** Coğrafi  $\varphi$  enliyin və  $\psi$  uzunluğun təyini sxemi:

1 – ekvatorial səth, 2 – meridional səth.

Bu ox yerin ekvatorial səthinə perpendikulyardır. Şəkil 2.1.-dəki  $C$  nöqtəsi yerin mərkəzini göstərir. Yerin səthindəki  $P$  nöqtəsinin coğrafi enliyi  $\varphi$ , coğrafi uzunluğu isə  $\psi$  ilə xarakterizə olunur. Ekvatordan şimalda yerləşən nöqtələr üçün  $\varphi$ -nin qiymətləri müsbət, cənubdakı nöqtələr üçün isə mənfiyədir.  $\psi$ -nin qiymətləri isə Qrinviçdən (Böyük Britaniya) şərqə müsbətdir.  $P$  nöqtəsindən keçmələ şimaldan cənuba qurulmuş şaquli səth, lokal meridional səth, adlanır. Ekvatorun üzərindəki  $E$  və  $G$  nöqtələri  $P$ -yə müvafiq olaraq coğrafi enliyə və coğrafi uzunluğa malikdirlər.

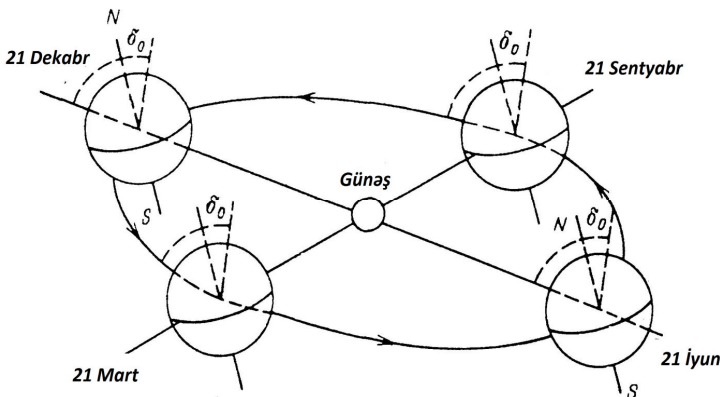
Hər 24 saatda bir dəfə Günəş meridional səthə düşür. Bu günəş vaxtı ilə verilmiş uzunluğa malik

olan nöqtələr üçün günorta sayılır. Günəş vaxtı ilə günorta həmişə saat on iki ilə üst-üstə düşür, çünki saatlar yerli vaxtları göstərir ki, onlar da böyük sahələri əhatə edən və bir birindən  $15^0$  fərqlənən saat qurşaqlarıdır. Saatların “yay vaxtı”-na keçməsi onu göstərir ki günəş və yerli saatlar bir-birindən bir saatdan çox fərqlənə bilirlər. Bundan başqa, yer kürəsinin elliptik olması ona gətirib çıxarır ki, orta qiymətin 24 saat olmasına baxmayaraq, günəş günortalı arasında vaxtı 24 saat olmur.  $P$  nöqtəsindəki  $\omega$  saat bucağı elə Yerin günəş saatından dönmə momentidir. Nəzərə alsaq ki, Yer bir saata  $(360^0/24 \text{ s}) = 15^0$  dönür, onda:

$$\omega = (15^0 \text{ s}^{-1})(t_{\text{gün}} - 12\text{s}) = (15^0 \text{ s}^{-1}) \cdot (t_{\text{yer}} - 12\text{s}) + \omega_{\text{ek}} + (\psi - \psi_{\text{yer}}) \quad (2.1)$$

Burada  $t_{\text{gün}}$  və  $t_{\text{yer}}$  uyğun olaraq lokal günəş və yerli saatlardır.  $\psi_{\text{yer}} - t_{\text{yer}}$  günorta olanda günəşin yerləşdiyi uzaqlıq (günəş və yerli günorta üst-üstə düşəndə).  $\omega_{\text{ek}}$ -un qiyməti çox kiçik olduğundan çox vaxt nəzərə alınmır. (2.1)-ə əsasən,  $\omega$  axşamlar müsbət, səhərlər isə mənfi qiymət alır.

Yer günəşin ətrafına bir ilə fırlanır. Bu zaman yerin fırlanma oxu səthin perpendikulyar oxu ilə  $\delta_0=23,5^0$  bucaq əmələ gətirməklə fəzada sabit qalır (şəkil 2.2). Yerin mərkəzindən,  $P$  nöqtəsindən keçməklə, günəşə xəyali xətt çəkək. Bu halda  $\delta$ ,  $\varphi$  bucağına bərabər olur.



**Şəkil 2.2.** Yerin Günəş ətrafına fırlanma sxemi. Yerin üzərindəki səlis xətt ekvatordur.

Analitik olaraq təyin etmək olar:

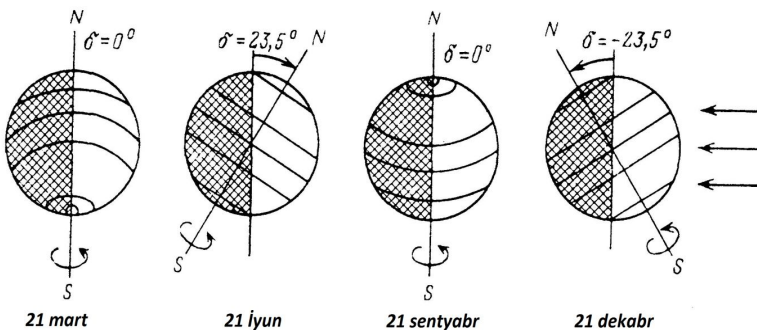
$$\delta = \delta_0 \sin\left[360^\circ (284 + n) / 365\right] \quad (2.2)$$

Burada,  $n$ -ilin günü ( $n=1$ -yanvarın 1-nə uyğundur)

Coğrafi en dairəsi, ilin fəsilləri və sutkalıq işıqlanma.

Sutkalıq işıqlanma  $H$  gün ərzində vahid səthə düşən tam günəş enerjisidir.

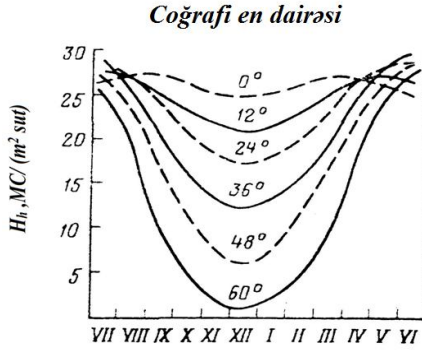
$$H = \int G dt \quad (2.3)$$



**Şəkil 2.3.** İlin müxtəlif vaxtlarında Yer səthinin günəş şüaları vasitəsi ilə işıqlandırılmasının sxemi.

$0^{\circ}$  ;  $\pm 23.5^{\circ}$  ;  $\pm 66.5^{\circ}$  enlikləri qeyd olunub.  $\delta$  meyletmə bucağının dəyişməsi görsənir. Oxlarla isə günəş şüalarının seli göstərilib. Şəkil 2.3-dən görüldüyü kimi şimal yarımkürəsində  $\delta$ , yay gündönümündən  $\delta = +23,5$  qış gündönümünə  $\delta = -23,5$  qədər dəyişir.

Şəkil 2.4-də sutkalıq işıqlanmanın coğrafi en dairəsindən və fəsillərdən asılılığı göstərilib. Mövsüm dədəyişilmələri yuxarı enliklərdə kifayət qədər böyükdür. Şəkildəki nəticələr buludsuz hava və üfiqi səthdə qeydə alınmışdır.



**Şəkil 2.4.** Müxtəlif coğrafi enliklərdə açıq havada üfüqi qəbuledici sahənin şüalanmasının  $H_h$  mövsümi dəyişmələri.

Yayda gün ərzində bütün enliklərdə  $H_h \approx 25MC \cdot m^{-2}$  olur. Mövsüm dəyişmələri **3 əsas faktorla** müəyyən olunur:

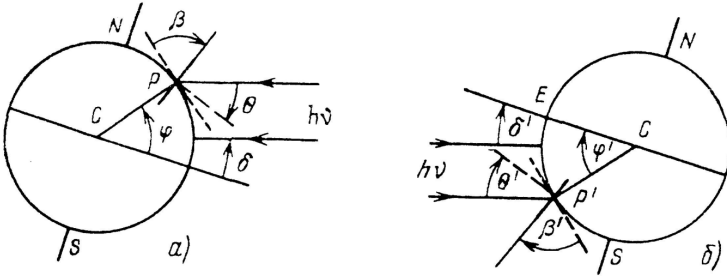
**Günün uzunluğunun dəyişməsi ilə.** Günün çıxması və batması arasındakı gün aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$N = (2/15) \cos^{-1}(-\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta) \quad (2.4)$$

Qütb enliklərində ( $|\varphi| \approx 66.5^\circ$ )  $|\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta|$  ifadəsi birə yaxın olur. Bu halda (yayda) və ya  $N=0$  (qışda) olur. (bax. şəkil 2.3)

**Qəbul sahəsinin orientasiyası ilə.** Şəkil 2.5- dən görüldüyü kimi  $P$  nöqtəsindəki üfüqi səth yayda günəşə doğru daha çox çevrilir nəinki qışda. Ona görə də şəkil 2.4-dəki əyriylər təxminən  $\cos \theta_z = \cos(\varphi - \delta)$  şəkil 2.5-ə proporsionaldır. Müxtəlif meyllərdə səthin şüalanması şəkil 6.2-də göstərilmişdir.





**Şəkil 2.5.** Günorta zamanı qəbuledicinin işıqlanması sxemi.

$P$  nöqtəsində qəbuledicinin  $\varphi$  enliyi,  $\delta$  meyli və  $\beta$  əyilmə bucağı göstərilmişdir.  $\theta$  bucağı cənub yarım kürəsindən şimala istiqamətlənmiş şüaların qəbulediciyə düşmə bucağına müvafiqdir.

*Atmosferdə udulmanın dəyişməsi ilə.* Günəş şüalarının aydın səmada və şəkil 2.4-də olduğu kimi yer səthinə çatması atmosfer tərəfindən şüalanmanın kosmik təsirindən azdır. Bu zəifləmə  $\theta_z$  bucağının artması ilə artır.

Baxmayaraq ki, yer səthinin aydın səmada kifayət qədər şüalanması şərtidir və real hava şərtləri hesablama zamanı ehtimal olunan hava şərtlərindən kəskin fərqlənir, 2.4-cü şəkildən biz ərazinin coğrafi enliyi və fəsildən asılı olaraq orta şüalanma haqqında faydalı məlumat alırıq.

## GÜNƏŞ RADİASİYASININ NÖVLƏRİ VƏ ONLARI ÖLÇMƏK ÜÇÜN CİHAZLAR

Günəş radiasiyası yer səthinə çatana qədər atmosferdən keçir və orada bir necə dəyişiklərə məruz qalır. Bir hissəsi atmosfer təbəqəsi vasitəsi ilə udulur bir hissəsi isə səpələnir. Günəş radiasiyası əsasən su buxarı vastəsi ilə udulur. Meteorologiyada şüa enerji selinin dalğa uzunluğu 0.2-5.0 mkm olan qısa və dalğa uzunluğu 5.0-100 mkm olan uzun dalğalı radiasiyalara ayırırlar. Qısa dalğalı radiasiya seli düz, səpələnən, əks olunan hissələrə bölünür.

Yer səthinə birbaşa günəşdən və  $5^0$  radiusda onun ətrafından gələn radiasiya **birbaşa günəş radiasiyası** adlanır. Birbaşa radiasiya səthə perpendikulyar düşən günəş şüalarının istiqamətində ölçülür və  $S$  ilə işarələnir. Üfüqi müstəviyə düşən birbaşa günəş radiasiyası ( $S^l$ ) aşağıdakı düstur ilə hesablanır.

$$S^l = S \cdot \sin h \quad (3.1)$$

$h$ -günəşin üfüq üzərindəki hündürlüyü. Birbaşa günəş radiasiyasını ölçmək üçün aktinometr adlanan ölçü cihazından istifadə olunur.

Atmosferdən keçən günəş radiasiyası optik qeyri-bircins mühitdə atmosfer qazları və müxtəlif sınıma əmsallarına malik aerosol qazlarında səpə-

lənərək dəyişikliyə uğrayır və xüsusi formaya-yəni səpələnən radiasiyaya çevrilir. Üfüqi müstəviyə doğru günəşdən və onun  $5^0$  radiusdakı ətrafından gələn radiasiya istisna olmaqla, düşən bütün radiasiyalar **səpələnən günəş radiasiyası** ( $D$ ) adlanır. Yer in üfüqi səthinə düşən birbaşa və səpələnən günəş radiasiyasının cəminə ümumi radiasiya ( $Q$ ) deyilir.

$$Q = S^1 + D \quad (3.2)$$

Yer səthinə çatan ümumi radiasiyanın böyük bir qismi yerin ust nazik qatı və ya su təbəqəsi vasitəsi ilə udulur və istiliyə çevrilir, az bir qismi isə əks olunur. Günəş radiasiyasının səth tərəfindən əks olunması səthin xüsusiyyətlərindən asılıdır. Əks olunan radiasiyanın ( $R_k$ ) səthə düşən enerjinin ümumi miqdarına ( $Q$ ) olan nisbəti səthin albedosu ( $A$ ) adlanır və albedometr adlanan ölçü cihazı ilə ölçülür. Bu nisbət vahidin misli və ya faizlə göstərilir.

$$A = \frac{R_q}{Q} \cdot 100\% \quad (3.3)$$

Piranometr və albedometr işçi səthə düşən və işçi səthdən əks olunan səpələnən və ümumi radiasiyanı müşahidə etmək üçün istifadə olunur.

Birbaşa, səpələnmiş və əks olunan radiasiyalardan fərqli olaraq yer səthinin və atmosferin istilik şüalanması, spektrın görünməyən infraqırmı-

zı hissəsinə aiddir. Yer səthinin və atmosferin süalanması uzundalğalı şüalanma adlanır.

Yerin şüalanmasının dalğa uzunluğu 5-40 mkm və daha çox qiymət arasında dəyişir. Yer radiasiyasını çox vaxt yer səthinin məxsusi şüalanması ( $E_y$ ) adlandırırlar. Yer səthinə gələn atmosfer radiasiyasını atmosferin qarşılıqlı şüalanması ( $E_a$ ) və ya əks şüalanma adlandırırlar. Yer səthinin məxsusi və qarşılıqlı şüalanmaları arasındakı fərq effektiv şüalanma ( $E_{ef}$ ) adlanır.

$$E_{ef} = E_y - E_a \quad (3.4)$$

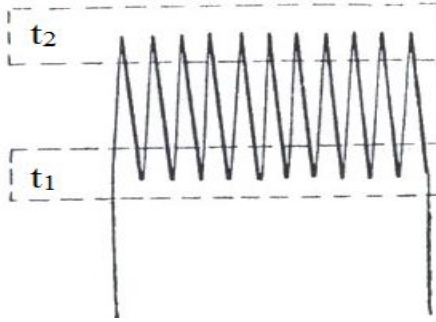
Geofizikada günəş, yer və atmosferin şüalandırdığı enerji və onun əmələgəlməsini öyrənən bölməsinə aktinometriya, günəş radiasiyanın müxtəlif növlərini ölçmək üçün cihazlara isə **aktinometrik cihazlar** deyilir.

Aktinometrik cihazlar və ölçmə metodları.

Meteorologiya stansiyalarında istifadə olunan aktinometrik cihazlarda həssas element kimi termoelementdən istifadə olunur ki, bunun sayəsində də günəşin istilik enerjisi elektrik enerjisinə çevrilir.

Termoelektrik effekti iki müxtəlif cinsli keçiricinin birləşən hissəsinin qapalı zəncirdə qızması nəticəsində elektrik cərəyanının və ya termo elektrik hərəkət qüvvəsinin (EHQ) əmələ gəlməsi ilə tamamlanır. Belə iki müxtəlifcinsli keçiricilərdən ibarət elementə termocüt deyilir (şəkil3.1.). Bu

prinsip bütün aktinometrik cihazlarının əsasını təşkil edir.



**Şəkil 3.1.** Termocütün iş prinsipi.

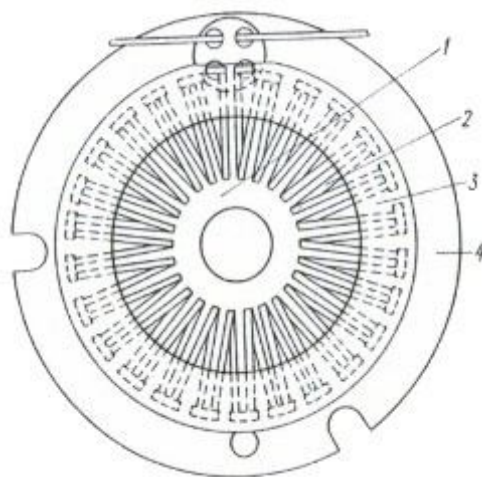
Etibarlı nəticələrin alınması üçün istənilən aktinometr də şüa enerjisinin elektrik enerjisinə keçməsi nəticəsində alınan siqnalın qeyd edilməsi üçün məsələn qalvanometr adlanan cihazdan istifadə olunur. Amma bir termocütdən əmələ gələn EQ çox az olduğundan, aktinometrin çıxışında ardıcıl birləşdirilmiş bir neçə termocütdən istifadə olunur ki, bunlar da birlikdə termobatareyə əmələ gətirirlər. Bu halda, şüa enerjisi qəbuledicisində EQ  $n$ -dəfə artır, harada ki  $n$ -batareyadakı termocütlərin sayıdır. Termobatareyaları şüa enerjisinin qəbuledicisi kimi quraşdıranda onun tək lehmlərini elə yerləşdirirlər ki, onlar eyni temperatura malik olsunlar və radiasiya altında olan cüt lehmlərin temperaturundan fərqlənsinlər. Yəni də, termobatareyə ilə gücləndirilmiş EQ kiçikdir və onu qey-

də almaq üçün yüksək həssaslığa malik  $10^{-6}$  bölgülü və daxili müaviməti 40-80 Om olan qalvanometrlərdən istifadə olunur. Bu şərtləri oxlu aktinometrik qalvanometr olan QSA-1 ödəyir.

Savinov-Yanişevski aktinometri AT-50.

Aktinometr birbaşa günəş radiasiyasının ölçülməsi üçün nəzərdə tutulub və yoxlayıcı cihaz kimi istifadə oluna bilər.

Radiasiyanın qəbuledicisi kimi qalınlığı 20 mkm, diametri 11 mm olan nazik gümüş lövhədən *l* istifadə olunur (şəkil 3.2).

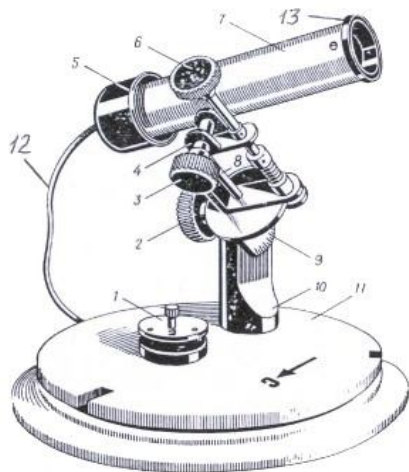


**Şəkil 3.2.** Aktinometrin termobatareyası: 1 - qəbuledici lövhə, 2-termobatareyalar, 3-kağız təbəqə, 4-mis halqa.

Diskin xarici səthinə (günəşə tərəf olan hissəyə) xüsusi lak çəkilmişdir. Daxili hissəyə isə

kağızın üstündən termobatareyanın 36 tək lehimli bərkidilmişdir. Daxili cüt lehmlər isə müqaisəli mis halqaya birləşdirilmişdir. Mis halqalı termobatareya uzunluğu 119 mm olan mis borucuğa 7 yerləşdirilmişdir (şəkil 3.3.). Bu borucuğun xarici ucunda qəbuledici dəlik rolunu oynayan 20 mm-lik üzük var. Borucuğun daxilində bir sıra azalan diametrlili üzüklər var ki onların da ən kiçiyi termobatareyanın yanında olur və diametri 10 mm-dir. Burada, 12 naqilləri sıxaclardan keçərək termobatareyadan qalvanometrə birləşir. Aktinometrın korpusu 10 dayağı və üstünə şimala tərəf yönləltmək üçün ox olan 11 oturacağına bərkidilmişdir. 8 oxu 9 coğrafi enliklər şkalasının köməyi ilə yerin oxuna uyğun qurulur. Aktinometrle müşahidə apararkən onu elə tənziqləmək lazımdır ki, termobatareya günəşə istiqamətlənsin. Ona görə də qurğunun 1 qapağı çıxarılır və çıxış dəliyi günəşə doğru istiqamətləndirilir.

Bu zaman 3 və 6 vintləri ilə manipulyasiya vasitəsi ilə borucuğun elə vəziyyətinə nail olunur ki, 5 ekranında konsentrik kölgə alınsın. Günəş şüası isə “günəş dovşanı” şəklində 13 dəliyi ilə üzünün çərçivəsindən keçib, ekranda çəkilmiş qara nöqtənin üzərinə düşməlidir. Bu halda qurğunun həssas hissəsi olan termobatareya perpendikulyar olaraq günəş şüalarına yönəlmiş olur.

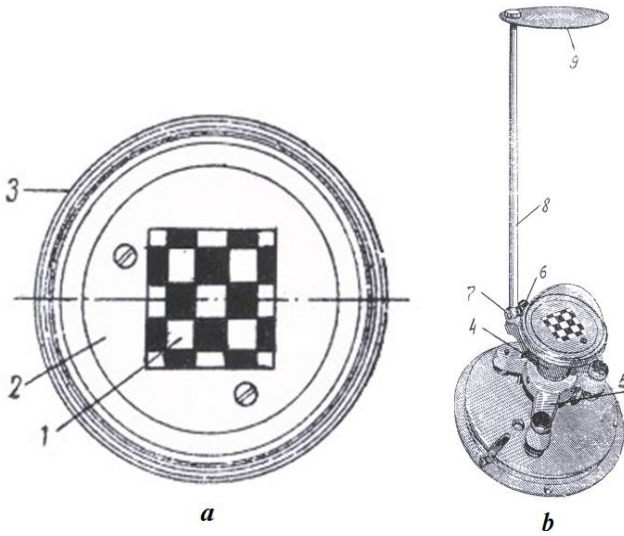


**Şəkil 3.3.** Savinov-Yanışevski aktinometri: 1- qapaq; 2,3-vintlər; 4-maili ox; 5-ekran; 6-tutacaq; 7-borucuq, 8-ox, 9-enliklər sektoru; 10-dayaq; 11-oturacaq; 12-naqillər; 13-dəlik.

Yanışevskinin termoelektrik piranometri.

Bu qurğu həm atmosfer qatından həm də yer səthində olan əşyalardan gələn səpələnən və ümumi radiasiyanı ölçək üçün nəzərdə tutulub. Əgər qurğunun qəbuledicisini yerə sərilməmiş səthə yönəltsək o, əks olunan radiasiyanı qeyd edəcək. Hal-hazırda meteoroloji stansiyalarda istifadə olunan piranometrlərdə (şəkil 3.4.) qəbuledici kimi şahmat lövhəsinə bənzər şəkildə ağ-qara rənglənmiş kvadrat termobatareyadan istifadə olunur.





**Səkil 3.4.** Yanışevski piranometri: a-başlıq; 1 - termobatareya; 2-disk; 3-korpus; b-xarici görünüş.

Piranometrlərdə manqandan və konstantandan hazırlanmış termoelementlərin ardıcıl birləşməsindən ibarət batareyadan istifadə olunur. Termobatareyanın səthi qara (his) və ağ (maqnezium) rəngə boyanmışdır, belə ki, tək lehmlər bir, cüt lehmlər digər rəngə boyanmışdır. Bu örtüklərin tətbiq olunmasına səbəb his və maqneziumun spektrinin uzun dalğalı şüalarını eyni qəbul etməsidir.

Termobatareya qurğunun gövdəsinə bərkidilmişdir. Termobatareyanın yan termoelementlərindən korpusda olan klemmalara çıxışlar var

(şəkildə onlar görünür). Şahmat qaydası ilə rənglənmiş termobatareya diskin üzərinə yerləşdirilmişdir. Termobatareyanın üzərindəki şüşə yarım kürə təkcə termobatareyanı mexaniki təsirlərdən qorumaq üçün deyil, həm də küləyin təsirinin qarşısını almaq üçündür.

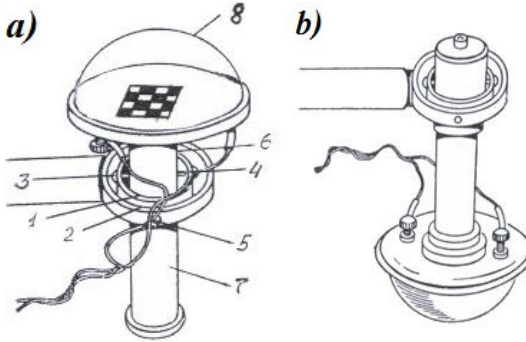
Bütün termobatareya, disk və şüşə yarım kürə ilə birlikdə qurğunu üfüqləşdirmək üçün lazım olan uçayaq 5 vasitəsi ilə dayağa 4 bağlanır (şəkil 3.4.(b)). Elə həmin uçayaqda da qurğunun üfüqiliyini təyin etmək üçün kürəvi su tarazı yerləşdirilmişdir (şəkildə göstərilməmişdir).

Dayağa 4 qısa metallik mil birləşdirilmişdir ki, ona da 7 vinti vasitəsi ilə kölgəli ekranı 9 olan, yüngül dural borucuq birləşdirilmişdir. Bu ekran qurğunun qəbuledici səthini düzünə günəş şüalarından qorumaqla bərabər ancaq səpələn radiasiyanın ölçməyə imkan verir. Milin uzunluğu elədir ki ekranın diski qəbuledicinin mərkəzindən  $10^0$  bucaq altında görsənir. Qəbuledicinin açıq vəziyyətində isə ümumi radiasiya ölçülür.

Uçayaq 5 şüşə yarım kürə və qəbuledici ilə birgə  $180^0$  dərəcə fırlana bilər ki, bu da qurğunu yerə doğru çevirməklə qısdaldığı radiasiyanı ölçməyə imkan verir (uzundaldığı şüalanmanı şüşə kürə buraxmır). Şüşə yarım kürəni qorumaq üçün qurğu qapaqla təchiz olunmuşdur.

### Səyyar albedometr

Poliqon və xüsusi tədqiqatlar vaxtı piranometrın bir neçə dəfə bir yerdən başqa yerə aparılması tez-tez rast gəlinən haldır. Belə hallarda qurğunun üfüqləşdirilməsinə çox ehtiyac var. Səyyar albedometr isə qurğunun qəbuledici lövhəsini avtomatik üfüqi vəziyyətə gətirdiyi üçün bu itkiləri minimuma endirir.



**Şəkil 3.5.** Səyyar albedometr: a-yuxarı qoyulmuş; b-aşağı qoyulmuş.

Albedometrın başlığı piranometrın başlığı ilə eynidir, amma o, kardan asqısına-yəni qurğunun qəbuledici lövhəsini avtomatik olaraq üfüqi vəziyyətə gətirən qurğuya bağlanmışdır (şəkil 3.5.).

Kardan asqısı iki metallik halqadan 1 və 2 ibarətdir. Daxili halqa olan 1 yarımoxlar 5,6 vasitəsi ilə daxili halqanın 2 içində sərbəst fırlanır. Öz

növbəsində piranometrın başlığının 8 birləşdirildiği kənar borucuq 7, 5 və 6 yarımoxlarına  $90^\circ$  nisbətə yerləşdirilmiş 3 və 4 yarımoxları vasitəsi ilə sərbəst hərəkət edir.

Bununla da albedometr ikiqat fırlanma sərbəstliyinə malik olur. Bu da onun ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında avtomatik üfüqləşməsinə səbəb olur. Albedometrın başlığı 8 novlar vasitəsi ilə halqanın 1 daxilində hərəkət edə bilən borucuğa 7 bağlanmışdır.

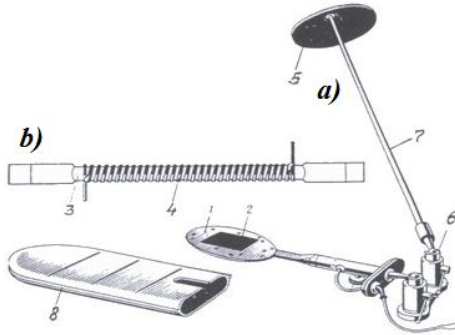
Borucuğun daxilində qəbuledici lövhənin üfüqiliyini etibarlı şəkildə təmin edən slindirik yük yerləşir. Səyyar albedometrlə müşahidə piranometrində olduğu kimi aparılır.

Yanişevskinin termoelektrik balansölçəni.

Balansölçən işlək səthin üzərinə ümumi radiasiya şəklində düşən və səthin özünün şüalandırdığı radiasiya arasında fərqi ölçmək üçün olan cihazdır. Yuxarıda göstərilən aktinometrik cihazlardan fərqli olaraq balansölçənin iki qəbuledici səthi var. Onlardan biri atmosfərə doğru istiqamətlənib və atmosfer radiasiyası  $E_a$  ilə ümumi radiasiyanı  $Q$  qəbul edir. İşləyən səthə yönələn qəbuledici isə əks olunan qısdalğalı radiasiyanı  $R_q$ , yer səthinin şüalanmasını  $E_y$  və atmosferdən və ətrafdakı əşyalardan əks olunan radiasiyanın bir qismini qəbul edir. Bununla da radiasiya balansını  $B$  aşağıdakı düsturla təyin edirlər.

$$B = (Q + E_a) - (E_y + R_q) \quad (3.5)$$

Balansölçən içində, günəş radiasiyası qəbuledicisi yerləşdirilmiş 48x48 mm ölçüdə kvadrat kəsiyi olan, yumuru lövhədən ibarətdir (şəkil 3.6.).



**Şəkil 5.** Termoelektrik balansölçən: a-xarici görünüş; b-ayrıca termobatareyaya

Qəbuledici səth kimi qurğunun aşağı və yuxarı qəbuledicisinin üzərini örtən iki eyni nazik mis lövhədən ibarətdir. Bu lövhələrin üzəri udma qabiliyyəti mütləq qara cismin udma qabiliyyətinə yaxın olan xüsusi qara lakla örtülmüşdür. Lövhələrin daxili hissəsinə 10 termoelektrik batareyaya bərkidilib ki, onların da hər biri mis naqıl 3 və onun üzərini örtən konstantnadan hazırlanmış metal qurşaqdən 4 ibarətdir (şəkil 3.6.). Hər bir sarğı yarıya qədər gümüşlə örtülmüşdür. Gümüşün bitdiyi yer termo-

lehim əmələ gətirir. Hər bir naqildə 50 sarğı vardır. Bununla da qurğuda 500 termolehim vardır.

Batareyaların cüt lehmləri bir, tək lehmləri isə digər lövhənin istilik təsirinə məruz qalır. Lövhələrin temperaturu gələn və gedən radiasiya sellərinin fərqi proporsionaldır. Qurğunu birbaşa radiasiyadan qorumaq üçün borucuğa 7 şarnir 6 vasi-təsi ilə birləşmiş ekrandan 5 istifadə olunur. İşləmədikdə qurğu qoruyucu örtüklə 8 örtülür.

Qurğunun göstəriciləri küləyin sürətindən kifayət qədər asılı olur, belə ki, qəbuledici küləkdən mühafizə olunmamışdır. Ona görə də bilavastə qalvanometrdən 0.5-1.0 m uzaqlıqda dirək basdırılır ki, onun da ucunda küləyin sürətini ölçən cihaz (anemometr) yerləşdirilir. Onun göstəricilərinə əsasən nəticələrə müvafiq əlavələr olunur.

## **GÜNƏŞ ENERJİSİ QİYMƏTLƏRİNİN TƏYİNİ**

**Qiymətlərin vacibliyi.** Günəş energetik qurğusunu quraşdırmamışdan əvvəl onun nə qədər enerjini toplayacağı və toplanılan enerjinin hara istifadə olunacağını təyin etmək vacibdir. Bu halda qəbuledicinin ölçülərini hesablamaq olar. İdeal halda tələb olunan məlumatları bir neçə il ərzində gələcəkdə kollektor olacaq yerdə şüa enerjisinin ölçülməsi tələb olunur. Bu çox çətinidir. Ona görə də tələb olunan (statistik) məlumatlar məlum olan

meteoroloji məlumatlar əsasında ölçülür : 1) cari yer üçün 2) hansısa yaxın yer, hansı ki, belə tip şüaların yığılması gözlənilir.

**Statistik dəyişilmələr.** Şəkil 2.4 və 6.2 a-dan başqa şüalanmanın həm mütəmadi dəyişilmələri həm də qeyri-mütəmadi dəyişilmələri var. Belə ki, onlar günəş energetik sisteminin işləməsi üçün vacib olan, toplanan enerjiyə təsir edir. Bu yolla şüalanmanın ən geniş qeydiyyatlı məlumatlarını belə yalnız statik mənada işlətmək olar. Buna görə də günəş energetik sistemlərinin layihələndirilməsində adətən orta aylıq, sutkalıq şüalanma kimi orta məlumatlara əsaslanırlar. Belə təxmini məlumatları qiymətləndirmək və şüalanmanın tam modelini əvvəlcədən qurmaq daha rahatdır.

**Sutkanın işıqlı vaxtı, şüalanma dərəcəsi kimi.** Bütün əsas meteoroloji stansiyalar gündəlik olaraq günəşin parlaq olduğu  $n$  vaxtını (saatla) ölçürlər. Bu məlumatlar bir neçə onillik üçün olurlar. Ölçmələr əsasən daxilində böyüdücü şüşə altında kağız olan özüyazan vasitəsi ilə aparılır. Günəş parlaq olanda kağızda dəliklər əmələ gəlir. Günəşin parlaq olduğu saatların sayı  $n$ , verilmiş günə aid kağızdakı dəliyin ölçüsündən asılıdır. Şüalanmanın günəşin parlaq olduğu saatların sayından asılılığı aşağıdakı kimi olur.

$$H = H_0' [a + b(n/N)] \quad (4.1)$$

$H_0'$ -aydın gündə vahid üfüqi səthə düşən şüa enerjisidir.  $N$ -günün uzunluğudur (şəkil 2.4).

Təəssüf ki,  $a$  və  $b$  əmsallarının səpələnməsinin müşahidə yerindən asılılığı var. Korrelyasiya əmsalı 0,7 ətrafında dəyişir, yəni, ölçmə məlumatları 4.1 düsturu ilə alınandan kəskin şəkildə fərqlənir.

Şüalanmanın dəyişməsinə öyrənərkən gün ərzində günəşin parlaq olduğu saatların sayı haqqında məlumatların olması daha yaxşı olar. Məsələn, əminliklə demək olar ki,  $n \geq 1$  olan gün günəş energetik sistemə zəruri enerjini daxil etməyəcək. Enerjinin yığılma tələblərini gündəlik məlumatlar əsasında qiymətləndirmək vacibdir. Bu məlumat günün hansı saatlarının, səhər və ya gündüz, verilmiş ərazi üçün statistik olaraq daha günəşli olduğunu nəzərə almaq üçün də xeyirli ola bilər.

**Şüalanma selinin hissəsi.** Qəbuledicidə fokuslaşdırıla bilən şüalanmanın hissəsi, atmosferin buludluluğu və tozluluğundan asılıdır. Bu faktorları özündə müəyyən zaman ərzində (əsasən bir günə) üfüqi səthə çatan şüa enerjisinin, bu zaman periodu ərzində atmosferdən kənardə yerləşdirilmiş paralel səthə çatan enerjiyə olan nisbətini  $K_T$  indeksi vasitəsi ilə təyin etmək olar.

$$K_T = H_h / H_{0h} \quad (4.2)$$



Ən aydın günlər, optik kütləsi  $m=1$  və müvafiq olaraq  $K_T \approx 0,8$  ilə xarakterizə olunur. Belə günlər üçün şüalanmanı təşkil edən diffuziyanın payı təqribən 0,2 olur. O, tutqun havalarda 1-ə qədər qalxır ( $K_T=0$ ). Günəşli günlərdə havada əhəmiyyətli dərəcədə duman və ya az buludluluq olanda bu rəqəm 0,5-ə çatır. Ümumi şüalanmanın payını aşağıdakı nisbətdən tapmaq olar.

$$H_{bh} / H_{th} = 1 - H_{dh} / H_{th} \quad (4.3)$$

İfadədə  $H_{bh} / H_{th}$  üçün görünür ki, güclü buludluluq şəraitində fokuslaşdırılmış sistemlərlə səmərəli işləmək çətindir. Amma qeyd etmək lazımdır ki, belə sistemlər günəşi izləyirlər və buna görə də perpendikulyar üzrə səthə gələn enerjinin böyük hissəsini yığırlar.

**Qəbuledicinin meyl bucağının təsiri.** Əgər günəş süasının tamam istiqamətləndirilmiş şəkildə qəbulediciyə gələrsə, onda bir səthdə (səth 1) ölçülmüş şüalanma intensivliyi digər səthin üzərində də (səth 2) əmələ gələcəkdir. Bu xüsusən üfüqi səth üçün məlumatların əmələ gəlməsi üçün vacibdir. (6.1) tənliyi ixtiyari səthə düşən şüaların düşmə bucağını təsvir edir. Onda istiqamətlənmiş komponent üçün

$$G_{1b} / \cos \theta_1 = G_{2b} / \cos \theta_2 = G_b^* \quad (4.4)$$

Amma diffuziya komponentini belə dəqiq hesablamaq olmur.

Ədəbiyyatlarda diffuziya komponentini hesablamaq üçün bir çox təkmilləşdirilmələr verilmişdir. Xətanın 10% təşkil etməsinə baxmayaraq nəticələr faydalı olur. Qeyd etmək lazımdır ki, 40<sup>0</sup> şimal enliyində şaquli, günəşə istiqamətləndirilmiş səthin orta şüalanması, ilin fəslindən asılı olaraq az dəyişir və qışda gün ərzində  $10 MC/m^2$ -ni keçir. Bu ilin eyni fəslində üfüqi səthin şüalanmasından iki dəfə çoxdur. Bu isə passiv və bəzi aktiv qızdırıcı sistemlərin işəsalma enerjisini təmin etməyə kifayət edir.

## ƏSAS METEOROLOJİ GÖSTƏRİCİLƏR

Atmosfer təbəqəsində baş verən təbii proseslər meteoroloji stansiyalar və abservatoriyaların ölçmələri hesabına qeydə alınır. Alınan göstəricilər sonradan ümumiləşdirilərək hava haqqında məlumatların proqnozlaşdırılmasında, elmi-tədqiqat və təcrübi işlərdə geniş şəkildə istifadə olunur. Ölçülən göstəricilər ümumi halda meteoroloji elementlər adlanır. Əsas meteoroloji elementlərə aşağıdakılar aiddir.

havanın temperaturu;  
atmosfer təzyiqi;

havanın nəmliyi;  
küləyin sürəti və istiqaməti;  
buludluluq;  
yağıntılar;  
atmosferin şəffaflığı;  
günəş radiasiyası;  
torpağın temperaturu;  
suyun və torpağın səthindən buxarlanma ;  
havanın müxtəlif vəziyyətləri (duman, çən, bo-  
ran və.s).

Meteoroloji elementlərin bəzilərinə ətraflı ba-  
xaq və onların ölçülməsi üçün qəbul olunmuş va-  
hidləri göstərək:

***Havanın temperaturu***-meteorologiyada əsasən  
yüz dərəcəlik şkala ( $t^{\circ}C$ ) ilə göstərilir, lakin hesabla-  
malar zamanı mütləq temperatur şkalası ( $T^{\circ}K$ )  
geniş istifadə edilir.

$$T = 273,16^{\circ} + t$$

***Atmosfer təzyiqi***-vahid səthə düşən qüvvə kimi  
təyin olunur və  $p$  ilə işarə olunur. Praktikada təzyiq  
millimetr civə sütunu ilə ölçülür (mm Hg). Normal  
(standart) atmosfer təzyiqi, dəniz səviyyəsində, ha-  
vanın temperaturu  $0^{\circ}$ , sərbəst düşmə təcili  
 $g = 980,6 \text{ sm/san}^2$  olduğu və  $45^{\circ}$  şimal en dairəsində  
hündürlüyü 760 mm olan civə sütunu yəni şərti qə-  
bul edilmiş təzyiq qəbul edilir. Normal atmosfer  
təzyiqini qüvvə vahidi kimi göstərək və bu halda,

yəni  $0^{\circ}$  S temperaturda cıvənin sıxlığını  $\rho = 13,596 \text{ q/sm}^3$  qəbul edərək, uyğun olan normal təzyiqdə ( $p_0 = 760 \text{ mmHg}$ )  $P_0$  qüvvəsi üçün  $\text{sm} - \text{q} - \text{san}$  sistemində  $1 \text{ sm}^2$  səth üçün təyin edək:

$$P_0 = p_0 \rho g$$

Əgər rəqəmlə ifadə etsək, onda

$$P_0 = 76 \cdot 13,596 \cdot 980,6 = 1013250 \text{ din/sm}^2$$

**Havanın nəmliyi-** bir neçə parametr ilə xarakterizə olunur. Bunlardan- 1) havanın tərkibində olan su buxarının yumuşaqlığı; 2) mütləq nəmlik; 3) xüsusi nəmlik; 4) qarışıqların nisbəti; 5) nisbi nəmlik; 6) nəmlik qıtlığı; 7) şəh nöqtəsi.

**Küləyin sürəti və istiqaməti-**küləyin istiqaməti üfüqdən əsən külək vasitəsilə təyin olunur. Yەرüstü meteoroloji müşahidələrdə küləyin sürəti üfüqləri 8 və ya 16 rumba bölməklə ölkələr üzrə təyin edilir. Küləyin sürəti  $\text{m/san}$  və ya  $\text{km/saat}$  ilə ifadə edilir. Bəzi hallarda küləyin sürəti şərti vahidlərlə-yəni dəniz təcrübəsindən götürülmüş Bofort şkalasının balları ilə verilir (cədvəl 5.1). Ballarla ifadə edilən küləyin sürətini çox zaman küləyin gücü kimi adlandırırlar. Son zamanlar bu şkalalar təcrübi istifadədən uzaqlaşdırılmışdır.

**Cədvəl 5.1.** Küləyin sürəti üçün şərti vahidlər

Küləyin xarakteristikası	Ballar	Sürət	
		m/san	km/saat
Küləksiz hava	0	0 – 0,5	0 – 1
Sakit əsmə	1	0,6 – 1,7	2 – 6
Yüngül külək	2	1,8 – 3,3	7 – 12
Zəif külək	3	3,4 – 5,2	13 – 18
Mülayim külək	4	5,3 – 7,4	19 – 26
Təmiz külək	5	7,5 – 9,8	27 – 35
Bərk külək	6	9,9 – 12,4	36 – 44
Güclü külək	7	12,5 – 15,2	45 – 54
Çox güclü külək	8	15,3 – 18,2	55 – 65
Fırtına	9	18,3 – 21,5	66 – 77
Güclü fırtına	10	21,6 – 25,1	78 – 90
Şiddətli qasırğa	11	25,2 – 29,0	91 – 104
Qasırğa	12	> 29	> 104

***Buludluluq***-bir neçə göstərici ilə təyin olunur; bunlardan, 1) buludların sinfini təyin etmək; 2) onların sayını təyin etmək; 3) onların hündürlüyünü təyin etmək; 4) hərəkət istiqaməti və sürətini təyin etmək. Buludların növləri üçün beynəlxalq klassifikasiyada təyin olunmuş adlar qəbul edilmişdir. Buludların sayı 10 ballıq şkala ilə qiymətləndirilir, yəni-tam aydın səmada 0 bal, tam buludlu olan zaman isə 10 bal kimi qiymətləndirilir. Buludların hündürlüyü aeroloji metodların köməkliliyi və ya vizual olaraq təyin edilir. Buludların istiqaməti və sürəti isə küləkdə olduğu kimi təyin edilir.

**Yağıntılar**-əsasən onların növləri (yağış, qar, dolu, şəh və.s) ilə xarakterizə edilir, miqdarı isə millimetr su sütunu ilə ölçülür.

**Atmosferin şəffaflığı**-günəş şüalarının sərbəst şəkildə buraxmaq xüsusiyyəti deməkdir. O, şüa keçən havanın kütləsindən, havada olan su buxarı və tozun miqdarından asılıdır. Atmosferin şəffaflığı müxtəlif dalğa uzunluqları üçün fərqlidir. Belə ki, atmosferin şəffaflığını-şəffaflıq əmsalı və ya havanın bulanlılıq faktoru kimi qiymətləndirmək olar.

**Günəş radiasiyası**-Yer səthinə elektromaqnit dalğalar şəklində düşən günəş şüalarının enerjisidir. Günəş enerjisi atmosfer təbəqəsindən keçərək Yer səthinə düşür və ümumi su hövzələri ilə materiklər tərəfindən udulur. Ümumi günəş radiasiyasının təxmini 1/3 hissəsi Yer səthindən əks olunaraq kosmosa qayıdır. Yer səthində günəş radiasiyasının 3 əsas növü müşahidə olunur: birbaşa, səpələnən (diffuz) və albedo (yer səthindən və ya digər obyektlərdən əks olunan) radiasiya.

**Torpağın temperaturu**-torpağın səthində və ya bir neçə metr dərinlikdə termometr vasitəsilə təyin olunan parametrdir. Daha dəqiq nəticə əldə etmək üçün vahid ərazidə bir neçə yerdə və müxtəlif dərinliklərdə temperturun ölçülməsi gərəkdir.

**Suyun və torpağın səthindən buxarlanma**- suyun maye halından qaz halına keçərək buxarlanması deməkdir. Buxarlanma suyun, torpağın, bitki

örtüyünün, buzun, qarın və s. səthindən Günəşdən alınan enerjinin hesabına yaranır. Buxarlanma mövcud temperatura malik havanın tərkibindəki buxarın faktiki miqdarından daha intensiv şəkildə gedir. Buxarlanma nəticəsində hava axını (külək) yaranır.

*Havanın müxtəlif vəziyyətləri* (duman, ildırım, boran və.s).

**Duman**-böyük miqdarda kondensatlaşmış su buxarının havada toplanması deməkdir. Dumanlı havada nisbi nəmlik 100 %-ə yaxın olur, istisna hallarda isə 85-90 %-ə çatır. Fasiləsiz duman adətən bir neçə saat olur, lakin ilin soyuq aylarında isə bir neçə sutka davam edir.

**İldırım**-buludla yer arasında və ya iki müxtəlif yüklü bulud arasındakı elektrik boşalması deməkdir. Atmosferdə hərəkət edən hava axını ətrafda olan su buxarından yaranan kondensat damcılarına toxunaraq, onları parçalayır və nəticədə müsbət və mənfi ionlara ayırır. Bu ionlar buldlarda toplanaraq güclü elektrik sahəsi əmələ gətirir. Buludlarda yaranan müsbət və ya mənfi qütblər hesabına, ya da ki, yüklənmiş buludla yer arasında əks gərginlik yarandıqda havada “deşilmə” baş verir. Bu zaman buludla yer arasında uyğun olaraq müsbət və mənfi yüklərin axın mübadiləsi əmələ gəlir. Bu axının hesabına güclü parıltı və gurultulu səs eşidilir. Bu effekt elektron

axınlarının hesabına və hava kütləsinin bir an ərsində parçalanması nəticəsində baş verir. Bu zaman əmələ gələn cərəyan şiddəti 10-20 min amperə qədər, gərginlik isə 150 milyon voltdan artıq ola bilər.

**Boran-**Yer səthindən külək vasitəsilə göyə qaldırılan qardır. Boranın intensivliyi qar-külək axınının sürətindən və turbulentiyyindən, yağan qarın intensivliyindən, qar hissələrinin forma və ölçülərindən, havanın temperatur və nəmliyindən asılıdır. Boranın ümumi sərfi 1 saniyə ərzində 1 metr qar-külək selini yer səthindən ayıraraq hərəkətə gətirən qar kütləsinə bərabərdir. Maksimal qar kütləsinin hərəkət sürət və sərfi aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl 5.2.** Qar kütləsinin hərəkət sürət və sərfi

İntensivlik	Küləyin sürəti, m/san	Maksimal qar axını, kq/(m san)
Zəif	6 – 10	0,2 – yə qədər
Adi	10 – 20	0,4 – ə qədər
Güclü	20 – 30	1,2 – yə qədər
Çox güclü	30 – 40	2,0 – yə qədər
Ifrat güclü	40 – 90	2,0 – dən çox



## 6. GÜNƏŞ ENERGETİK QURĞULARININ GÜNƏŞƏ NİSBƏTƏN VƏZİYYƏTİ

Maili səth üçün (qəbuledicinin) aşağıdakı bucaqları təyin edək şəkil 6.1.

**Meyl bucağı  $\beta$ .** Baxılan səthlə üfüqi səth arasında qalan bucaq. ( $0 < \beta < 90^\circ$  ekvatora doğru yönələn səthlər üçün,  $90^\circ < \beta < 180^\circ$  ekvatora əks dayanan səthlər üçün).

**Azimet bucağı  $\gamma$ .** Meridian proyeksiyasından üfüqi müstəvinin qəbuledicinin səthinə doğru meyl etməsi ( $\gamma = 0$  olduqda müstəvilər cənuba istiqamətlənir;  $\gamma > 0$  olduqda müstəvilərin səthləri cənubdan qərbə istiqamətlənir;  $\gamma < 0$  qəbuledici müstəvilərin səthləri şərqə doğru yönəldilir. Üfüqi müsəvilər üçün  $\gamma = 0$  qəbul edilir).

**Düşmə bucağı  $\theta$ .** Şüalanma selinin istiqaməti ilə səthin perpendikulyar oxu arasındakı bucaq.

Şüalanma selinin istiqaməti ilə qəbuledici arasındakı bucaq.

Müxtəlif bucaqlar arasında əsas tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\cos \theta = (A - B) \sin \delta + [C \sin \omega + (D + E) \cos \omega] \cos \delta \quad (6.1)$$

$$A = \sin \varphi \cos \beta;$$

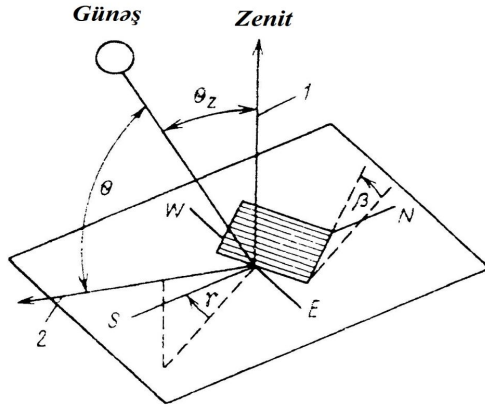
$$B = \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma;$$

$$C = \sin \beta \sin \gamma;$$

$$D = \cos \varphi \cos \beta;$$

$$E = \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma.$$

Burada,



**Şəkil 6.1.** Mailli səth üçün  $\theta$  zenit bucağı,  $\beta$  meyl bucağı və  $\gamma$  azimut bucağı (şəkildə  $\gamma < 0$ );

1-horizontal müstəviyə perpendikulyar ox, 2-maili müstəvinin perpendikulyar oxu.

Bəzi hallar üçün 6.1 tənliyi əhəmiyyətli dərəcədə sadələşir. Məsələn şəkil 6.1-ən görünür ki, ekvatora istiqamətləndirilmiş qəbuledicinin meyl bucağı  $\beta$  səthin enliyi olan  $\varphi$ -yə bərabər olduqda günorta vaxtı günəşə doğru yönəlmiş olacaq. Bu halda ( $\gamma=0$   $\beta=\varphi$ ) (5) tənliyi aşağıdakı kimi olur.

$$\cos \theta = \cos \omega \cos \delta \quad (6.2)$$

Üfüqi səth üçün  $\beta=0$  olur.

$$\cos \theta_z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \omega \cos \delta \quad (6.3)$$

(6.1) və ona müvafiq düsturlara nəzərən iki amili qeyd edə bilərik:

1. Səhər tezdən və gecədən keçmiş, günəş üfüqdən aşağı olanda,  $\theta$  bucağı  $90^0$ -ni keçə bilər, yəni mənfi işarə ala bilər. Bu halda işıq mənbəyi fiksə olunmuş qəbuledicinin arxasında yerləşir. Konkret sistemlərin analizi zamanı buna fikir vermək lazımdır.

2. Düsturlar bir qayda olaraq, müsbət bucaqların və tezliyin  $\varphi > 0$  olduğu hallar üçün alınıb.

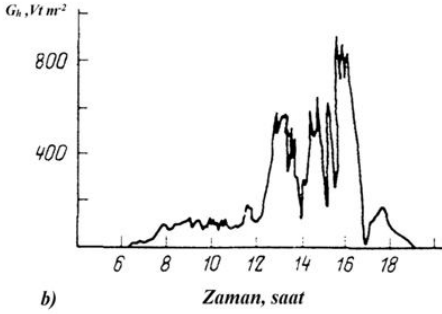
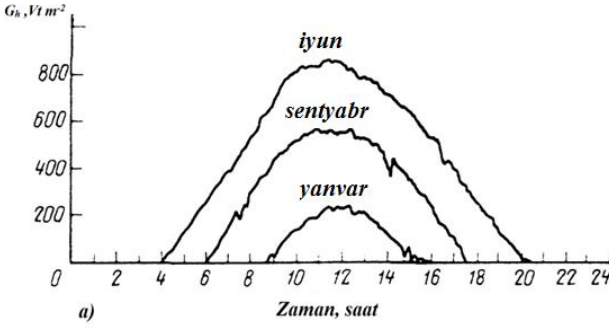
Qəbuledicinin optimal istiqaməti.

Günəş qurğusu həmişə günəş şüalarının istiqamətində yerləşdirilməlidir ( $\theta=0$  şərti ödənilməlidir). Amma fiksə olunmuş yastı kollektorun optimal vəziyyəti yoxdur.  $H_C$  şüalanması elə, istiqamətlənmiş və səpələnmiş komponentlərin qiymətidir.

$$H_c = \int (G_b^* \cos\theta + G_d) dt \quad (6.4)$$

Bəzən qəbuledicini şəkl.6.1 kimi ekvatora doğru sabit coğrafi enlikdə mailli vəziyyətdə qoymaq daha rahat olur.

Konkret hallarda isə qəbuledicinin vəziyyəti, mövcud obyektlərin vəziyyəti və mütəmadi olaraq enerji almaq lazım gəldikdə (mümkün olduqda) səhər və ya gündüz təyin olunur.  $\theta < 30^0$  olduqda  $\cos\theta \approx 1$  olduğundan, azimutun və ya meyl bucağının  $\pm 30^0$  dəyişməsi yığılmış enerjiyə az təsir edir. İl ərzində günəş vaxtı ilə günortalar düşmə bucağı əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir və qəbuledicinin fiksə olunmuş meyl dərəcəsini idarə etmək labüd olur.



**Şəkil 6.2.** İlin müxtəlif fəsilərində üfüqi səthin şüalanması.

( $42^{\circ}$  şim. en.,  $0^{\circ}$  qərb. uz., praktiki aydın günlər ) (a). Göründüyü kimi maksimal şüalanma dərəcəsi  $G_h$  və günün uzunluğu yayda qışa nisbətən çoxdur. Buludlu havada üfüqi səthin şüalanmasının tipik dəyişməsi (b). Buludlarla səpələnmiş şüalanma səhərlər şüalanmanın kiçik qiymətlərinə, günüortadan sonra isə qeyri-müntəzəm dəyişilmələrə gətirib çıxardır.

Gün ərzində günəşin şüalanma selinin sıxlığının dəyişilməsi.

$G_h$ -in sutkalıq dəyişilmələrinin bəzi nümunələri şəkil 6.2-də göstərilmişdir.  $a$ -aydın günlər üçün,  $b$ -tutqun günlər üçün.

$$G_h \approx G_h^{\max} \sin(\pi t) / N \quad (6.5)$$

Burada:  $t$  -günəş çıxandan sonrakı vaxt.  $N$ -günün işıqlı vaxtının uzunluğu (şəkil 6.2.a). (6.5)-i açıq havada günün işıqlı vaxtına görə hesablasaq:

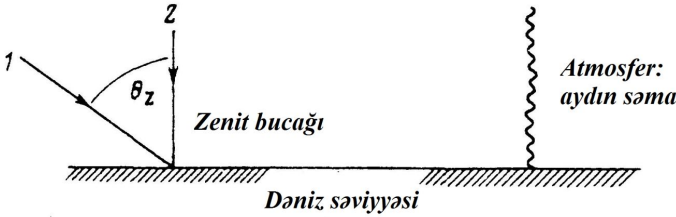
$$G_h \approx (2N/\pi)G_h^{\max} \quad (6.6)$$

Deməli,  $\pm 40^\circ$  enlikdə yay gündönümündə  $G_h^{\max} \approx 900Vt/m^2$ , və  $N=16$  saat olduqda gün ərzində şüalanma  $H_h \approx 33MC/m^2$ . Qış gündönümündə isə eyni enlikdə gün ərzində  $G_h^{\max} \approx 200Vt/m^2$ ,  $N=8$  saat,  $H_h \approx 26MC/m^2$  olur. Tropiklərdə isə  $G_h^{\max} \approx 950Vt/m^2$  olur, amma il ərzində günün işıqlı vaxtının müddəti  $N=12$  saat o qədər də fərqlənir. Ona görə də  $H_h = 26MC/m^2$  olur. Bu hesablamalarda tozun və buludun təsiri nəzərə alınmadığından  $H_h$ -in ölçülmüş orta qiyməti həmişə gözləniləndən aşağı olur. Bir çox ərazilərdə  $H_h$  -in tipik orta qiyməti aydın hava üçün hesablanmışın 50-70 %-ni təşkil edir. Yalnız səhralarda  $H_h$  -in orta qiyməti yüksək olur.

Atmosferin təsiri.

**Optik kütlə.** Günəş şüalarının atmosferdən keçmə məsafəsi düşmə bucağından (zenit bucağı)

və qəbuledicinin dəniz səviyyəsindən nə qədər yüksəkdə yerləşməsindən asılıdır (şəkil 6.3). Qəbul edək ki, səma aydın, buludsuz və tozsuzdur. Nəzərə alsaq ki, atmosferin yuxarı sərhəddi dəqiq müəyyən edilməmişdir, şüalanma ilə atmosfer qazları və buxarları arasındakı qarşılıqlı təsir, keçilmiş məsafədən daha vacib faktordur. Normal təzyiqdə atmosferdən normal halda keçən birbaşa şüalar hava kütləsi ilə əlaqəyə girir.



**Şəkil 6.3.** Optik kütlə  $m = \sec \theta_z$  ;

Burada 1 əmsal kimi qəbul edilən gedişin uzunluğudur  $m$ , 2-normal düşmə-gedişin vahid uzunluğudur.

Şüanın  $\theta_z$  bucağı altında mailli düşməsi nəticəsində yolunun uzanması normal düşmədəki yolla müqayisədə optik kütlə adlanır və  $m$  ilə işarələnir.

Yer səthinin əyriliyini nəzərə almadan şəkil 6.3-dən alırıq.

$$m = \sec \theta_z \quad (6.7)$$

Optik kütlənin atmosfer təzyiqindən və nəzarətçinin dəniz səviyyəsindən olan hundürlük-dən asılılığı ayrıca nəzərə alınmalıdır.

Atmosfer tərəfindən udulma və bununla əlaqəli proseslər.

Atmosferdən qısdalğalı günəş şüalarının keçməsi prosesində müxtəlif növ qarşılıqlı təsirlər yaranır:

**Udulma-** şüalanma enerjisinin istiliyə keçməsi;

**Səpələnmə-** dalğa uzunluğundan asılı olaraq işığın yayılma istiqamətinin dəyişdirilməsi;

**Əksolma-** dalğa uzunluğundan asılı deyil. Bu proseslər şəkil 6.4-də göstərilib.

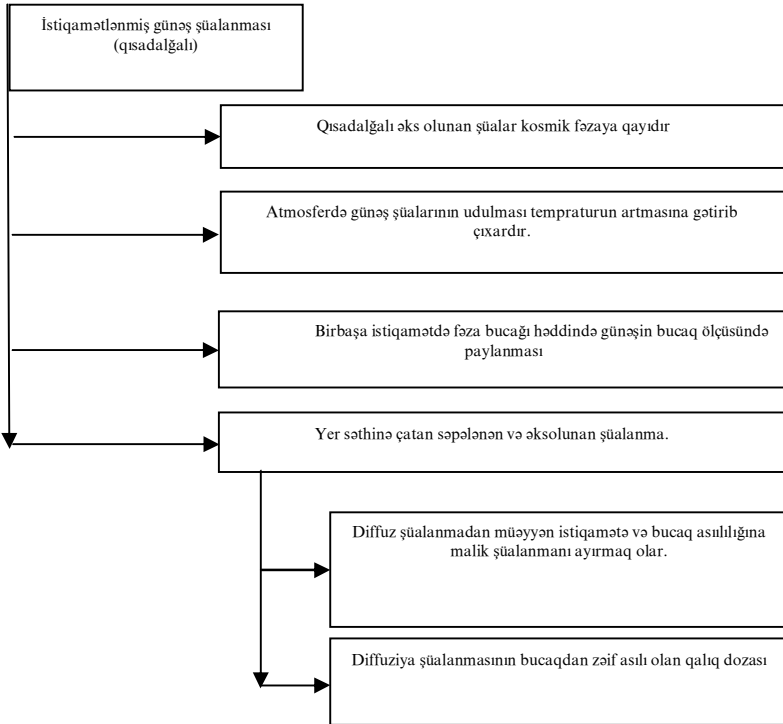
**Əksolma.** Orta hesabla kosmik günəş şüalanmasının 30 %-i kosmik fəzaya əks olunur. Şüalanmanın böyük hissəsini buludlar, az hissəsini isə yer səthindəki qar və buzlar əks etdirir. Qısdalğalı günəş şüalanma selinin sıxlığı təqribən  $(1 - \rho_0)1.3kVt / m^2 \approx 1kVt / m^2$  təşkil edir. Əksolunma əmsalı  $\rho$  *albedo* adlanır.

**İstixana effekti və uzundalğalı şüalanma.** Əgər Yer radiusu  $R$ , kosmik şüalanmanın intensivliyi  $G_0$  olarsa, onda günəşdən alınan enerji  $\pi R^2(1 - \rho_0)G_0$  olar. Bu enerji şüalanma qabiliyyəti  $\varepsilon=1$  və orta temperaturu  $T_e$  olan yerin kosmosa verdiyi enerjiyə bərabərdir. Geometrik və qabarma-çəkilmə effektləri nəzərə alınmayan, termodinamik tarazlıq halında

$$\pi R^2(1 - \rho_0)G_0 = 4\pi R^2\sigma T_e^4 \quad (6.8)$$

Uyğun olaraq  $T_e = 250 \text{ K} = -23^\circ\text{C}$

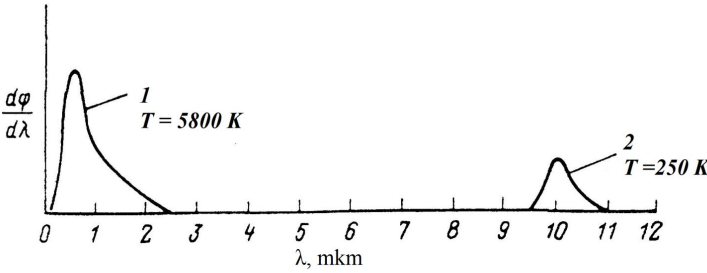
Yer səthinin uzundalğalı şüalanmasının spektral paylanması mütləq qara cismin  $250 \text{ K}$ -də spektral paylanmasına uyğundur. Bu temperaturda maksimum paylanma  $\lambda=10 \text{ mkm}$  olur. Bu paylanma günəş şüalanmasının paylanması ilə örtülmür (şəkil 6.4).



**Şəkil 6.4.** Günəş şüalarının atmosferdən keçməsinə müşayət edən proseslər.



Şəkil 6.5-dən görünür ki, günəş şüalarının spektral paylanması (qısa dalğalar) ilə Yer və atmosferin istilik şüalanmasını (uzun dalğalar) birbirindən ayırmaq və təhlil etmək olar. Yer səthindən uzundalğalı infraqırmızı şüalanmanın seli kifayət qədər böyük və çətindir. Atmosferin şüalanması həm yer səthində həm də əks istiqamətdə yayılır. Yerin hansısa səthinin və ya günəş qurğusunun şüa selini və ya energetik balansını təyin edərkən, açıq fəzada infraqırmızı şüa selinin sıxlığının  $1kVt/m^2$  -ə çatma bilməsinin nəzərə alınması çox vacibdir.



Şəkil 6.5. Qısdalğalı və uzundalğalı şüalanmanın spektral paylanması.

1-Günəşin qısdalğalı şüalanmasının paylanması.

2-Yer və atmosferin uzundalğalı şüalanmasının paylanması.

Yerin qara cisminin effektiv temperaturu yer səthinin yox, atmosferin xarici qatlarının şüalandırdığı temperatura ekvivalentdir. Yer səthinin orta temperaturu  $14^{\circ}\text{S}$  -dir ki, bu da xarici atmosferin temperaturundan təqribən  $40^{\circ}\text{S}$  çoxdur və bu halda, infraqırmızı istilik izoləedici ekran rolunu oynayır. Temperaturun belə artması istixana effekti adlanır. Belə ki, istixana da infraqırmızı şüaları kənara buraxmır, amma qısdalğalı günəş şüalarını içəri buraxır. Nəzərə alsaq ki, hava demək olar ki, şəffafdır, onda, yer səthindəki cism enerjini onu əhatə edən hava ilə yox, daha soyuq yuxarı hava kütlələri ilə mübadilə edir. Bu halda atmosferin yuxarı qatları *səma temperaturu* adlanan  $T_s$  temperaturu seçilmiş sahələri ifadə edir ki, bu da cismi əhatə edən havanın  $T_a$  temperaturundan daha azdır.

$$T_s \approx T_a - 6^{\circ}\text{S} \quad (6.9)$$

Amma səhra bölgələrində  $T_a - T_s$  fərqi  $25^{\circ}\text{C}$ -yə qədər arta bilər.

**Atmosferdə udulma.** Mühüm proses olan udulmanın izahı üçün qısdalğalı günəş və uzundalğalı atmosfer şüalarının spektral paylanması ayrı-ayrı hissələrə ayırmaq olar.

Qısdalğalı ultrabənövşəyi sahə ( $\lambda < 0,3$  mkm).  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $O$ ,  $N_2$  və onların ionlarının udulması nəticəsin-

də dəniz səviyyəsində günəş şüalanması praktik olaraq olmur.

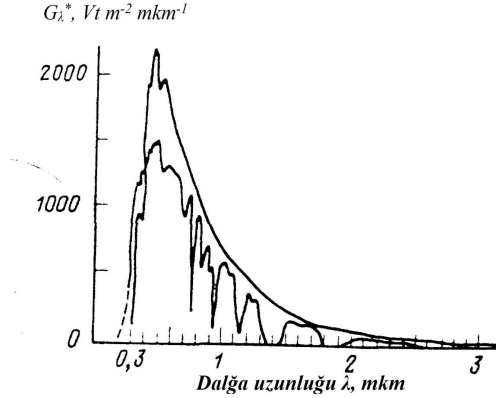
Yaxın ultrabənövşəyi diapazon ( $0,3 \text{ mkm} < \lambda < 0,4 \text{ mkm}$ ). Çox az miqdarda şüalanma dozası keçir, amma bu doza yanma üçün kifayət edir.

Görünən diapazon ( $0,4 \text{ mkm} < \lambda < 0,7 \text{ mkm}$ ). Aydın atmosfer demək olar ki, görünən şüalanmanın hamısını buraxaraq, Yerə günəş enerjisinin gəlməsi üçün “pəncərə” rolunu oynayır. Günəş şüalanma selinin demək olar ki, yarısı bu spektral diapazonun payına düşür. Eyni zamanda deyə bilərik ki, aerosollar və atmosfer çirklənmələri əhəmiyyətli dərəcədə udulmaya səbəb ola bilər.

Yaxın infraqırmızı sahə ( $0,7 \text{ mkm} < \lambda < 2,5 \text{ mkm}$ ). Sektorun bu diapazonuna, demək olar ki, kosmik günəş şüalanmasının yarısı düşür. Günəş enerjisinin 20% -dən çoxu atmosferdə əsasən su buxarı və karbon dioksid tərəfindən udulur (şəkil 6.6).  $CO_2$  -nin atmosferdə konsentrasiyası nisbətən sabitdir və 0,03% təşkil edir. Amma su buxarının konsentrasiyası kəskin şəkildə dəyişir-demək olar ki 4% -ə qədər. Praktiki işlərdə su buxarı ilə udulmanın dəyişməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Eyni zamanda, su buxarının konsentrasiyasının artması nəticəsində buludların əmələ gəlməsi daha vacibdir.

Uzun infraqırmızı diapazon ( $\lambda > 12 \text{ mm}$ ). Sektorun bu hissəsində atmosfer praktik olaraq qeyri-şəf-

fəfədir. 6.6-cı şəkilə baxılan bütün diapazonlarda udulmanın günəş spektruna birgə təsiri göstərilib.



**Şəkil 6.6.** Günəş şüalarının atmosferdən kənar (yuxarı əyri), və dəniz səviyyəsində (aşağı əyri) spektral paylanması.

Şəkilin aşağı hissəsindəki əyri  $m=1$  olduqda günəş şüalanmasının spektrına uyğundur. O günorta vaxtı (günəş şaquli olaraq müşahidəçinin başı üzərində olduqda) ölçülmüş şüalanma enerjisinin səpələnməsini göstərir. Əslində isə spektral paylanma havanın tozluğu və nəmliyindən, hətta, buludların olub olmamasından asılıdır.

## 7. GÜNƏŞ ENERJETİK QURĞULARININ ÜMUMİ TƏSNİFATI

Hal-hazırda dünyada mövcud olan günəş enerjetik qurğuları iki yerə bölünməklə istilik və elektrik enerjisinin alınması üçün istifadə olunur. Günəş elektrik qurğuları fotoelementlərin bazasında yaradılmış günəş batareyalarından ibarətdir. Günəş enerjisini istilik enerjisinə çevirən qurğular da isə öz növbəsində aşağı və yüksəkpotensiallı olmaqla iki qrupa bölünürlər.

Aşağıpotensiallı qurğular yastı müstəvişəkilli kollektorlardan ibarətdir və onların temperaturu 100-200 °S-yə qədər olmaqla əsasən yaşayış evlərinin ictimai və iaşə obyektlərinin isti su və isti hava ilə təchiz olunmasında, həmçinin kənd təsərrüfatı məhsullarının qurudulmasında geniş istifadə edilir.

Yastı kollektorlar (su və hava qızdırıcı) əsasən 5 hissədən ibarətdir.

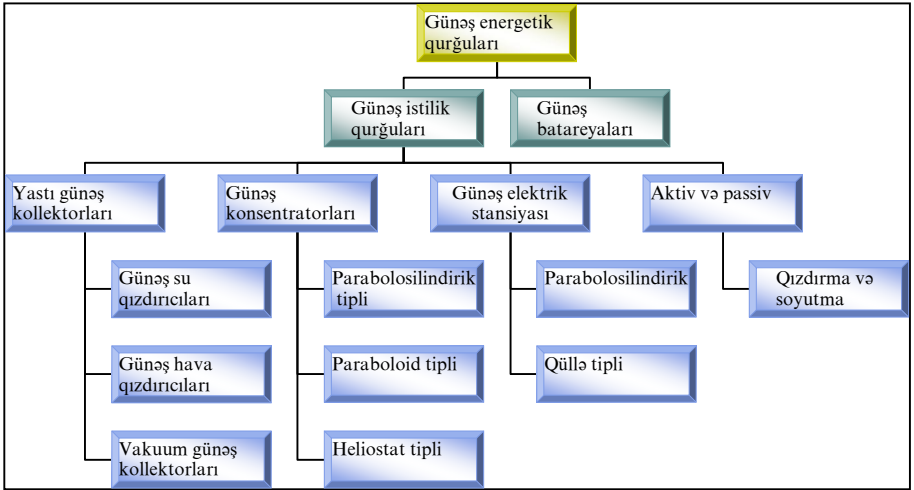
Şəffav qoruyucu təbəqə (şüşə və ya plastik material) hansı ki, sayı bir və ya bir neçə ola bilər.

Yüksək istilikkeçirmə qabiliyyəti olan metal (mis və ya alüminium ) təbəqə, hansı ki, günəş şüalarını maksimum udmaq üçün səthinə qara rəng, yaxud selektiv təbəqə çəkilir.

İstilikdaşıyıcının hərəkət etməsi üçün boru.

İstilik itkilərini azaltmaq üçün izolyasiya.

Qoruyucu qutu ( korpus ).



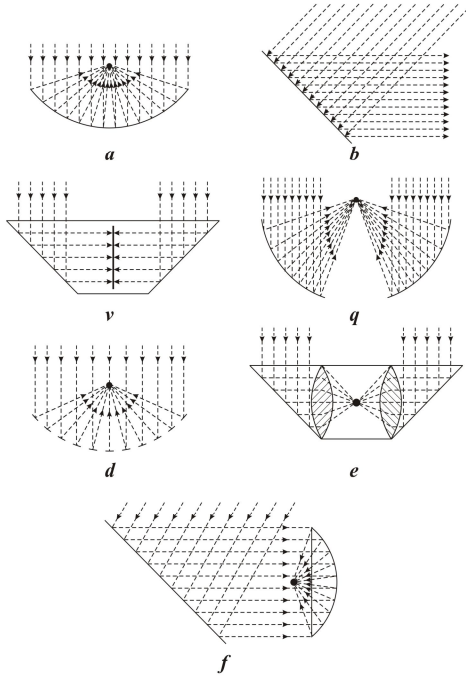
**Şəkil 7.1.** Günəş energetik qurğularının təsnifat bölgüsü.

Kollektorların bəzi növləri vardır ki, onların daxilindəki metal təbəqəni dəniz və ya çay qumu ilə əvəz edirlər. Burada qum müxtəlif qarışıqlardan təmizlənməli və onun rəngi maksimal dərəcədə tünd olmalıdır ki, günəş şüalarını effektiv udubilsin. Bu metod kollektorların iqtisadi cəhətdən ucuz, konstruktiv cəhətdən isə asan və sadə başa gəlməsinə imkan verir.

Kollektorların üstün cəhəti onların həm bir-başə həm də səpələnən günəş radiasiyalarında işləməsidir. Bundan əlavə kollektorların işləməsi üçün günəş izləyici sistem tələb olunmur.

Yüksəkpotensiallı günəş energetik qurğularına isə günəş şüalarını fokuslaşdırən konsentratorlar

aidirlər. Mövcud olan konsentrator növlərinin sxemləri şəkil 7.2-də verilmişdir.



**Şəkil 7.2.** Fokuslaşdırıcı konsentratorların həndəsi formalarının sxemləri.

Burada a-parabolosilindrik (paraboloid), b-heliostat tipli, v-konik formalı, q-trodial tipli, d-faset tipli, e-linza-güzgülü, f-heliostat və paraboloid konsentrator (bu forma əsasən müəyyən texnoloji proseslərin həyata keçirilməsi zamanı hərəkət edə bilməyən paraboloid tipli konsentratorlar üçün istifadə edilir ki, burada yalnız heliostat günəş izləyici

sistemlə təchiz olunur ki, bu da günəş şüalarının bütün gün boyu paraboloid tipli konsentratorun səthinə yönəlməsini təmin edir).

Təbii sahələrinə görə bu konsentratorların ən geniş yayılmışı parabolosilindrik, paraboloid və heliostat tipli konsentratorlardır. Parabolosilindrik tipli konsentratorlar əsasən 400-500<sup>0</sup>S-yə qədər temperaturlarda həyata keçirilən proseslərdə istifadə edilir. Paraboloid tipli konsentratorlar yüksək temperaturlarda 2500-3000 <sup>0</sup>S-yə qədər gedən proseslərdə öz tətbiqini tapır. Heliostatların böyük əksəriyyəti qüllə tipli GES–da istifadə olunur. Paraboloid və heliostat tipli fokuslaşdırıcı konsentratorun zavod şəraitində hazırlanması parabolosilindrik tipli konsentratorlara nisbətən baha başa gəlir. Bundan əlavə onların tətbiqi zamanı konsentratorun səthinə düşən günəş şüalarının fokuslaşması üçün həm azimutal, həm də zenital günəş izləyici sistemlərin dəqiq işləməsi tələb olunur ki, bu da iqtisadi cəhətdən səmərəli olmadığına görə, onların çatışmayan cəhətlərindən sayılır.

Konsentratorların əsas energetik göstəricilərindən biri onun konsentrasiya əmsalıdır. Bu əmsal konsentratorun günəşə doğru istiqamətləndiyi halda konsentrasiya olunmuş şüa selinin orta sıxlığının, əksətdirici səthə düşən günəş şüasının selinin sıxlığına olan nisbəti ilə təyin olunur. Bundan əlavə konsentrasiya əmsalı konsentratorun həndəsi mü-



kəmməlliyindən və günəş diskinin bucaq radiusundan tapılır.

Konsentratorun konsentrasiya əmsalına yuxarıda sadalanan parametrlərin təsirinin mexanizmi müxtəlif vaxtlarda ayrı-ayrı tədqiqatçılar tərəfindən həm nəzəri, həm də təcrübi yolla tədqiq olunmuşdur.

Konsentratorların energetik xarakteristikaları onların həndəsi formasından, açılma bucağından və s parametrlərdən də asılıdır.

## **8. GÜNƏŞ SUQIZDIRICI KOLLEKTORLAR**

Günəş energetikasında miqyas baxımından ən geniş tətbiq olunan qurğu yastı günəş su qızdırıcısı olduğuna görə onun klimatik, istilik-energetik və iqtisadi parametrlərinin öyrənilməsi vacibdir. Yastı günəş kollektoru əsasən isti su təchizatı və isitmə sistemlərində geniş istifadə edilir. Bu məqsədlə absorberləri müxtəlif materiallardan düzəldilmiş və müxtəlif ölçülərə malik 4 ədəd yastı günəş kollektorları işlənilib hazırlanmış və abşeron yarımadasının təbii iqlim şəraitində test edilmişdir.



**Şəkil 8.1. Müxtəlif konstruksiyalı yastı günəş kollektorlarının ümumi görünüşü.**

Baxmayaraq ki, hal-hazırda Azərbaycanda əsasən Çin və Türkiyə istehsalı olan günəş kollektorları satılır, lakin onların maya dəyəri yerli bazarda orta hesabla  $1 \text{ m}^2$  üçün 800-1000 dollar təşkil edir. Texniki göstəricilərinə görə xarici istehsaldan geri qalmayan yerli kollektorlar fərdi istehsalda ota hesabla  $1 \text{ m}^2$  üçün 150-200 dollar qiymətinə başa gəlir. Şəkil 8.1-də müxtəlif konstruksiyaya malik yastı günəş kollektorlarının ümumi görünüşü təsvir edilmişdir. Günəş kollektorlarının ef-

fektivliyi təkcə onların konstruktiv parametrlərindən və meteoroloji şəraitdən deyil həmçinin onların iş rejimlərindən, əsasən temperatur və istilikdaşıyıcının sərfindən asılıdır.

Günəş kollektorunun xüsusi gücü aşağıdakı formulaya əsasən tapıla bilər:

$$q = qc_p B [(P_s \theta_s I_s + P_D \theta_D I_D) / U + T_0 - T_g] \quad (8.1)$$

Burada,  $q$ -istilikdaşıyıcının xüsusi sərfi  $kq/m^2 \cdot \text{san}$ ;  $c_p$ -istilikdaşıyıcının izobar istiliktutumu  $C/(kq^\circ C)$ ;  $I_s$  -birbaşa günəş radiyasının intensivliyi  $Wt/m^2$ ;  $I_D$  -diffuz günəş radiyasının intesivliyi;  $T_g$ -günəş kollektorunun girişindəki temperatur;  $T_0$ -ətraf mühitin temperaturu;  $P_s P_D$ -günəş kollektorunun birbaşa və diffuz radiyasiyalara uyğun yerləşmə əmsalları;  $\theta_s, \theta_D$  -günəş kollektorunun birbaşa və diffuz radiyasiyalarda optiki çevrilmə xarakteristikası.

8.1 formulundan aşağıdakı asılılıq müəyyən olunur:

$$B = \exp(-U / gc_p) \quad (8.2)$$

İstilikdaşıyıcının çıxışdakı temperaturu:

$$T_3 = T_g + (T_t - T_g)B \quad (8.3)$$

Burada  $T_t$  -günəş kollektorunun sərfi olmadığı zamandakı tarazlıq temperaturdur. Bu temperaturun öyrənilməsi günəş kollektorunun konstruksiyasında praktiki əhəmiyyət daşıdığı kimi, digər günəş

qurğularının layihələndirilməsində də olduqca vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Günəş kollektorunun tarazlıq temperaturu:

$$T_t = (P_s \theta_s I_s + P_0 \theta I_s) / U + T_0 \quad (8.4)$$

Verilmiş temperaturda günəş kollektorundan isti su əldə etmək üçün istifadə edilən zaman saatlıq xüsusi sərf aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə müəyyən edilə bilər.

$$B = (T_s - T_g) / (T_t - T_g) \quad (8.5)$$

Suyun xüsusi sərfi  $T_c = \text{const}$  olduqda:

Günəş kollektorlarının f.i.ə. aşağıdakı formula əsasən təyin oluna bilər:

$$\eta = q c_p B [(P_s \theta_s I_s + P_D \theta_D I_D) / U - (T_g - T_0) / (P_s I_s + P_D I_D)] \quad (8.6)$$

Beləliklə, şüaudma qabiliyyətini  $\theta$ , istilikvermə əmsalını  $U$  və effektivlik əmsalını  $f'$  bilərək günəş kollektorunun istilik-energetik hesabətını aparmaq olar.

$\theta$ ,  $U$  və  $f'$ -qiymətlərini hesablama yolu, laboratoriya və ya təbii şəraitdə aparılmış təcrübələrdən də tampaq olar.

Şüşə qatının sayı	$\theta_s$	$\theta_D$	$U, Vt / m^2 S$	
			Küləyin sürəti 5 m/san qədər olduqda	Küləyin sürəti 10 m/san qədər olduqda
Bir qat	0,73	0,64	8	11
İki qat	0,63	0,42	5	5,5

B qiyməti günəş kollektorunun konstruksiyasında tarazlıq temperaturundan istifadə dərəcəsini göstərir və yalnız istilikdaşıyıcının xüsusi sərfindən asılıdır və sərf azaldıqca istifadə dərəcəsi artır. Belə ki, günəş kollektorunun f.i.ə. də bu halda azalır. Ona görə də, istilikdaşıyıcının sərfinin düzgün seçilməsi günəş qurğularının layihələndirilməsində olduqca vacib əhəmiyyətə malikdir. Asanlıqla müəyyən etmək olar ki,  $gc_p(1 - \exp(-U / gc_p))$  sərhədə malikdir,  $U$  sabit olduqda  $gc_p \rightarrow \infty$  olur. Beləliklə, istilikdaşıyıcının sərfi artdığı üçün günəş kollektorunun da f.i.ə. artır və bu da eyni zamanda yüklənmə üçün enerji miqdarının da artmasına gətirib çıxarır.

## 9. GÜNƏŞ HAVAQIZDIRICI KOLLEKTOR

Yaşayış evlərinin, ictimai binaların, istixanaların (parnik) isidilməsi və kənd təsərrüfatı sahələrinə meyvə və tərəvəzlərin qurudulması üçün kaloriferlərdən geniş istifadə olunur. Bu işə külli miqdarda elektrik enerjisinin sərfinə səbəb olur.

Azərbaycanın aqrar ölkə olduğunu nəzərə alaraq ilk dəfə olaraq ən sadə konstruksiyaya malik

günəş havaqızdırıcı kollektor işlənib hazırlanmış və test edilmişdir (şəkil 9.1). Eksperimental qurğu ən sadə və asan tapıla bilən materiallardan hazırlanmış və Bakı şəhərinin coğrafi en dairəsinə uyğun olaraq  $40^{\circ}$  bucaq altında yerləşdirilmişdir.

Sınaqlar həm ayrıca günəş havaqızdırıcı kollektor ilə həm də günəş istilik akkumulyatoru ilə birlikdə aparılmışdır. Eksperimental qurğunun absorberinin səthi polad vərəqdən hazırlanmışdır və onun qaralıq dərəcəsi  $\sim 92\%$ -dir və günəş radiasiyasının  $750 \text{ Wt/m}^2$  qiymətində səthin temperaturu  $96^{\circ}\text{S}$ -olmuşdur. Sınaqlar zamanı əldə edilmiş nəticələrə əsasən istilik itkiləri tam olaraq hesablanmış və ümumi f.i.ə. ( $\eta = 38\%$ ) təyin edilmişdir.



**Şəkil 9.1.** Günəş havaqızdırıcı kollektorun ümumi görünüşü.

Günəş hava qızdırıcı kollektorun iş prinsipi və istilik balansı haqqında.

Günəş hava qızdırıcı kollektor aşağıdakı kimi işləyir. Qəbuledicinin şüşə qoruyucusuna düşən günəş şüaları (düz və səpələnmiş) içəri daxil olurlar. Orada onlar qəbuledicinin selektiv səthə malik qara rəngli dib vasitəsi ilə udulurlar. Bununla da şüa enerjisi istilik enerjisinə çevrilir. Qəbuledicinin dibi də öz növbəsində istilik şüaları buraxır və spektrın infraqırmızı oblastında az şəffaf olan şüşə ilə şüa-istilik mübadiləsinə girir. Beləliklə qurğunun dibi şüşənin səthindən keçən şüa enerjisi və qurğunun qızmış şüşəsinin şüalandırıldığı enerjini alır. Dib vasitəsi ilə alınan enerjinin bir qismi havanın qızmasına sərf olunur, bir qismi isə qurğunun dibi vasitəsi ilə itir. Qurğunun alt hissəsinin istilik balansı

$$E_0 D = \frac{1}{\frac{1}{C_\omega} + \frac{1}{C_{\omega_1}} + \frac{1}{C_0}} \left[ \left( \frac{T_\omega}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\omega_1}}{100} \right)^4 \right] + \alpha(t_\omega + t_{f_1}) + q_{dib} \quad (9.1)$$

Burada,  $E_0$  -qəbulediciyə düşən günəş enerjisinin miqdarı (kkal/m<sup>2</sup> saat)

$D$  -şüşənin şüa buraxma əmsalı (şüşədən keçən enerjinin onun üzərinə düşən enerjiyə nisbəti)

$C_\omega$  -kollektorun absorberinin qaralığ dərəcəsi

$C_{\omega_1}$  -şüşənin qaralığ dərəcəsi

$C_0$  -mütləq qara cismin qaralığ dərəcəsi

$T_{\omega}$  -kollektordakı absorberin dibinin mütləq temperaturu ( $^{\circ}K$ )

$T_{\omega 1}$  -şüşənin mütləq temperaturu ( $^{\circ}K$ )

$\alpha$  -istilikvermə əmsalı ( $\text{kkal/m}^2 \cdot \text{dərəcə} \cdot \text{saat}$ )

$t_{\omega}$  -kollektorun absorberinin dibinin temperaturu ( $^{\circ}C$ )

$t_{f1}$  -isti səthin üzərindəki havanın temperaturu

$q_{dib}$  -dib vasitəsi ilə istilik itirilmələri

Bəzi qurğularda qəbiledicinin metal lövhəciyi bir az qaldırılmış olur ki, bununla da qurğuya daxil olan hava kütləsi onun, həm üstündən, həm də altından keçə bilsin. Belə havaqızdırıcıları üçün işçi səthin istilik balansını aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər.

$$E_0 D = \frac{1}{\frac{1}{C_{\omega}^1} + \frac{1}{C_{\omega_1}} + \frac{1}{C_0}} \left[ \left( \frac{T_{\omega}^1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\omega_1}}{100} \right)^4 \right] + \alpha_1 (t_{\omega}^1 + t_{f_1}) + \quad (9.2)$$

$$+ \frac{1}{\frac{1}{C_{\omega}^1} + \frac{1}{C_{\omega_2}} + \frac{1}{C_0}} \left[ \left( \frac{T_{\omega}^1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\omega_2}}{100} \right)^4 \right] + \alpha_2 (t_{\omega}^1 + t_{f_2})$$

$C_{\omega}^1$  -metal lövhənin qaralıq dərəcəsi

$C_{\omega_2}$  -qızdırıcının dibinin qaralıq dərəcəsi

$T_{\omega}^1$  -metal lövhənin mütləq temperaturu ( $^{\circ}K$ )

$T_{\omega_2}$  -qızdırıcının dibinin mütləq temperaturu ( $^{\circ}K$ )

$t_{\omega}^1$  -metal lövhənin temperaturu ( $^{\circ}C$ )



$t_{f2}$  -metal lövhənin altındakı havanın temperaturu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\alpha_1$  -metal lövhənin səthindən yuxarı yönəlmiş istilikvermə əmsalı, ( $\text{kkal}/\text{m}^2 \cdot \text{dərəcə} \cdot \text{saat}$ )

$\alpha_2$  -metal lövhənin səthindən aşağı yönəlmiş istilikvermə əmsalı, ( $\text{kkal}/\text{m}^2 \cdot \text{dərəcə} \cdot \text{saat}$ )

Günəş hava qızdırıcılarda konvektiv istilikvermənin şərtləri, müxtəlif tədqiqatlar nəticəsində öyrənilmiş konvektiv istilikvermənin şərtlərindən fərqlidir. Buna görə də günəş hava qızdırıcıların hesablanması məqsədi ilə  $\alpha_1$  və  $\alpha_2$  əmsallarının seçilməsi üçün məlumatlar yoxdur.

## 10. GÜNƏŞ İSTİLİK AKKUMULYATORU

İstiliyin akkumulyasiyası-istiliyin, fiziki və kimyəvi proseslər nəticəsində akkumulyatorda yığılma prosesidir.

Akkumulyator istilik izolyasiyasına malik olan istiliyi saxlanma həcmindən, akkumulyasiya edici mühitindən, yəni işçi cismlərdən yüklənmə və boşalma qurğusundan və digər köməkçi avadanlıqlardan ibarətdir.

Akkumulyasiya sistemi-akkumulyatorun yüklənməsi üçün enerjinin mənbədən götürülməsi, tələb olunan enerji növünə çevrilməsi və istehlakçıya çatdırılması kimi üsullarla xarakterizə olunur.

Şəkil 10. 1-də müəllif tərəfindən işlənib hazırlanmış günəş istilik akkumulyatorunun əyani görünüşü verilmişdir. Günəş istilik akkumulyatorunun ucuz və effektiv başa gəlməsi üçün akkumulyasiya edici material kimi adi çay daşından istifadə edilmişdir. Bu çay daşlarının ölçüsü təqribi olaraq 100-200 mm intervalında olmalıdır.

Bu istiliyin akkumulyasiyası prosesi üçün enerji balans tənliyini ümumi şəkildə belə yazmaq olar:

$$E_{dax} - E_{xar} = E_{ak} \quad (10.1)$$

Burada,  $E_{dax}$  -daxil olan enerji;  $E_{xar}$  -xaric olan enerji;  $E_{ak}$  -akkumulyasiya daxil olan enerjidir.



**Şəkil 10.1.** Günəş istilik akkumulyatoru hava və su qızdırıcı ilə birgə (a), günəş istilik akkumulyatorunun daxildən görünüşü (b).

Daxil və xaric olunan enerjilər üçün termodinamikanın I qanunundan istifadə etməklə açıq sistemlər üçün enerji akkumulyasiyanın əsas bərabərliyinin differensial formasını alırıq:

$$\left(u + pv + gH + \frac{c^2}{2}\right)_{dax} dm_{dax} + dQ - \left(u + pv + gH + \frac{c^2}{2}\right)_{xar} dm_{xar} - \quad (10.2)$$

$$-dW = d\left[\left(u + gH + \frac{c^2}{2}\right)_{ak} m_{ak}\right]$$

Burada,  $m_{ak}$  -akkumulyasiya edici mühitin kütləsi;  $u$  -daxili enerji;  $p$  -təzyiq;  $v$  -xüsusi həcm;  $g$  -sərbəstdüşmə təcili;  $H$  -hündürlük;  $gH$  -xüsusi potensial enerji;  $c$  -axının sürəti;  $\frac{c^2}{2}$  -xüsusi kinetik enerji;  $dQ$  -sistemə daxil olan istilik;  $dW$  -görülən iş.

Bu bərabərlikdən məlum olur ki, istiliyin akkumulyasiyası aşağıdakı dəyişikliklərin yaranması nəticəsində baş verir. a)xüsusi daxili enerji; b) xüsusi potensial enerji; c)xüsusi kinetik enerji; d) sistemin kütləsi.

Əgər potensial və kinetik enerjiləri sistem üçün nəzərə alınmazsa, bundan başqa bu enerjilərə uyğun gələn giriş və çıxış kütlələri nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçikdirsə və görülən işin səthlə hərəkəti məhduddursa, onda bu sistem:

$$dW = p_{ak} dV_{ak} \quad (10.3)$$

Burada,  $V_k$  -akkumulyatorun həcmi;

$p_{ak}$ -akkumulyatordakı təzyiq və bu (2) bərabərliyi formasını alır:

$$(u + pv)_{dax} dm_{dax} + dQ - (u + pv)_{xar} dm_{xar} = d(um)_{ak} + p_{ak} dV_{ak} \quad (10.4)$$

Məlum entalpiyadan istifadə etməklə alırıq:

$$h = u + pv \quad (10.5)$$

və nəticədə (1)-ci tənliyin enerji balansı bu formaya çevrilir:

$$h_{dax} dm_{dax} + dQ - h_{xar} dm_{xar} = d(um)_{ak} + p_{ak} dV_{ak} \quad (10.6)$$

Uyğun olaraq kütləüçün balans tənliyi bu cür yazılır:

$$dm_{dax} - dm_{xar} = dm_{ak} \quad (10.7)$$

Yüklənmə və boşalma prosesləri ümumi şəkildə (10.4) və ya (10.6) və (10.7) düsturları ilə ifadə olunur. Sadə hallar üçün analitik, qalan nisbətən çətin hallar üçün isə hesablama qərarları qəbul edilir.

İstilik akkumulyatorlarının təsnifatı

İstilik akkumulyatorlarının təsnifatını aşağıdakı kimi qruplara bölmək olar:

1. Akkumulyasiya edici və istilikdəyişdirici mühitlər:

**a) Birbaşa akkumulyasiya:** Akkumulyasiya edici və istilikdəyişdirici mühit eynilik təşkil edir.

Akkumulyasiya edici mühiti bərk, maye, buxar və ikifazalı (maye-qaz) ola bilər.

**b) Dolayı yolla akkumulyasiya:** Enerji yalnız istilik mübadiləsi nəticəsində ya da xüsusi istilikdəyişdirici mühitdə kütlənin dəyişməsi nəticəsində akkumulyasiya olunur. Bu akkumulyasiya zamanı da mühit maye, bərk və qaz halında ola bilər.

c) Yarım birbaşa akkumulyasiya: Proses

b)-də olduğu kimi baş verir, lakin yeganə fərq ondadır ki, istilikdəyişdirici mühitdə akkumulyasiyanın həcmi çox böyük rol oynayır.

d) Sorbsiya olunmuş akkumulasiya: Bu halda istiliyin ayrılması ilə qazları adsorbsiya etmək üçün akkumulyasiya mühitinin bəzi xassələrindən istifadə edilir. Enerjinin ötürülməsi bilavasitə istilik formasında və ya qazın köməkliyi ilə baş verə bilər.

2. Akkumulyasiya edici mühitin kütləsi.

a) Sabit kütlə ( $dm_{ak} = 0$ ): Bu adətən dolayı yolla akkumulyasiyaya aid edilir. Ancaq o zaman birbaşa və yerli akkumulyasiya ola bilər ki, kütlənin yerini dəyişmiş hissəsi soyudulma və ya qızdırılmadan sonra tamamilə akkumulyatora qayıtsın.

b) Dəyişən kütlə ( $dm_{ak} \neq 0$ ): Bu həmişə birbaşa akkumulyasiyaya aid edilir.

3. Akkumulyatorların həcmi.

a) Daimi həcm ( $dV_k = 0$ ) Bu, qapalı həcmlərə malik akkumulyatorlara uyğun gəlir.

b) Dəyişən həcm ( $dV_k \neq 0$ ) Bu, atmosfer təzyiqi ilə və ya xüsusi kompressor avadanlıqları vasitəsi ilə akkumulyasiya etməyə uyğun gəlir.

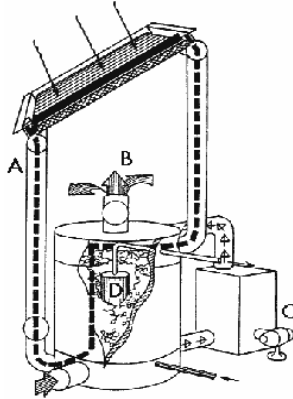
4. Akkumulyatordakı təzyiq

a) Sabit təzyiq ( $dp_{ak} = 0$ )

b) Dəyişən təzyiq ( $dp_{ak} \neq 0$ )

Akkumulasiya edici sistemlər.

Öz funksiyalarını yerinə yetirmək üçün akkumulasiya sistemi, əlavə akkumulyasiya tutumlarına və onların daxili qurğularına və eləcə də xarici avadanlıqlara malik olmalıdır. İstilik akkumulyasiyası zamanı yüklənmə və boşalma üçün nasoslar, istilik-dəyişdiricilər, buxarlandırıcılar, klapanlar, boru xətləri lazım olur. Şəkil-10.2 də günəş energetik qurğuları üçün akkumulyasiya sisteminin əsas variantı göstərilmişdir.



**Şəkil 10. 2.** İstilik akkumulyatoru günəş hava qızdırıcı kollektor ilə birgə.

Burada: **A**-günəş enerjisinin udulma rejimi. Hava günəş hava qızdırıcı kollektorun aşağı tərəfindən daxil olaraq orada qızır və yuxarı hissədən xaric olur. Qızdırılmış hava boru vasitəsilə aşağıya doğru hərəkət edərək istilik akkumulyatorundan keçir və oradakı daşları qızdırır. Nisbətən soyuyan hava yenidən hava qızdırıcı kollektora qayıdaraq sistemdə dövr etdirilir. **B**-otağın isidilməsi rejimi. Yaşayış binasındakı hava istilik akkumulyatorunun aşağı hissəsindən yuxarıya doğru hərəkət etdikcə daşlardakı istiliyi özünə çəkir və yenidən otağa daxil olur. **C**-köməkçi isitmə sistemi. Burada maye və ya qaz yanacağından istifadə etməklə yaşayış binasının havası qızdırılır. **D**-istilik akkumulyasiya edici mühitin daxilində yerləşdirilmiş isti su çəni. Bu çən həm isti su təchizatı sistemi üçün həm də istilik akkumulyatoru kimi də istifadə edilə bilər.

## **10. KOMBİNƏ OLUNMUŞ GÜNƏŞ HAVAQIZDIRICI KOLLEKTORU-İSTİLİK AKKUMULYATORU**

Yarımbuludlu və ya buludlu hava şəraitində günəş şüalarının intensivliyinin dəyişməsi günəş hava qızdırıcısına öz mənfi təsirini göstərir. Yəni, hava qızdırıcının absorberinin səthi buludlar vasitəsilə kölgələndikdə qızma prosesi zəifləyir və kəs-

kin temperatur düşgüsü yaranır. Bu onunla izah olunur ki, absorberin materialının kütlə istilik tutumu azdır və soyuma prosesi intensiv şəkildə gedir. Bu problemin aradan qaldırılması məqsədilə, metal kəsici və deşici dəzgahlarda detalların hazırlandığı vaxtda yaranan sarmaşəkili metal yonqarlardan (tullantı şəkildə atılır) istifadə etməklə kombinə olunmuş günəş havaqızdırıcı kollektor-istilik akkumulyatoru işlənilib hazırlanmışdır. Şəkil 11.1-də qurğunun ümumi görünüşü təsvir edilmişdir.



**Şəkil 11.1.** Kombinə olunmuş günəş havaqızdırıcı kollektoru-istilik akkumulyator qurğusunun ümumi görünüşü.



Bu yonqarlar diametri 0,5-1,5 mm-ə malik, uzunluğu isə müxtəlif hədlərdə (200-1000 mm) olan polad sarmalardan ibarətdir. Bu sarmaları kollektora yerləşdirməmişdən əvvəl onların emal zamanı yarandığını və bu metal səthlərin üzərində nazik yağ təbəqəsinin olduğunu nəzərə alaraq, çöl şəraitində xüsusi bir kamerada ocaq daxilində onlar yandırılmışdır. Sonradan isə, bu metal sarmalar yığım halında metal qutunun içərisinə bir-bir oturdulmuş və ümumi korpusun daxilinə yerləşdirilmişdir. Qızdırılan havanın giriş-çıxış borusu kimi diametri 50 mm olan standart plastik borulardan istifadə edilmişdir. Aparılmış eksperimentlər zamanı Abşeron yarımadasında yarımbuludlu havalarda temperaturdan asılı olaraq orta hesabla 15-20 dəqiqə ərzində istiliyin sabit qalması müşahidə edilmişdir.

## **12. VAKUUM GÜNƏŞ KOLLEKTORU**

Günəş kollektorlarında daha yüksək temperaturun alınması üçün absorberin səthindən ətrafa itən konvektiv istilik itkilərinin azaldılması gərəkdir. Bunun üçün yastı absorberin üzərinə əlavə olaraq bir ədəd şüşə təbəqəni qoymaq olar. Lakin, daha mükəmməl şəkildə bu məsələni həll etmək məqsədilə, günəş şüalarını qəbul edən səth ilə onu əhatə edən şüşə boru arasında vakuum məsafəsinin

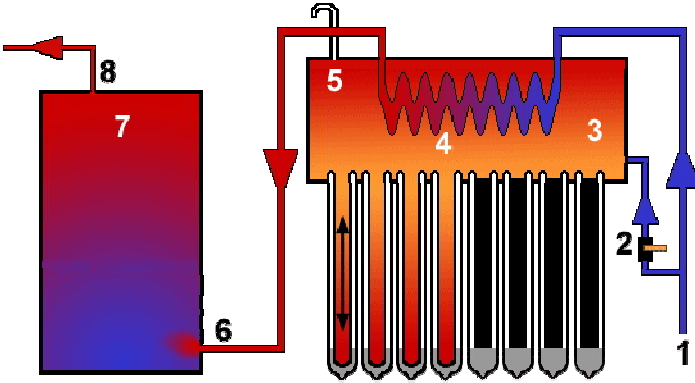
yaradılması lazımdır. Bu şəkildə layihələndirilən və istehsal olunan qurğular vakuüm günəş kollektorları adlanır. Vakuüm günəş kollektorunun əyani görünüşü şəkil 12.1-də, sxematik görünüşü isə şəkil 12.2-də verilmişdir.



**Şəkil. 12.1.** Vakuüm günəş kollektorunun əyani görünüşü.

Vakuüm günəş kollektorunun əsas elementi iki borudan (xarici şüşə boru, daxili metal boru) ibarətdir. Xarici boru şüşədən hazırlanır və o, günəş şüalarını şəffaf səthdən keçirir, lakin daxildə yaranan istiliyin isə, vakuüm təbəqəsi hesabına ətrafa itməsinə imkan yaratmır. Daxili metal boru isə əsasən misdən hazırlanmış və şüşə borunun daxili diametrinə uyğun olaraq xüsusi şəkildə hazır-

lanmış metal lövhənin daxilinə yerləşdirilmiş istilik borusundan ibarət olur. İstilik borusunun metal lövhəsinin qalınlığı 0,2-0,5 mm olub, yarım dairəvi profil şəklində hazırlanır. İstilik borusu profilin bütün uzunluğu boyu tən ortasına ya qaynaq ya da oturtma yolu ilə yerləşdirilir. Lövhənin funksiyası günəş şüası qəbul edən səthin sahəsini artırmaq məqsədi daşıyır və uyğun olaraq onun da səthi qara rənglə və selektiv təbəqə ilə örtülmüşdür.



**Şəkil. 12.2.** Vakuüm günəş kollektorunun istilikdəyişdirici və akkumulyator su çəni ilə birgə sxematik görünüşü.

Burada: 1-soyuq suyun girişi, 2-əks klapan, 3-istilikdəyişdirici, 4-ilanvari boru, 5-çixış borusu, 6-isti suyun girişi, 7-isti su həcmi, 8-isti suyun çıxışı.

Vakuüm günəş kollektorları aktiv heliosistemlər arasında ən yüksək temperatur çıxışına malikdirlər. Belə ki, bu kollektorların ən üstün konstruk-

tiv cəhətlərindən biri də onların şüa qəbul edən səthlərinin azimutal müstəvidə il boyu günəş şüalarına doğru perpendikulyar olmasıdır. Zenital müstəvidə isə analogi olaraq digər günəş energetik qurğuları kimi yerləşdiyi ərazinin şimal en dairəsinə uyğun olaraq quraşdırılır. Tələb olunan gücdən asılı olaraq vakuum günəş kollektorları bir neçə borudan ibarət olur.

Vakuum günəş kollektorunun iş prinsipi belədir. Kollektorun səthinə düşən günəş şüaları şüşə borudan keçərək absorberin səthi üzərində toplanır. Səthdə yaranan temperatur istilik borusu vasitəsilə üzü yuxarı, yəni istilikdəyişdiriciyə ötürülür. İstilik borusunun yuxarı hissəsinin (başlıq) en kəsiyi aşağı hissənin en kəsiyindən dəfələrlə böyük olduğu üçün burada böyük miqdarda istilik toplanır. İstilikdəyişdiricinin giriş borusundan daxil olan istilikdaçıyıcı isə hərəkət zamanı hər bir istilik borusunun başlığına toxunaraq oradan istiliyi qəbul edərək qızır və çıxış borusuna doğru irəliləyir.

Eksperimentlər və hesablamalar zamanı təyin edilmişdir ki, vakuum günəş kollektorunun absorber səthinin şüa udma əmsalı  $\alpha_s = 0,92$ , vakuum səviyyəsi  $P \leq 0,08 Pa$ , günəş radiasiyası  $q = 850 Wt/m^2$  olduğu halda səthin temperaturu  $220^{\circ}S$  olacaqdır. Bu cür vakuum günəş kollektorunun bir borusunu parabolosilindirik konsentratörün fokusunda helioreaktor şəklində yerləşdirsək, onda səthdəki tem-

peratur 400-450 °S olacaqdır. Lakin sonradan isə absorberin səthindəki selektiv təbəqənin optiki xassələrinin və vakuum məsafəsinin işinin pozulmasına görə temperatur kifayət qədər aşağı düşəcəkdir.

Vakuum günəş kollektorlarının istilik qəbuledicisini hazırlandığı materiala (metal və ya şüşə) görə 2 qrupa bölmək olar. Metal istilik qəbulediciyə malik vakuum günəş kollektorlarının konstruksiyasının əsas çətin xüsusiyyəti onun metal istilik qəbuledicisi ilə şüşə borunun yapışdırılması zamanı vakuum məsafəsinin təmin edilməsidir. Lakin şüşədən hazırlanan istilik qəbuledici üçün bu problem yaranmır. Bu vakuum günəş kollektorları üçün optimal texnoloji nöqtəyi nəzərdən ən asan konstruksiyaya Dürar qabı şəklində olan şüşə borudur. Burada selektiv səth daxili borunun xarici səthinə çəkilir və bu şüşə borular arsındakı məsafə isə vakuumlaşdırılır. Bu cür konstruksiyaların ən çatışmayan cəhəti, istismar zamanı istilikdaşıyıcının hər hansı bir səbəbdən sızması və ya iki borudan birinin zədələnməsidir.

### **13. GÜNƏŞ MƏTBƏXİ**

Cənub rayonlarında qida hazırlamaq üçün istifadə olunan sobalarda kömür, odun, qaz və maye kimi defisit yanacaqlardan istifadə edilir. Belə sobaları günəş enerjisi və ya bioqazla işləyən sobalarla da əvəz etmək olar. Bunlardan isə daha

sadə konstruksiyaya malik olan «qaynar qutu» tipli günəş mətbəxidir. Bu mətbəx istilik izoləsinə malik olan metal qutu və qıdanın hazırlanması üçün qab-qacağı yerləşdirmək məqsədilə boşluqdan ibarət olan bir sobadır.

Günəş mətbəxi ta qədimdən əsasən Misirdə və bəzi Asiya ölkələrində istifadə edilirdi. Hal-hazırda isə günəş mətbəxi daha çox Çin və Afrika ölkələrində öz geniş tətbiqini tapır. Günəş mətbəxi özünün sadə konstruksiyası və asan iş prinsipi ilə diqqəti cəlb edir. Baxmayaraq ki, günəş mətbəxi aşağıpotensiallı günəş energetik qurğuları sinfinə aiddir, lakin o, özünü əsasən bağ mövsümlərində və dəniz kənarı istirahət zamanı tez başa gələn xörəklərin hazırlanmasında ən əlverişli günəş-istilik mənbəyi kimi istifadə oluna bilər.

Qab-qacaq boşluğunun daxili səthi yüksək əksətmə qabiliyyətinə malik olur, qab-qajaq isə qara rəngdə və ya xüsusi uducu örtüklü olmalıdır. Üst tərəfindən soba söküləbilən şüşə qapaqla təhiz edilməlidir.

Soba təkərciklər üzərində hərəkətə gətirilən və bir ədəd də əksətdirici və istilik izoləsi qapağı olmalıdır. Bu qapağın vəziyyətini dəyişdirərək, şarnirli dayaq ətrafında döndərməklə, şaquli vəziyyətə gətirmək olar ki, burada da günəşin əks olunan radiasiyası şüşə qapaqdan əlavə olaraq qutunun içərisinə daxil ola bilsin. Bu tip günəş qurğusu günəşin par-

laq vaxtında temperaturun 80-90<sup>0</sup>S-dən aşağı olmasını təmin edir. İstilik izoləsinin olması isə istilik itkisinin yaranmasının qarşısını nəzərəcərpacaq dərəcədə alır və qida məhsulu günəş altında uzun müddət ərzində bişə bilər. Bu sobadan yarım-məmulatların və qabaqcadan hazırlanmış qızdırılmasında daha səmərəli istifadə etmək olar. Lakin çox vaxt qidanın hazırlanması prosesi daha yüksək temperaturlar tələb edir ki, bunu da ancaq günəş şüalarının əks etdirən edən konsentratör ilə əldə etmək mümkündür. Çox hallarda bu qeyri-rentabellidir, ancaq şübhəsiz texniki baxımdan mümkündür. Quru və isti mühitli rayonlarda yastı günəş enerjisi kollektoru və istilik akkumulyatoru olan günəş sobası istifadə edilə bilər. Səmərəliliyin yüksəldilməsi üçün şəffaf şüşə qapaqdan və əksətdiricidən istifadə edilməsi məsləhət görülür. Qab-qacaq qara rəngə boyanmalıdır.



**Şəkil 13.1.** Günəş mətbəxinin əyani görünüşü.

Bu məqsədlə yay aylarında, bağ mövsümlərində, dəniz kənarında istirahət vaxtı tez və asan başa

gələn xörəklərin və isti içkilərin hazırlanması üçün sadə konstruksiyaya malik günəş mətbəxi işlənilib hazırlanmışdır. Şəkil 13.1-də qurğunun ümumi görünüşü təsvir edilmişdir.

Bu qurğunun iş prinsipi istixananın iş prinsipi ilə eynilik təşkil edir. İstilik akkumulyatoru kimi hər tərəfdən (günəşə doğru baxan tərəf istisna olmaqla) istilik izolyasiyası ilə əhatə edilmiş qutu açılıb-bağlanan pəncərəyə və qara rəngə boyanmış daxili metal kameradan ibarətdir. Belə ki, aparılmış təcrübələr zamanı günəş radiasiyasının  $800\text{Vt/m}^2$  qiymətində qutunun daxilindəki temperatur  $128^{\circ}\text{S}$ -olmuşdur. Qurğunun həndəsi forması və konstruksiyası elə seçilmişdir ki, o hərəkət etmədən, həm azimutal həm də zenital istiqamətlərdə günəş şüalarını perpendikulyar şəkildə qəbul edir. Qurğunun daxilində temperaturun təyin olunması üçün dairəvi termometr də yerləşdirilmişdir.

#### **14. PARABOLOSİLİNDİRİK KONSENTRATORLU GÜNƏŞ ENERGETİK QURĞUSU**

Dünyada günəş energetikası sahəsində fokuslaşdırıcı konsentratörülər arasında ən geniş istismar olunan güzgülər parabolosilindirik tipli konsentratörülərdir (PK). Bu tipli konsentratör digərlərinə nisbətən daha asan başa gəlir və bir çox hallarda yalnız zenital müstəvidə günəşi izləyir. Bu məqsədlə

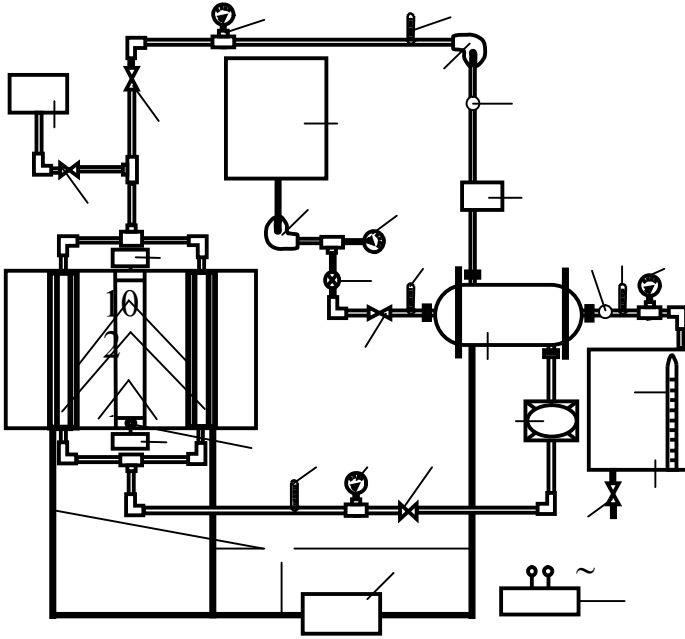


müstəqil azərbaycan tarixində ilk dəfə olaraq 2003-cü ildə müəllif tərəfindən layihələndirilən və şəxsən özü tərəfindən hazırlanan ilk parabolosilindirik konsentratora mailk fokuslaşdırıcı güzgüdən ibarət eksperimental energetik qurğu yaradılmış və ilk dəfə olaraq mədən şəraitində xam neftin emala hazırlanması prosesində istifadə edilmişdir. Qurğunun güzgü səthinin sahəsi orta hesabla  $\sim 5 \text{ m}^2$  təşkil edir. Eksperimental qurğunun tam olaraq istilik-energetik, iqtisadi və ekoloji parametrləri nəzəri və təcrübi yolla təyin edilmiş və müsbət nəticələr əldə edilmişdir.

Eksperimental qurğunun texnoloji sxemi şəkil 14.1-də, əyani görünüşü isə şəkil 14.2-də verilmişdir.

Parabolosilindirik günəş energetik qurğularının (PSGEQ) aşağıdakı əsas hissələrdən ibarətdir.

**1.** 2 modullu PK; **2.** Boru tipli helioreaktor; **3.** Boru boruda tipli istilikdəyişdirici; **4.** Xam neft çəni; **5.** Çökdürücü; **6.** Sistemdə ehtiyat istilikdaşıyıcının (istilikdaşıyıcı məqsədilə sudan istifadə olunur) saxlanması üçün akuumulyator su çəni; **7.** Konsentratorun azimutal istiqamətdə günəşi izləməsini təmin edən azimutal günəş izləyici sistem; **8.** Konsentratorun zenital istiqamətdə günəşi izləməsini təmin edən zenital günəş izləyici sistem;



**Şəkil 14.1.** Günəş enerjisini tətbiqi ilə xam neftin emala hazırlanması prosesi üçün eksperimental qurğu.

**9.** Genişləndirici çən; **10.** Molibden şüşə boru (izolyasiya); **11.** Dozalaşdırıcı sistem; **12.** Deemulqator balonu; **13.** Helioreaktor-istilikdəyişdirici-genişləndirici çən–helioreaktor sistemi boyu istilikdaşıyıcının hərəkət etdirilməsi üçün kiçik güclü su nasosu; **14.** Xam neft çəni-istilikdəyişdirici-çökdürücü sistemi neftin hərəkət etdirilməsi üçün neft nasosu; **15.** Konsentratları günəşə doğru istiqamətlənməsini təmin edən şaquli borucuq; **16.**

Qızdırılmış neftin çökdürücüdə ayrılmış neft-su təbəqələrinin görünməsi üçün səviyyəölçən-pəncərə; **17.** Ümumi sistem boyu temperaturların ölçülməsi üçün istifadə olunan termocütlər; **18.** Eksperimentlər zamanı tədqiq olunan parametrlərin ölçülməsi üçün istifadə edilən nəzarət ölçü cihazları paneli; **19.** Vahid zaman ərzində sistemdən keçən istilikdaşıyıcının sərfini ölçən cihaz; **20.** Vahid zaman ərzində qızdırılmış neftin sərfini ölçən cihaz; **21-24.** İstilikdaşıyıcının və neftin uyğun olaraq giriş və çıxış temperaturlarının ölçülməsi üçün termometrlər; **25-28.** İstilikdaşıyıcının və neftin uyğun olaraq giriş və çıxış təzyiqlərinin ölçülməsi üçün manometrlər; **29–33.** İstilikdaşıyıcının və neftin uyğun olaraq sərfinə nəzarət etmək üçün ventillər; **34.** Mərkəzləşdirilmiş elektrik şəbəkəsi.

Qurğunun 2 modullu parabolosilindrik konsentratorunun 1 ümumi sahəsi  $4,92 \text{ m}^2$ , qalınlığı  $0,06 \text{ m}$  olan şüşədən hazırlanmışdır və hər birinin ölçüləri  $L \times B = 1 \times 0,82 \text{ m}$  olmaqla 6 ədəd bölmədən ibarətdir, fokus məsafəsi  $0,33 \text{ m}$ , açılma bucağı  $2\alpha = 120^\circ$ -dir. Hər moduldakı konsentrator bölmələrinin sayı 3 ədəd olmaqla onların ümumi sahəsi  $2,46 \text{ m}^2$ -a bərabərdir ( $L \times B = 3 \times 0,82 \text{ m}$ ).

Konsentratorun 1 aperturasının səthində günəş şüalarının əksolunma əmsalı  $R = 0,8$  təşkil edir.

Parabolosilindrik formalı konsentrotor 1 şü-şədən hazırlandığı üçün onların yan tərəflərinə xüsusi II şəkilli qoruyucu rezin çərçivəyə keçirilmiş



**Şəkil 14.2.** Parabolosilindrik konsentrotorlu günəş energetik qurğusunun ümumi görünüşü

və gövdəyə oturdulmuşlar. Gövdənin hərəkəti zamanı konsentrotorların 1 tərpnəməməsi üçün onlar yan tərəflərdən xüsusi küncüklərlə vintlər (M3) vasitəsilə gövdəyə bərkidilmişdir. Bu cür bərkidilmə konsentrotorlara 1 heç bir mənfi təsir göstərmir, əksinə olaraq qurğunun istənilən güzgüsünün istismar prosesi zamanı az bir vaxtda digəri ilə əvəz olunmasına yardımçı olur.

Boru tipli helioreaktorun 2 xarici və daxili diametrlərinin nisbəti  $d_{hr^x}/d_{hr^d}=0,05/0,044$  m, uzunluğu

isə 3 m olan polad borudan ibarətdir ki, bu da konsentratorun 1 fokusunda yerləşdirilmişdir.

Konsentratorlardan 1 əks olunan günəş şüaları hesabına helioreaktorun 2 səthində yaranan yüksək temperaturun ətraf mühitə itməməsi üçün o, xarici diametri  $d_{sb}^x=0,064$  m, daxili diametri  $d_{sb}^d=0,06$  m, qalınlığı  $\delta_{sb}=0,002$  m olan, izolyasiya rolunu oynayan molibden şüşə borunun 10 daxilində yerləşdirilmişdir. Molibden şüşə borunun 10 günəş spektrində inteqral şüa buraxma qabiliyyəti  $\xi=0,9$  təşkil edir. Molibden şüşə boru 10 baş və arxa tərəfdən xamuta oturdularaq konsentratorların 1 gövdəsinə bərkidilmişlər.

Helioreaktorun 2 şüa qəbul edən səthi əvvəlcə KO-819 markalı qara rənglə rənglənmiş, sonra isə onun üzərinə selektiv səth çəkilmişdir və bu səthin qaralıq dərəcəsi  $\varepsilon =0.91$  təşkil edir.

Fokus məsafəsinin dəyişdirilməsi yolu ilə helioreaktorun 2 səthində günəş şüaları hesabına yaranan temperaturun tənzimlənməsi, ucları bir tərəfdən xamuta, digər tərəfdən isə konsentratorların 1 gövdələrinə qaynaq olunmuş əks yivli (M16) boltları birləşdirən qaykaları hərəkət etdirməklə həyata keçirilir. Yəni burada, qaykaların saat əqrəbinin istiqamətində fırlanması helioreaktorların 2 yuxarıya doğru, qaykaların saat əqrəbinin əksi istiqamətində fırladanması isə helioreaktorları 2 aşağıya doğru hərəkət etməsini təmin edir.

Molibden şüşə boru 10 ilə helioreaktor 2 arasında qalan məsafənin simmetrikliliyini təmin etmək üçün, yalnız baş və arxa tərəflərdən əvvəlcə gips sonra isə hermetikləşdirici vasitə ilə doldurulmuşlar. Boruların uzunluğu boyu qalan məsafə (şüalandırılan sahə) isə helioreaktor 2 ilə molibden şüşə boru 10 arasına yerləşdirilmiş kiçik diametrlı borucuq vasitəsi ilə zavod şəraitində vakkumlaşdırılır ki, bu da istilik itkilərinin minimuma enməsinə şərait yaradır. Ümumiyyətlə, bütöv sistem boyu istilikdaşıyıcının hərəkət etdiyi yerlərdə (helioreaktor, istilikdəyişdirici, genişləndirici çən, birləşdirici boru və şlanqlar) ətraf mühitə temperatur mübadiləsi nəticəsində itən istilik enerjisini azaltmaq məqsədilə izolyasiya materialı kimi şüşə pambıq və onun üzərinə çəkilmiş xüsusi örtükdən istifadə olunmuşdur.

Helioreaktorun 2, molibden şüşə borunun 10, istilikdəyişdiricinin 3, istilikdaşıyıcının, neftin daxili və xarici səthlərinin temperatur və temperatur fərqi ölçülməsi üçün xromel-kopel termocütləri 17 əvvəlcədən dərəcələnməmiş sonra isə müvafiq olan yerlərdə oturdurulmuşdur. Termocütlərin 17 çıxışları isə potensiometrlərin girişinə bərkidilmişdir. Potensiometrin göstərişlərinə uyğun olaraq dərəcələnmə cədvəlindən müvafiq temperaturlar təyin edilmişdir.

Qurğunun istilikdəyişdiricisi 3 “boru içərisində boru” tipli 9 seksiyalı əksaxımlı istilik mübadilə aparatıdır. İstilikdəyişdiricinin 3 istilikdaşıyıcı üçün

olan girişinə ştusser vasitəsi ilə birləşdirilmiş rezin şlanq helioreaktorun 2 çıxışı ilə əlaqələndirilmişdir. Aparatın 3 istilikdaşıyıcı üçün olan çıxışı isə genişləndirici çən 9 ilə birbaşa birləşdirilmişdir. İstilikdəyişdiricidə 3 neft üçün olan giriş və çıxış isə öz növbəsində xam neft çəni 4 və çökdürücü 5 ilə borular vasitəsilə birləşdirilmişdir. İstilik mübadilə aparatı 3 xüsusi dayağın üzərinə yerləşdirilmiş və xamutlar vasitəsi ilə dayağa bərkidilmişdir.

Xam neft çəninin 4 ümumi həcmi 500 litrdir, və günəş şüalarını maksimum miqdarda udmaq üçün onun səthi qara rənglə rənglənmişdir.

Çökdürücü də 5 eyni qayda olaraq ümumi həcmi 500 litrdir, və onun yan divarlarından birində xüsusi səviyyəölçən 16 qoyulmuşdur ki, neft qızdırıldıqdan sonra onun tərkibindəki suyun aşağı çökməsi nəticəsində neft-su təbəqələrinin ayrılmasını görmək mümkün olsun. Bundan əlavə çökdürücünün 5 aşağı hissəsində neftdən ayrılmış suyun açılıb buraxılması üçün ventil 33 qoyulmuşdur.

Akkumulyator su çəninin 6 ümumi həcmi 250 litrdir və yer səthindən 3,5 metr hündürlüyü olan silindrik dayağın üstündə dayanmaqla, eksperimentin başlaması zamanı sistemin su ilə təchiz olunmasını təmin edir. Akkumulyator su çəninin 6 çıxışı helioreaktorun 2 girişinə əvvəlcə yarım düymlük boru vasitəsi ilə, sonra isə ştusserlər vasitəsilə rezin borularla birləşdirilmişdir.

Azimutal günəş izləyici sistem 7 azimutal istiqamətdə konsentratorların 1 səthinə düşən günəş şüalarının perpendikulyarlığını təmin edir ki, bu da sonsuz vint reduktoru vasitəsi ilə 1 dövr/sutka olaraq həyata keçirilir.

Zenital günəş izləyici sistemin 8 funksiyası isə zenital istiqamətdə ilin aylarından asılı olaraq vint mexanizmi və oynaqlı gövdə vasitəsi ilə günəş şüalarının bu müstəvidə düşmə bucağına uyğun olaraq konsentratorların 1 hərəkətini təmin etməkdən ibarətdir.

Genişləndirici çənin 9 funksiyası sistem boyu qapalı dövrə üzrə məcburi hərəkət etdirilən istilikdaşıyıcının qızdırılarkən həcmi genişlənmə əmsalına uyğun olaraq sistemdə sızmaların yaranmaması və bu çənin hesabına onun sabitləşməsi üçündür.

Dozalaşdırıcı sistemin 11 funksiyası günəş şüası enerjisinin sıxlığının (GŞES) ixtiyari dəyişdiyi hallarda məcburi hərəkət etdirilən istilikdaşıyıcının temperaturunun sabit qalması üçün, onun axın sürətinin münasib sürətdə tənzimlənməsindən ibarətdir.

Deemulqator balonunun 12 çıxışı xam neft çəni 4 ilə istilikdəyişdiricini 3 birləşdirən xətt ilə əlaqələndirilmişdir ki, bunun da sayəsində xam neft çənindən 4 gələn neftə deemulqator əlavə edilməsi mümkün olur.

Su nasosu 13 istilikdaşıyıcını qapalı dövrə üzrə ümumi sistemdə məcburi şəkildə dövr etdirmək,



neft nasosu 14 isə uyğun olaraq nefti isə xam neft çənindən 4 çökdürücüyə 5 doğru hərəkət etdirilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Şaquli borucuq təcrübə zamanı konsentratorları günəşə doğru dəqiq istiqamətlənməsini təmin edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Nəzarət ölçü cihazları paneli 18 təcrübələr zamanı hər bir ölçülən parametreyə görə istifadə edilən və ümumi sistemə qoşulmuş nəzarət ölçü cihazlarının şəbəkəsindən ibarətdir.

Mərkəzləşdirilmiş elektrik şəbəkəsi 34 eksperiment zamanı istifadə edilən su və neft nasoslarını, 13,14 həmçinin bəzi və nəzarət ölçü cihazlarının elektrik enerjisinə olan tələbatını ödəmək üçündür.

Günəş energetik qurğularının layihələndirilməsi zamanı əsas perspektivli istiqamətlərdən biri qurğuların parabolosilindrik konsentratorlar bazasında yaradılmasıdır. PSGEQ köməyi ilə alınan istilik enerjisi özünün birbaşa tətbiqini tapmaqla yanaşı həm də elektrik enerjisinin alınmasında geniş miqyasda istifadə olunur. Xarici ölkələrdə bu qurğuların köməyi ilə alınan enerjiyə çox diqqət yetirilməklə bərabər, alınan nəticələrin səmərəli olduğuna görə PSGEQ əsasında günəş elektrik stansiyaları kütləvi şəkildə işlənib hazırlanaraq istismara verilmişdir.

SSSR-də ilk böyük konsentrator 1946-cı ildə Daşkənd şəhərində yaradılmışdır. Ümumi güzgü səthinin sahəsi 20000 m<sup>2</sup> olan konsentratorlar

SSSR-də günəş-istilik güc stansiyası üçün layihələndirilmiş və istismara verilmişdir.

Günəş elektrik stansiyalarının (GES) nisbətən dəhə geniş miqyaslı şəkildə istifadəsi (istismara verilməsi) XX-ci əsrin 80-cı illərinə təsadüf edir. Bu sahədə daha böyük uğurları ABŞ-ın Loose Industries firması qazanmışdır. O, 1989-cu ilin dekabr ayında Kaliforniyada PK-lar əsasında işləyən gücü 80 MVt olan günəş-qaz elektrik stansiyasını istismara vermişdir. Qurğuda PK-un fokal oxu boyu yerləşdirilmiş helioreaktorun daxilində 350<sup>0</sup>S-yə qədər qızdırılan istilikdaşıyıcı-difenil hərəkət edir. Bu GES-nin texnoloji sxemində buxar generatorunun çıxışında fasiləsiz olaraq, stabil enerjinin alınması üçün və günəş insoliasiyasının aşağı həddlərində müəyyən miqdarda qazın yandırılması nəzərdə tutulmuşdur.

Kaliforniya ştatında 1994-cü ildə elektrik gücü 480 MVt, istehsal etdiyi hər 1KVt·saat elektrik enerjisinin qiyməti isə orta hesabla 7-8 sent olan GES istifadəyə verilmişdir. Bu göstərici ənənəvi elektrik stansiyaların da əldə olunan müvafiq göstəricilərdən xeyli aşağıdır ( ABŞ-da AES-da istehsal olunan hər 1KVt·saat elektrik enerjisinin qiyməti 15 sent təşkil edir ). Bu stansiyada elektrik enerjisi günün axşam saatlarında və qış aylarında qaz yanacağından, günün səhər saatlarında və yay aylarında isə günəş enerjisindən istifadə etməklə hasil olunur.

Eyni zamanda Arizona ştatında səthinin ümumi sahəsi 2140 m<sup>2</sup> olan parabolosilindrik tipli konseptora malik günəş-istilik elektrik stansiyası istifadəyə verilmişdir. Burada istilikdaşıyıcı kimi işçi temperaturu 288<sup>0</sup>S olan yağdan istifadə edilmişdir. Generatorun çıxış gücü isə 200 KVt təşkil edir.

Beynəlxalq Aerokosmik Tədqiqatlar Agentliyinin (NASA) verdiyi məlumata görə 2006-2007 ci illərdə yeni cənubi Uels və Viktoriya ştatlarının sərhəddində dünyada ən böyük qüllə tipli GES tikilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Bu stansiyanın qülləsinin diametri 130 m, hündürlüyü isə 1000 metr olacaqdır. Qüllənin mərkəzində şəffav şüşədən olan günəş qəbuledicisi yerləşdirilmişdir. Burada elektrik enerjisinin alınma texnologiyası digər GES–rə ilə müqayisədə çox sadədir. Günəş enerjisi vasitəsilə istilik qəbuledicisində qızdırılan hava axını qüllənin yuxarisına doğru 15m/san sürətlə qalxaraq 32 turbinə hərəkətə gətirir. Turbinlərdən fırlanma hərəkətini alan generator öz növbəsində elektrik enerjisi hasil edir. Gücü 200MVt olan GES 200.000 evi elektrik enerjisi ilə təmin etməyə imkan verəcəkdir. Bu GES analoji çıxış gücünə malik ənənəvi yanacaqlarla işləyən istilik elektrik stansiyaları ilə müqayisədə 800.000 tona qədər zərərli qaz qatışıqlarının atmosfərə atılmasının qarşısını almağa imkan verir.

Ədəbiyyatlarda Azərbaycanca günəş enerjisindən istifadə edilməsi imkanları GES-larının tikilib istifadəyə verilməsi və bu məqsədlə Respublika sənayesindəki elektrotexnika zavodlarının müxtəlif detal və hissələrinin istehsalında və quraşdırılma işlərində yaxından iştirak etməsi perspektivliyinə dair nəticə çıxarılır.

PK-ların üstünlüyü onların həm faset şüşədən, həm də səthi elektrikli cilalanmış alüminium və ya paslanmayan polad vərəqdən hazırlanmasıdır.



**Şəkil 14.3.** Faset tipli parabolosilindirik konsentrator.

Vərəqələrin qalınlığı adətən 1-2 mm intervalında olur. Bunları nəzərə alaraq eksperiment məqsədilə həm faset tipli, həm də paslanmayan polad vərəqədən azimutal və zenital günəş izləyici sistemlərlə təchiz olunmuş 2 ədəd parabolosilindirik konsentrator işlənilib hazırlanmışdır.

Konsentratorların istehsalat şəraitində şüşədən hazırlanması çox böyük çətinliklər törədir. Yəni PK formasını (tələb olunan açılma bucağına malik parabolosilindirik səth) almaq üçün səthi dəqiqlik sinfinə uyğun olan xüsusi matris hazırlamaq tələb olunur. Hazırlanan matrislər isə şüşə üçün nəzərdə tutulduğuna görə onların sahəsi böyük olmur. Sahəsi nisbətən böyük olan (2-2,5m<sup>2</sup>-dan yuxarı) və bütöv şüşədən hazırlanan konsentratorların istehsalı, daşınması, quraşdırılması çətinlik törətməklə yanaşı, onların istismarı zamanı hər hansı bir səbəbdən konsentratorun qırılması, yenisi ilə əvəz olunması hər tərəfli problemlər yaradır. Bunları nəzərə alaraq, ədəbiyyatlarda müəlliflər tərəfindən kiçik sahəyə malik PK-ların (faset tipli) şüşədən hazırlanması göstərilmişdir. Bu zaman parabolosilindirik formaya salınmış şüşənin arxasında güzgü səthi almaq üçün onun həmin tərəfdən səthi vakuum şəraitində alüminium tozu vasitəsilə tozlandırılır, sonra isə bu təbəqənin dağılmaması üçün onun səthinə xüsusi qoruyucu lak çəkilir.



**Şəkil 14.4.** Paslanmayan polad vərəqədən hazırlanmış parabolosilindirik konsentrator.

PSGEQ-da günəş enerjisindən istifadə sahəsində müasir texnoloji proseslərin tətbiq olunması davam etməkdədir. Bu timsalla konik və trodial konsentratorların fokusunda günəş batareyaları yerləşdirməklə onların üzərinə düşən günəş şüası selinin sıxlığını bir neçə dəfə artırılaraq bunun hesabına kiçik ölçülü günəş batareyalarından böyük miqdarda elektrik enerjisi alınması böyük maraq doğurur.

Tədqiqatçılardan İ.M.Abuev, İ.İ.Koxova və başqaları öz işlərində konsentratorun fokusunda yerləşdirilmiş termoelektrik generatordan elektrik enerjisi və istilik borusundan istifadə etməklə istilik

enerjisinin alınması proseslərini tədqiq edərək, bu cür enerji çevirici qurğunun əsas energetik parametrlərinin təyin olunması məsələsini araşdırmışdılar. Müəllif təfindən PSGEQ-nun silindrik formalı helioreaktorunun eksergetik nöqtəyi nəzərdən analizi aparılaraq müxtəlif temperaturalara malik çoxlu sayda şüa selinin toplandığı həmin səthdə eksergetik itkilərin təyin olunması yollarını göstərmişdir.

GŞES-nin ixtiyari dəyişməsi zamanı müxtəlif kənd təsərrüfatı və sənaye məhsullarını termiki emal etmək məqsədi daşıyan günəş istilik qurğularının çıxış parametrlərinin dəyişmə mexanizminin öyrənilməsi müstəsna əhəmiyyət kəsb edir. Baxmayaraq ki, hələlik günəş enerjisinin göstərilən istiqamətdə tətbiqinə dair görülmüş işlər o qədər də çox deyildir, lakin ədəbiyyatda bu sahədə görülmüş maraqlı işlərə rast gəlinir. Bu mənada B.M.Oçilov və s. müəlliflər tərəfindən aparılmış PK istifadə etməklə südün istilik emalına dair tədqiqatlar böyük maraq doğurur. Bu işdə istilikdaşıyıcı məqsədlə qapalı dövrə üzrə təbii şəkildə dövr edən qliserindən istifadə edilir. İstilikdəyişdiricidə qliserindən südə istiliyin ötürülmə əmsalı əsasən qliserinin dövr etmə sürətindən asılıdır. Lakin bu işdə GŞES-nin gün ərzində stoxastik şəkildə dəyişməsi zamanı prosesin istilik rejiminin pozulma anları nəzərdən keçirilməmiş və qliserinin təbii olaraq dövr etdiyi, GŞES-nin isə qeyd olunduğu şəkildə

dəyişdiyi hallarda istilikdaşıyıcı və süd arasında gedən istilik mübadiləsi prosesinin necə optimallaşdırılmasının mexanizmi aydınlaşdırılmamışdır. Ondan başqa adı çəkilən işdə PK dəqiq olaraq cənuba doğru yönəldiyi və üfüqə nəzərən təcrübə yerinin coğrafi en dairəsinə bərabər bucaq altında yerləşdiyi üçün, bu zaman həm gün ərzində, həm də mövsümi eninə ( $\alpha$ ) və uzununa ( $\beta$ ) bucaq fokus dəyişmələri sayəsində qurğunun istilik-energetik balansının parametrlərinin pisləşməsi nəzərə alınmamışdır.

Bir çox hallarda günəş şüalarını maksimal udulmasını təmin etmək məqsədilə PSGEQ-nun helioreaktorunun üzərinə qara rəng və selektiv təbəqə çəkirlər. Yüksək keyfiyyətə malik selektiv optik səth almaq üçün helioreaktorların səthinə əsasən nikel, xrom, vanadium, titan və s. Okislərdən ibarət olan çox nazik dielektrik təbəqə (ümumi qalınlığı günəş spektrinin maksimum dalğa uzunluğuna yaxın qiymətindəki 0,5-0,6 mikron olan) çəkilərək selektiv optik səth alınır.

Müəlliflər tərəfindən aparılmış təcrübələrdə PSGEQ-nun helioreaktorunu 4 variantda hazırlayaaraq onların səthinə  $\text{Cu}+\text{Ni}+\text{SiO}_2+\text{Ni}+\text{SiO}_2$  və ya  $\text{Cu}+\text{Ni}+\text{ZnS}$  tipli selektiv təbəqələr çəkmişlər ki, bunun da sayəsində  $300^\circ\text{S}$  və daha yüksək temperaturun alınmasının mümkünliyünü aşkar etmişdir.

Ədəbiyyatda irəlicədən vakuumlaşdırılmış helioreaktorunun səthinə çəkilmiş keyfiyyətli selektiv



təbəqənin hesabına PSGEQ-nun f.i.ə.-nin 50%-ə qədər çatdırılmasının mümkünlüyü öz əksini tapmışdır. Selektiv təbəqənin sınaqları zamanı aşkar edilmişdir ki, 300°S temperatur rejimində işləyərkən təbəqə getdikcə deqradasiyaya uğrayır və onun xassələri pisləşir. Odur ki, praktiki olaraq belə qurğunun ümumi f.i.ə. 35%-dən yuxarı keçə bilmir.

Selektiv təbəqələr indi müxtəlif üsullarla yaradılır, məsələn qara nikelin çox nazik pərdəsini elektrokimyəvi çəkmə ilə və ya metal və oksidlərin bir neçə çox nazik pərdələrini yüksək vakuumda buxarlandırmaq yolu ilə. Bundan əlavə yüksək temperatur almaq üçün helioreaktoru şəffav molibden şüşə boruda yerləşdirirlər və bu zaman onun xarici səthi ilə şüşə borunun daxili səthi arasında qalan boşluğu vakuumlaşdırırlar ki, bunun da nəticəsində konsentratorun səthindən helioreaktora əks olunan günəş şüaları selinin yaratdığı istiliyin konveksiya yolu ilə itməsinin qarşısı alınır.

Konsentratorun səthindən əks olunan günəş enerjisinin istiliyi şüşə borudan keçərək helioreaktoru şüa qəbul edən səthində toplanır. Buradan isə müəyyən həcmdə istilik helioreaktoru üst hissəsindən konveksiya və şüalanma yolu ilə itməyə başlayır. Bəzi ədəbiyyatlarda bu istilik itkisinin aradan qaldırılması məqsədilə daxilində helioreaktor olan şüşə borunun üst hissəsini müxtəlif izoləedici materiallarla keramik təbəqə, şüşə pambıq, probka və.s ilə örtürlər. Bu zaman izolə qatı ilə örtülmüş

hissənin sahəsi helioreaktorun ümumi sahəsinin 2/3 hissəsindən çox olmamalıdır.

## **15. PARABOLOSİLİNDRİK KONSENTRATORUN İSTİLİK-ENERGETİK XARAKTERİSTİKALARININ KONSTRUKTİV, HƏNDƏSİ, OPTİK VƏ KLİMATİK PARAMETRLƏRDƏN ASILI OLARAQ DƏYİŞMƏ MEXANİZMİNİN TƏYİNİ**

Günəş enerjisini, yer səthində istifadə olunması bir sıra çətinliklərlə müşahidə olunur. Yer şəraitində günəş enerjisinin istifadəsini məhdudlaşdıran əsas amil günəş şüalarının yer səthinə düşməsinin qeyri sabitliyidir.

Günəş qurğularını layihələndirilərkən və hazırlayarkən GŞES həm uzunmüddətli tədrici (səmanın aydın olduğu hallarda), həm də qısa müddət ərzində stoxastik (yarımbuludlu hava şəraitində müşahidə olunan) dəyişmələrini nəzərə almaq gərəkdir.

GŞES-nın orta günlük, orta aylıq, mövsümi və orta illik həddləri isə təyinatından asılı olmayaraq yer üzərində fəaliyyət göstərən hər hansı günəş enerjisi ilə işləyən qurğunun iqtisadi və ehtiyat xarakteristikalarını qiymətləndirmək üçün lazım gəlir.

GŞES-nın stoxastik formada dəyişməsi zamanı onun amplitudası en dairəsindən asılı olaraq, çox geniş intervalda ( $100 \text{ Vt/m}^2$ -dan  $1000 \text{ Vt/m}^2$ -a qədər) pulsasiya edir ki, bu da qurğunun iş rejimi-

nin və təbii ki, onun orta günlük məhsuldarlığının və həmçinin bütünlüklə sistemin etibarlığının azalmasına gətirib çıxarır.

GŞES-nin göstərilən şəkildə dəyişməsi zamanı çıxış parametrlərinin daha kəskin dəyişməsi hamarlayıcı və akkumulyasiyaedici avadanlıqları olmadan birbaşa fotoelektrik cərəyan mənbəyindən qidalanan günəş qurğularında, müxtəlif ərimə və kristallaşma temperaturlarına malik yarımkeçirici materiallardan monokristal göyərtmək məqsədi daşıyan yüksəktemperaturlu günəş qurğularında və s. qurğularda müşahidə olunur.

Bunları nəzərə alaraq hazırki dissertasiya işində xam neftin emala hazırlanması üçün istifadə olunan PSGEQ-nun energetik xarakteristikalarının GŞES-nin, PK-un və boruşəkilli helioreaktorun, konstruktiv parametrlərinin və həmçinin PK-un həndəsi parametrlərin ixtiyari şəkildə dəyişməsindən asılı olaraq dəyişmə mexanizmi öyrənilmişdir.

Modullar özlərinin simmetriya müstəvilərinə nəzərən bir-birinə paralel şəkildə yerləşdirilmiş, helioreaktorları isə istilikdaşıyıcısının hərəkət etdiyi xətt üzrə bir-birinə paralel qoşulmuşlar. Hər modul ayrıca gövdə üzərində yerləşdirilmişdir, hansılar ki, bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədədirlər və izləyici qurğunun vasitəsilə günəşin səmadakı bucaq koordinatlarının dəyişməsinə uyğun olaraq gün ərzində sinxron şəkildə özlərinin həndəsi vəziyyətlərini dəyişirlər. Bunun sayəsində PK-un hər iki modulunun  $\alpha$

və  $\beta$  bucaq fokusdəyişmələrinin xeyli dərəcədə azalmasına nail olunur. Həmin xətalari nəzərə almasaq, onda PK-un energetik xarakteristikalarına ən çox təsir göstərən bucaq xətası konsentratorun hazırlanmasının qeyri dəqiqliyi ilə əlaqədar olan xəta dır ( $\gamma$ ) və həmin bucaq xətası PK-u hazırlayan zavod tərəfindən verilir [99]. Real halda günəş şüalarının yekun bucaq xətası təkcə həndəsi xəta  $\gamma$ -dan deyil, həm də günəşin izlənməsi zamanı yol verilən bucaq xətasından  $\psi$  və günəş dairəsinin (diskinin) görünmə yarım bucağından  $\varphi_0$  (bu faktor əsasən PK-un fokus məsafəsi düzgün seçilmədiyi hallarda özünü göstərir) asılıdır. Bizim halda avtomatik izləyici qurğudan istifadə olunduğu üçün  $\psi$  bucağının hesabına baş verən bucaq xətasını nəzərə almamaq olar.

Lazımı hesabları aparmaq və qurğunun ayrı-ayrı parametrləri arasında olan qrafik asılılıqları aşkar etmək üçün məlum hesabat metodikadan istifadə olunmuşdur. Həmin metodikaya əsasən konsentrasiya dərəcəsi aşağıdakı empirik düsturdan istifadə etməklə təyin olunur.

$$C = \frac{S_{pk}}{S_{hr}}, \quad (15.1)$$

Burada,

$S_{pk}$  və  $S_{hr}$ - uyğun olaraq PK-un və helioreaktorun aktiv şüa qəbuledici səthlərinin sahəsidir.

Boruşəkili helioreaktor üçün  $S_{pk}$  və  $S_{hr}$ -un qiymətləri aşağıdakı tənliklərdən təyin oluna bilər.

$$S_{pk} = 2r_{pk} \cdot L,$$

$$S_{hr} = \frac{2}{3} \pi r_{hr} \cdot L \cdot K(U_0, \varphi_0, \gamma), \quad (15.2)$$

Burada,  $r_{pk}$ -normal istiqamətdə PK-un ixtiyari kənar nöqtəsindən simmetriya müstəvisinə qədər olan məsafə;  $r_{hr}$ -helioreaktorun radiusu;  $L$ -PK-un və helioreaktorun uzunluqları, hansılar ki, öz aralarında bərabərdirlər;  $K(U_0, \varphi_0, \gamma)$ -konsentratorun açılma bucağından  $U_0$ , həmçinin  $\varphi_0$  və  $\gamma$  bucaqlarından asılı olan əmsaldır.

$K$  əmsalı verilmiş  $U_0, \varphi_0, \gamma$  parametrlərinə malik hər bir PK konstruksiyası üçün ayrıca qiymət olan sabit kəmiyyət olmaqla ücdəyişənli funksiya kimi aşağıdakı tənliklərlə təyin olunur.

$$K = \frac{U_0 + 90^\circ - \varphi_0 - 2\gamma}{180}, \quad (15.3)$$

(15.3) ifadəsində əsas parametr olan  $U_0$  parametrini  $0^\circ$ -dən  $90^\circ$ -yə qədər dəyişdikdə  $K$  əmsalının ədədi, qiyməti münasib olaraq  $0,5 \leq K \leq 1,0$  intervalında dəyişir. Bizim halda  $U_0 = 60^\circ$ ;  $\varphi_0 = 16'$  və əvvəlcədən aparılmış təyinata əsasən  $\gamma$ -nın  $15' \leq \gamma \leq 25'$  intervalında dəyişdiyini nəzərə alsaq,  $K = 0,829$  alınır. Ondan başqa, baxılan halda PK-un fokal oxu

helioreaktorun oxu ilə üst–üstə düşür, odur ki, PK-un açılma bucağının qeyd olunan qiymətində ( $U_0=60^0$ ) helioreaktorun aktiv şüaqəbuledici səthinin sahəsi onun səthinin sahəsinin ( $S_{hr}^{um} = 2\pi r_{hr} \cdot LK$ )  $1/3$ -nə bərabərdir. Bununla əlaqədar olaraq (15.2) tənliyinə  $2/3$  əmsalı daxil edilmişdir. (15.2) tənliyində (15.3) şərtini  $r_{pk}=0,41$ ;  $r_{hr}=0,025m$ ;  $L=3,0m$  qiymətlərini nəzərə alsaq,  $S_{pk}=2,46m^2$  və  $S_{hr}=0,13m^2$  olur. helioreaktorun şüaqəbuledici səthinin maksimal mümkün olan sahəsi isə, bu zaman  $S_{hr}^{maks} = 0,195m^2$  təşkil edir, hansı ki, aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$S_{hr}^{maks} = \frac{1}{2} S_{hr}^{um} \quad (15.4)$$

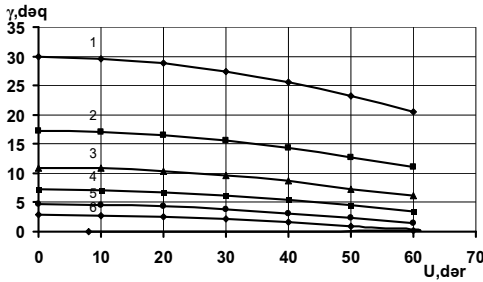
Bizim istifadə etdiyimiz PK üçün konsentrasiya dərəcəsinin real qiyməti (15.1) ifadəsinə əsasən  $C=19$  təşkil edir. İdeal hal üçün isə (bütün əks olunmuş şüa dəstələri PK-un fokal zolağında udulur) qeyd olunan konstruktiv və hündəsi parametrlərə malik PK-un konsentrasiya dərəcəsinin mümkün olan maksimal həddi  $C_{maks}=70,4$  təşkil edir. PK-un kənar zolaqları üçün hündəsi xəta konsentrasiya dərəcəsinin  $C=19$  qiymətində  $\gamma=22'$  təşkil edir, hansı ki, aşağıdakı düstur vasitəsilə təyin oluna bilər.

$$\gamma = \frac{1}{2} \left[ \frac{3438 \sin U_0 (1 + \cos U)}{\pi C \left( \frac{90^\circ + U_0}{180} \right) (1 + \cos U_0)} - \varphi_0 \right] \quad (15.5)$$

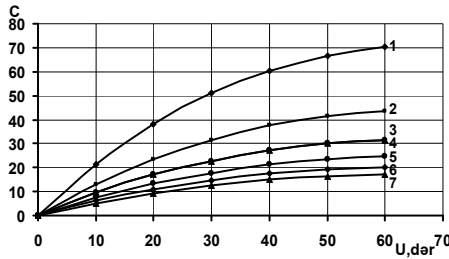
PK-un kənar zolaqları üçün  $\gamma$ -nın qiymətini təyin edərkən (15.5) tənliyində  $U_0=60^\circ$  və  $U=U_0$  olduğu nəzərə alınmışdır. Analoji şəkildə PK-un aralıq zolaqları üçün də  $\gamma$ -nın qiymətləri təyin edilmişdir, xüsusən, münasib olaraq açılma bucaqlarının  $U=0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$  və  $50^\circ$  qiymətləri üçün. Hesabat konsentrasiya dərəcəsinin aşağıdakı fiksə olunmuş qiymətlərində aparılmışdır:  $C=20, 30, 40, 50, 60$  və  $70$ . Hesabatdan alınmış nəticələrə əsasən  $\gamma$ -nın  $U$ -dan qrafik asılılıqlarının münasib əyrilər ailəsi qurulmuşdur, hansılar ki, şəkil 15.1-də təsvir olunmuşlar (1-6 əyriləri münasib olaraq qeyd olunan ardıcılıqla  $C$ -nin qiymətlərinə uyğun gəlir). Bundan başqa, həmçinin, həndəsi bucaq xətasının  $\gamma=0; 5'; 10'; 15'; 20'; 25'$  və  $30'$  qiymətli üçün konsentrasiya dərəcəsinin PK-un açılma bucağından asılılıq qrafikləri müəyyən edilmişdir. Alınmış qiymətlərə əsasən analoji qrafiki asılılıqlar ailəsi qurulmuşdur, hansılar ki, şəkil 15.2-də təsvir olunmuşlar (1-7 əyriləri qeyd olunan ardıcılıqla  $\gamma$ -nın qiymətlərinə uyğun gəlir).

Şəkil 15.1 və şəkil 15.2-nin müqayisəsindən göründüyü kimi hər iki halda qrafiklər qeyri xətti qanunauyğunluqla dəyişirlər, lakin birinci halda onlar qeyrixətti artırlar ikinci halda isə əksinə və

hər iki halda həndəsi xəta  $\gamma$  nə qədər az olsa, konsentrasiya dərəcəsi bir o qədər çox olur. Təsvir olunan əyrilərin analizindən görüldüyü kimi  $\gamma$ -nın 30' dən 15'-yə qədər azalması zamanı konsentrasiya dərəcəsi nisbətən zəif (15 dən 24,7-yə qədər), sonrakı azalması zamanı isə (15' dən 0-a qədər) kəskin şəkildə artaraq  $\gamma=0$  qiymətində özünün maksimal qiymətinə çatır.



**Şəkil 15.1.** Konsentrasiya dərəcəsinin müxtəlif qiymətlərində həndəsi xətanın konsentratorun açılma bucağından asılılığı.



**Şəkil 15.2.** Həndəsi xətanın müxtəlif qiymətlərində konsentrasiya dərəcəsinin konsentratorun açılma bucağından asılılığı.



Lakin, real şəraitdə konsentrasiya dərəcəsi 3035-dən yuxarı olmur və bu da həndəsi xətanın  $1-5' \leq \gamma \leq 30'$  qiymətlərinə uyğun gəlir, 30-35-dən yuxarı konsentrasiyanın əldə edilməsi üçün isə PK-dan ideal həndəsi mükəmməllik tələb olunur ki, bu da praktik olaraq mümkün deyil.

Sonrakı hesabatlar nəticəsində qurğunun ayrı-ayrı şəbəkələrinin bir sıra vacib parametrlərin optimal qiymətlərinin müəyyənləşdirilə bilməsi üçün  $U_0$ -ın verilmiş qiymətlərində ( $U_0=60^0$ ) konsentrasiya dərəcəsinin həndəsi xətdən asılılıq qrafiki qurulmuşdur, hansı ki, şəkil 15.3-də təsvir olunmuşdur. Şəkil 15.3-dən görüldüyü kimi konsentrasiya dərəcəsinin ədədi qiymətləri  $\gamma$ -nın artması zamanı eksponensial şəkildə azalırlar və əksinə, həm də bu zaman konsentrasiya dərəcəsinin  $C=19$  qiymətində həndəsi xəta  $\gamma=22'$ -yə bərabər olur ki, bu da  $\gamma$ -nın (15.5) düsturuna əsasən aparılmış hesabat nəticəsində alınmış qiymətinə kifayət qədər dəqiqliklə uyğun gəlir.

Qurğunun istilik energetik balansına nisbətən kəskin təsir göstərən amillərdən biri və başlıcası helioreaktorun konstruktiv parametrlərinin dəqiq seçilməsidir. Bunu əsas tutaraq hesabat yolu ilə  $U_0$ -ın müxtəlif fiksə olunmuş qiymətləri üçün PK-un konsentrasiya dərəcəsinin ( $C$ ) helioreaktorun xarici diametrindən ( $d_{hr}$ ) qrafik asılılıqları müəyyən edil-

mişdir. Hesabatı aparmaq üçün aşağıdakı empirik düsturdan istifadə edilmişdir.

$$C = 0,783 \frac{1}{Kd_{hr}'} \quad (15.6)$$

Burada: K-(15.3) düsturu vasitəsilə təyin olunan əmsal; 0,783-sabit kəmiyyətdir hansı ki, (15.1) və (15.2) düsturlarından təyin olunur və bu şəkildə yazıla bilər  $K = d_{hr} \cdot S_{pk} / S_{hr}$ . PK-un açılma bucağının seçilmiş fiksə olunmuş qiymətləri ( $U_0 = 20^0, 30^0, 40^0, 50^0$  və  $60^0$ ) üçün K əmsalı uyğun olaraq aşağıdakı ədədi qiymətləri alır:  $K = 0,611; 0,667; 0,722; \text{və } 0,833$ .

K-nın göstərilən qiymətlərini növbə ilə (15.6) tənliyində nəzərə almaqla  $U_0$ -ın bütün fiksə olunmuş qiymətləri üçün  $d_{hr}'$ -nin dəyişməsindən asılı olaraq konsentrasiya dərəcəsinin ədədi qiymətləri müəyyən edilmişdir. Alınmış nəticələrə əsasən C-nin  $d_{hr}'$ -dan olan qrafiki asılılıq əyrilərinin ailəsi qurulmuşdur, hansılar ki, şəkil 15.4-də təsvir olunmuşdur (1-5 əyriləri münasib olaraq qeyd olunan ardıcılıqla  $U_0$ -ın qiymətlərinə uyğun gəlir). Göründüyü kimi bütün əyrilər bərabər yanlı hiperbolaya uyğun gəlirlər ki, bu da C və  $d_{hr}'$  arasında əks mütənasib asılılığın olması ilə izah edilə bilər. Bu zaman  $U_0$  artdıqca əyrilər demək olar ki, bir-birinə paralel qalmaq şərti ilə konsentrasiya dərəcəsinin azaldığı tərəfə sürüşürlər.

Nəzərə alsaq ki, konsentrasiya dərəcəsi (15.1) tənliyindən başqa həm də aşağıdakı şəkildə təyin oluna bilər.

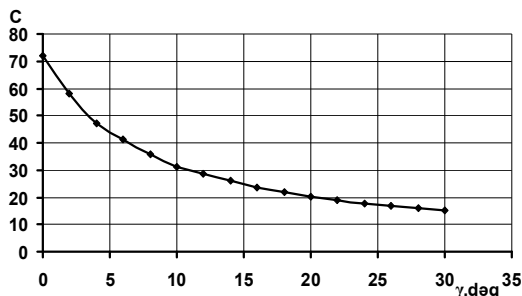
$$C = \frac{I_{hr}}{I S_{pk} R_{pk} \cdot \zeta} \quad (15.7)$$

bu tənlikdən, həmçinin  $E_{pk}=I \cdot S_{pk}$  və  $E_{hr}=E_{pk} \cdot R_{pk} \cdot \zeta$  empirik düsturlarından istifadə etməklə, hesabat yolu ilə konsentrasiya dərəcəsinin və helioreaktorun diametrinin müxtəlif fiksə olunmuş qiymətlərində  $E_{pk}$ ,  $E_{hr}$  və  $I_{hr}$  kəmiyyətinin  $I$ -dən qrafiki asılılıqları müəyyən edilmişdir.

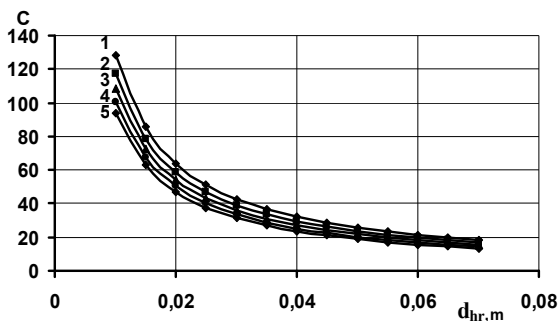
(15.7) tənliyində və empirik düsturlarda:  $I$ -GŞES-nin uyğun en dairəsindəki qiyməti,  $Vt/m^2$ ;  $E_{pk}$ -PK-un bir modulunun səthinə düşən günəş şüalarının gücü,  $Vt$ ;  $E_{hr}$ -konsentrasiya edilmiş günəş şüalarının helioreaktorun səthindəki gücü,  $Vt$ ;  $I_{hr}$ -konsentrasiya olunmuş günəş şüalarının enerjisinin helioreaktorun şüa qəbul edən səthindəki sıxlığı,  $Vt/m^2$ .

Hesabat  $C$  və  $d_{hr}'$ -in aşağıdakı fiksə olunmuş qiymətləri üçün mərhələrlə aparılmışdır: 1)  $C=47,0$ ;  $d_{hr}'=0,02$ ; 2)  $C=37,6$ ;  $d_{hr}'=0,025$ ; 3)  $C=31,3$ ;  $d_{hr}'=0,03$ ; 4)  $C=26,9$ ;  $d_{hr}'=0,035$ ; 5)  $C=23,5$ ;  $d_{hr}'=0,04$ ; 6)  $C=20,9$ ;  $d_{hr}'=0,045$ ; 7)  $C=19,0$ ;  $d_{hr}'=0,05$ . Bu zaman GŞES-in qiymətlərinin  $\Delta I=100$   $Vt/m^2$  addımla  $400Vt/m^2$ -dan  $1000Vt/m^2$ -a qədər intervalda dəyişməsi nəzərə alınmışdır. Hesabat aparılır-

kən GŞES-in  $400\text{Vt/m}^2$ -dan aşağı qiymətlərinin nəzərə alınmaması onunla izah olunur ki, I-nin  $400\text{Vt/m}^2$ -dan aşağı qiymətlərində qurğunun optimal iş rejimi pozulur və bu cür hal uzun müddət ərzində davam edərsə ( $\sim 30$ dəq və daha çox) onun işi tamamilə dayanır.



**Şəkil 15.3.** PK–un konsentrasiya dərəcəsinin həndəsi xətdən asılılığı.



**Şəkil 15.4.** Konsentratorun açılma bucağının müxtəlif qiymətlərində konsentrasiya dərəcəsinin helioreaktorun diametrlərindən asılılığı.

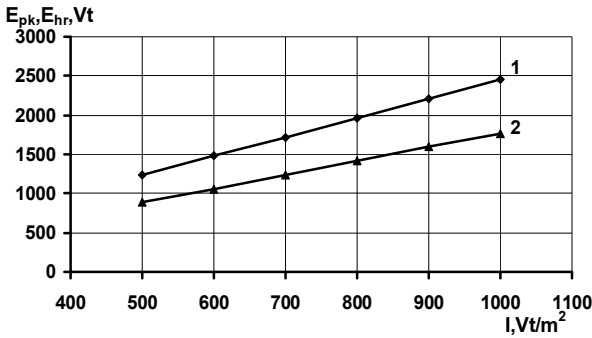
Alınmış nəticələrə əsasən münasib qrafik asılılıqlar ailəsi qurulmuşdur, hansılar ki, şəkil 15.5 və şəkil 15.6-da təsvir olunmuşlar. O cümlədən şəkil 15.5-də  $E_{pk}$  (1 əyrisi) və  $E_{hr}$ -nin (2 əyrisi) I-dən asılılıq qrafikləri (bu qrafiklər  $C$  və  $d_{hr}'$ -dən asılı deyillər), şəkil 15.6-da isə  $C$  və  $d_{hr}'$ -nin göstərilən fiksə olunmuş qiymətlərində  $I_{hr}$ -nin I-dən asılılıq qrafiklərinin əyrilər ailəsi (1-7 əyriləri, münasib olaraq) təsvir olunmuşdur. Şəkil 15.5 və şəkil 15.6 – dan görüldüyü kimi necə  $E_{pk}$  və  $E_{hr}$ , eləcə də  $I_{hr}$  GŞES-nin artmasından asılı olaraq xətti şəkildə artırlar, ondan başqa helioreaktorun diametri artdıqca  $I_{hr}$ -nin I-dən qrafik asılılıqlar ailəsinin əyriləri  $I_{hr}$ -nin azaldığı tərəfə sürüşürlər və GŞES-nin böyük qiymətlərində qeyd olunan sürüşmə daha aşkar şəkil alır ki, bu da konsentrasiya dərəcəsinin  $d_{hr}'$ -in aşağı qiymətlərində, onun böyük qiymətlərinə nisbətən daha kəskin şəkildə dəyişməsi ilə izah olunur. Bu isə öz növbəsində göstərilən parametrlərə həndəsi xəta bucağının nə dərəcədə təsir göstərməsi ilə əlaqədardır.

Boruşəkilli helioreaktordan istifadə edərkən süaəqəbuledici səthinin helioreaktor tərəfindən kölgələnməsi sayəsində PK-un çıxış parametrlərinin dəyişməsinin öyrənilməsi də az əhəmiyyət kəsb eləmir. Bu məqsədlə  $d_{hr}'$ -nin  $\Delta d_{hr}'=0,025$  addımla 0-dan 0,225m-ə qədər intervalda dəyişməsi zamanı

aldığı müxtəlif fiksə olunmuş qiymətlərdə hesabat yolu ilə PK-un səthindən istifadə olunma əmsalı ( $\mu$ ) müəyyən edilmişdir. Hesabat aşağıdakı düstura əsasən aparılmışdır.

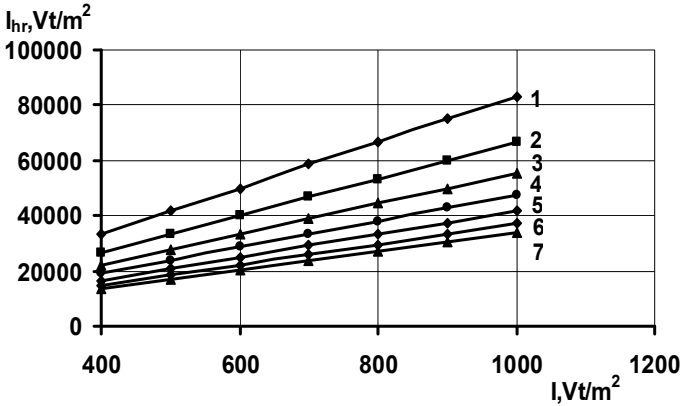
$$\mu = \frac{S_{pk} - S_{hr}}{S_{pk}}, \quad (15.8)$$

Analoji şəkildə  $d_{hr}'$ -in yuxarıda qeyd olunan qiymətləri üçün PK-un helioreaktor tərəfindən kölgələnmə əmsalının ( $\nu$ ) qiymətləri hesablanmışdır. Hesabat aşağıdakı empirik düsturdan istifadə etməklə aparılmışdır.



**Şəkil 15.5.** PK–un bir modulunun səthinə düşən günəş şüalarının gücünün

(1) və konsentrasiya edilmiş günəş şüalarının helioreaktorun səthindəki gücünün (2) GŞES-dan asılılığı.



**Şəkil 15.6.** Konsentrasiya dərəcəsinin və helioreaktorun diametrinin fiksə olunmuş qiymətlərində konsentrasiya olunmuş şüa selinin helioreaktorun şüa qəbuledən səthindəki sıxlığının GŞES–dan asılılığı.

$$v = \frac{S_{hr}}{S_{pk}}, \quad (15.9)$$

(15.8) və (15.9) düsturlar üzrə aparılmış hesabatdan alınmış nəticələr əsasında  $\mu$ -nün (1-əyrisi) və  $v$ -nün (2-əyrisi)  $d_{hr}'$ -dən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur, hansılar ki, şəkil 15.7-də təsvir olunmuşlar. Göründüyü kimi helioreaktorun diametrinin artması ilə PK-un kölgələnmə əmsali xətti qanunauyğunluqla artır, PK-un səthindən istifadə əmsalinin qiyməti isə, əksinə xətti azalır ki, bu da PK-un helioreaktorda istifadə olunan faydalı gücünün analoji azalmasına səbəb olur. Hər iki xarakte-

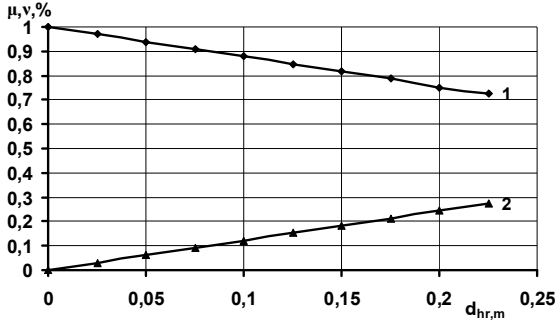
ristika günəşin gedişini izləyən qurğunun tətbiq olunduğu hal üçün qurulmuşdur. Lakin, izləyici sistemin olmadığı hal ilə müqayisə edə bilmək məqsədilə həm də helioreaktorun diametrinin fiksə olunmuş  $d_{hr}'=0,025; 0,05; 0,075$  və  $1,0$  qiymətləri üçün  $\mu$  və  $\nu$ -nün günəş şüalarının düşmə bucağından ( $\alpha$ ) asılılıq qrafikləri qurulmuşdur. Hesabat günəş şüalarının PK-un səthində Lambert qanunu üzrə paylandığı hal nəzərə alınmaqla aparılmışdır və bu zaman  $\alpha$ -nın qiyməti  $\Delta\alpha=10^0$  addımla  $30^0 \leq \alpha \leq 150^0$  intervalında dəyişdirilmişdir. Hesabat aparmaq üçün aşağıdakı formullardan istifadə olunmuşdur.

$$\mu = \frac{\mu_{maks} \sin^2 \alpha}{1 + \cos^2 \alpha}$$

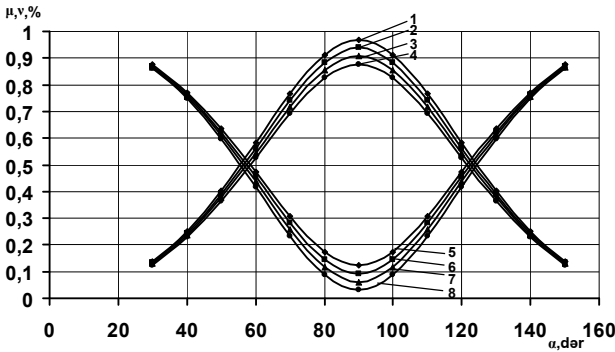
$$\nu = (1 - \mu) \quad (15.10)$$

Burada:  $\mu_{maks}$   $\mu$ -nün aldığı maksimal qiymətlər  $d_{hr}'$ -in yuxarıda göstərilən fiksə olunmuş qiymətləri üçün uyğun olaraq  $\mu_{maks} = 0,9695; 0,939; 0,9085;$  və  $0,878$  təşkil edir.  $\alpha$ -nın dəyişmə intervalının qeyd olunan minimal ( $\alpha_{min}=30^0$ ) və maksimal ( $\alpha_{maks}=150^0$ ) həddlər daxilində seçilməsi onunla izah olunur ki,  $\alpha$  bucağının  $30^0 > \alpha > 150^0$  qiymətlərində baxılan qurğuda PK-un səthini helioreaktor kölgələndirmir.





**Şəkil 15.7.** Günəş izləyici sistemin olduğu hal üçün PK-un səthindən istifadə olunma əmsalının (1) və PK-un helioreaktor tərəfindən kölgələnmə əmsalının (2) helioreaktorun xarici diametrindən asılılığı.



**Şəkil 15.8.** İzləyici sistemin olmadığı hal üçün HR-un diametrinin müxtəlif qiymətlərində PK-un səthindən istifadə əmsalının (1-4 əyriyələri) və PK-un helioreaktor tərəfindən kölgələnmə əmsalının (1-5 əyriyələri) günəş şüalarının düşmə bucağından asılılığı.

Şəkil 15.8-də  $d_{hr}'$ -in müxtəlif qiymətləri üçün  $\mu$  və  $v$ -nün  $\alpha$ -dan asılılıq qrafikləri təsvir edilmişdir (1-4 və 5-8 ə-yiriləri münasib olaraq qeyd olunan ardıcılıqla  $d_{hr}'$ -in dəyişməsinə uyğun gəlir). Şəkil 15.8-dan göründüyü kimi  $\alpha$ -nın qiyməti qeyd olunan interval daxilində artdıqca əvvəlcə, ( $30^0 \leq \alpha \leq 90^0$  olduqda) bütün hallar üçün  $\mu$ -nün qiymətləri (1-4 ə-yiriləri) sinusoidal qanunauyğunluqla artır və  $\alpha=90^0$  olduqda maksimal həddə çatır,  $v$  isə (5-8 ə-yiriləri) eyni qanunauyğunluqla azalır və  $\alpha=90^0$  olduqda minimal həddə çatır, sonra ( $90^0 \leq \alpha \leq 150^0$  olduqda) isə  $\mu$  və  $v$ -nün ədədi qiymətləri simmetrik olaraq əks istiqamətdə dəyişirlər, yəni  $\mu$ -nün qiymətləri sinusoidal qanun üzrə azalır və  $\alpha=150^0$  olduqda minimal həddə çatır,  $v$  isə, əksinə eyni qanunauyğunluqla artaraq  $\alpha=150^0$  olduqda maksimal həddə çatır. Göründüyü kimi günəş şüalarının düşmə bucağı qeyd olunan intervalda dəyişərkən, bütün hallarda  $\mu$  və  $v$ -nün qiymətləri kifayət qədər geniş intervalda (0,13-dən 0,9695-ə qədər) dəyişir ki, bu da günəş izləyici qurğudan istifadə etmədikdə işıqlanma şəraitinin və nəticə etibarlı ilə PK-un çıxış parametrlərinin günəş izləyici qurğudan istifadə edildiyi halla müqayisədə xeyli dərəcədə pisləşdiyini göstərir. Ondan başqa, düşmə bucağının  $\alpha=90^0$  qiymətində  $d_{hr}'$ -in dəyişməsinə qarşı həm  $\mu$ , həm də  $v$  daha həssasdırlar,  $\alpha$  qeyd olunan qiymətdən sola

(azalan istiqamətdə) və sağa (artan istiqamətdə) tərəf dəyişdikdə isə  $\mu$  və  $v$ -nün  $d_{hr}'$ -ə qarşı olan həssaslıqları tədricən azalır və  $30^0 > \alpha > 150^0$  həddlərində (bizim nəzərdən keçirmədiyimiz oblast) sifıra yaxınlaşır.

PK-un mövsümi və orta illik enerji ehtiyatlarını təyin etmək, həmçinin günəş parıltısı saatlarından istifadə olunma əmsalının ( $\alpha$ ), günəş parıltısı saatlarının işçi müddəti ərzində PK-un səthinə düşən günəş şüalarının ümumi enerjisinin istifadə olunma əmsalının ( $\eta_{pk}$ ) və günəş parıltısı saatlarının işçi müddəti ərzində konsentrasiya olunmuş günəş şüalarının ümumi enerjisinin helioreaktorda istifadə olunma əmsalının  $\eta_{hr}$  mövsümi və orta illik dəyişmə mexanizmlərini öyrənmək məqsədilə ilin müxtəlif fəsiləri üçün GŞES-nin orta günlük dəyişməsinə uyğun gələn "etalon" tipli xarakteristikalar qurulmuşdur, hansılar ki, şəkil 15.9-da təsvir olunmuşdur (1 əyrisi yay, 2 əyrisi yaz və payız, 3 əyrisi isə qış mövsümü üçün olan orta qiymətlər əsasında qurulmuşdur). GŞES-nin ölçülməsi 22 iyun 2004 il tarixindən 22 iyun 2005 il tarixə qədər müddət ərzində qurğunun yerləşdiyi yerdə ( $40^0 26' 14''$  ş.e.d) aparılmışdır. Ölçmələr həm əl ilə (aktinometr və qalvanometr vasitəsilə), həm də avtomatik (H339 tipli özüyazan cihazdan istifadə etməklə) olaraq aparılmışdır. Avtomatik ölçmələr apararkən günəş şüalanması vericisi kimi sahəsi  $1\text{m}^2$  olan və

diffuziya radiasiyasından mühafizə məqsədilə xüsusi borucuq içərisində yerləşdirilmiş silisium fotoelementdən istifadə edilmişdir, hansı ki, PK-un gövdəsinə bərkidilmiş və bununla da avtomatik olaraq günəşin səmada hərəkətini izləmək imkanı ilə təmin olunmuş lövhə üzərində yerləşdirilmişdir.

Şəkil 15.9-da qeyd olunan bütün nöqtələrdə GŞES-nin orta riyazi qiymətini almaq üçün ölçmələr aparılmışdır. Aktinometrik ölçmələr səmanın aydın olduğu vaxtda aparılmışdır, yarımbuludlu hava şəraitində isə özüyazan cihazın diaqramm lentində olan gün ərzində qeyd olunan fasiləsiz gediş xətlərinin orta qiymətləri götürülmüşdür (nəzərdən keçirilən qurğu birbaşa günəş şüaları ilə işlədiyi üçün tam tutqun günlərdə ölçü aparılmamış, lakin orta qiymət çıxarırlarkən belə günlər nəzərə alınmışdır).

Şəkil 15.9-dan göründüyü kimi yay mövsümü üçün GŞES-nin  $400\text{Vt/m}^2$ -dan yuxarı qiymətlərində qurğunun işinin orta günlük davamiyyəti 9 saat, yaz-payız və qış mövsümləri üçün isə, uyğun olaraq 4 saat 55 dəq və 3 saat 18 dəq təşkil edir.

**Cədvəl 15.1.** PK-un və helioreaktorun istilik-energetik parametrlərinin mövsümi və orta illik qiymətlərinin hesabatdan alınmış nəticələri.

Parametrlər	Yay	Yaz–Payız	Qış	Orta illik
$N_i$ ,saat	824,0	897,0	297,0	2018,0
$N_{qi}$ ,saat	129,0	247,0	121,0	497,0
$N_{üm}$ ,saat	953,0	1144,0	418,0	2515,0
$\alpha$ , vah.his	0,865	0,784	0,71	0,802
$P_{og}^{pk}$ , kVt·s	16,0	5,22	1,76	7,06
$P_{og}^{hr}$ , kVt·s	11,52	3,76	1,27	5,08
$P_{om}^{pk}$ , kVt·s	1472,0	956,0	158,4	2585,0
$P_{om}^{hr}$ , kVt·s	1060,0	688,3	113,8	1861,2
$P_{üm}^{pk}$ , kVt·s	3297,5	3072,0	915,3	7284,8
$\eta_{pk}$ , vah.his	0,446	0,311	0,173	0,355
$\eta_{hr}$ , vah.his	0,321	0,224	0,124	0,255
$\eta_q$ , vah.his	0,72	0,72	0,72	0,72

Şəkil 15.9-da təsvir olunan "etalon" xarakteristikalarından istifadə etməklə və PK-un hər iki modulunun şüa qəbul edən səthlərinin birlikdə sahəsini, həmçinin qurğunun digər konstruktiv, texnoloji və hündəsi parametrlərini nəzərə almaqla PK-un enerji istehsalının və  $\alpha$ ,  $\eta_{pk}$ ,  $\eta_{hr}$  əmsallarının müvafiq mövsümi və orta illik qiymətləri müəyyən edilmişdir. Alınmış nəticələr cədvəl 15.1-də verilmişdir, harada ki,

$N_i$ -real işçi saatların miqdarı (günəş parıltısı saatlarının faydalı istifadə olunan hissəsi), saat;

$N_{qi}$ -qeyri işçi saatlarının miqdarı (günəş parıltısı saatlarının istifadə oluna bilməyən hissəsi), saat;

$N_{üm}$ -günəş parıltısı saatlarının ümumi miqdarı (200  $Vt/m^2$ -dan yuxarı qiymətləri üçün hesablanan), saat;

$\alpha$ -günəş parıltısı saatlarının istifadə olunma əmsalı ( $\alpha = N_i / N_{üm}$ ),

$P_{og}^{PK-G\text{ŞES}}$ -nin 400 $Vt/m^2$ -dan yuxarı qiymətlərində PK-un səthinə düşən günəş şüalarının enerjisinin orta günlük miqdarı,  $KVt \cdot \text{saat}$ ;

$P_{og}^{hr-G\text{ŞES}}$ -nin 400 $Vt/m^2$ -dan yuxarı qiymətlərində konsentrasiya olunmuş günəş şüalarının enerjisinin HR-da faydalı istifadə olunan hissənin orta günlük miqdarı,  $KVt \cdot \text{saat}$ ;

$P_{om}^{PK-G\text{ŞES}}$ -nin 400 $Vt/m^2$ -dan yuxarı qiymətlərində PK-un səthinə düşən günəş şüalarının enerjisinin mövsümi və orta illik miqdarı,  $KVt \cdot \text{saat}$ ;

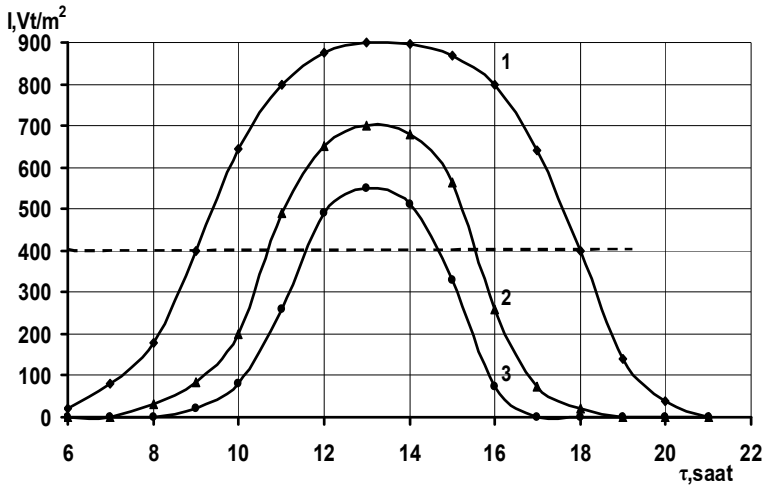
$P_{om}^{hr-P_{pk}}$  və  $\zeta$  nəzərə alınmaqla GŞES-nin 400 $Vt/m^2$ -dan yuxarı qiymətlərində konsentrasiya olunmuş günəş şüalarının enerjisinin HR-da faydalı istifadə olunan hissəsinin mövsümi və orta illik miqdarı,  $KVt \cdot \text{saat}$ ;

$P_{üm}^{PK-G\text{ŞES}}$ -nin 200 $Vt/m^2$ -dan yuxarı qiymətlərində PK-un səthinə düşən günəş şüalarının ümumi enerjisinin miqdarı,  $KVt \cdot \text{saat}$ ;

$\eta_{pk}$ -günəş parıltısı saatlarının işçi vaxtı ərzində PK-un səthinə düşən günəş şüalarının ümumi ener-

jisinin istifadə olunma əmsalı ( $\eta_{pk}=P_{om}^{pk}/ P_{\ddot{u}m}^{pk}$ ), vahidin hissəsi;

$\eta_{iq}$ -günəş parıltısı saatlarının işçi vaxtı ərzində konsentrasiya olunmuş günəş şüalarının ümumi enerjinin helioreaktorda istifadə olunma əmsalı ( $\eta_{hr}=P_{om}^{hr}/ P_{\ddot{u}m}^{pk}$ ), vahidin hissəsi;



**Şəkil 15.9.** Müxtəlif mövsümlər üçün GŞES-nin orta qiymətinin gün ərzində zamandan asılı olaraq dəyişmə əyriləri, 1-yay mövsümü üçün; 2-yaz və payız mövsümləri üçün; 3-qış mövsümləri üçün.

$\eta_q$ -helioreaktordan sonra gələn ayrı-ayrı funksional şəbəkələrdə, həmçinin istilikdaşıyıcının dövr etdiyi xətlərdə olan itkiləri nəzərə almadan qurğunun xüsusi f.i.ə. vahidin hissəsi;

Cədvəl 15.1-dən göründüyü kimi  $\alpha$ -nın qiyməti yay mövsümündən qış mövsümünə keçərkən 0,865%-dən 0,71%-ə qədər azalır ki, bu da qış mövsümündə tutqun, yaz-payız mövsümlərində isə yarımbuludlu günlərin sayının artması və bununla əlaqədar olaraq real işçi saatların ( $N_i$ ) miqdarının azalması, qeyri-işçi saatların ( $N_{qi}$ ) miqdarının isə münasib şəkildə artması ilə izah olunur. Yay mövsümündən qış mövsümünə keçərkən  $\eta_{pk}$  və  $\eta_{hr}$  əmsallarının qiyməti də münasib şəkildə azalır və bu əmsalların qiymətlərinin azalması  $\alpha$  ilə müqayisədə daha kəskin xarakter daşıyır. Bu onunla əlaqədardır ki, bu parametrlərin qiymətlərinə nəinki  $N_i / N_{\text{üm}}$  nisbətinin dəyişməsi həm də PK-un helioreaktorda istifadə olunan faydalı gücünün bir hissəsinin yay mövsümündən qış mövsümünə keçərkən istilik şüalanması şəklində itməsi təsir edir. Ondan başqa yay mövsümündən yaz-payız və qış mövsümlərinə keçərkən  $N_i$ -nin qiymətinin azalması ilə yanaşı həm də GŞES-nin maksimal orta günlük qiymətinin "məhdudlaşdırıcı" həddə ( $400 \text{ Vt/m}^2$ ) tərəf sürüşməsi baş verir ki, bu da onun faydalı istifadə olunan hissəsinin azalmasına gətirib çıxarır. Buna baxmayaraq  $\alpha$ ,  $\eta_{pk}$  və  $\eta_{hr}$ -un orta illik qiymətləri, günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevirən fotoelektrik və termoelektrik enerji çevircilərin analogi göstəriciləri ilə müqayisədə daha yaxşı SA-yıla bilər. Cədvəl 15.1-dən göründüyü kimi PK-un



istehsal etdiyi enerjinin və həmin enerjinin faydalı şəkildə helioreaktorda istifadə olunan hissəsinin orta illik miqdarı uyğun olaraq 2885,0 KVT·saat və 1861,2 KVT·saat təşkil edir. Bu isə o deməkdir ki əgər  $\eta_{pk}$  və  $\eta_{hr}$  əmsalları cədvəldə göstərilən həddə olan, səthlərinin ümumi sahəsi 100 m<sup>2</sup> bərabər çoxmodullu PK sistemindən istifadə olunarsa, onda istehsal olunan enerjinin orta illik miqdarı 52,6 MVT·saat-a, onun faydalı şəkildə helioreaktorda istifadə olunan hissəsinin miqdarı isə 37,8 MVT·saata çata bilər.

Qurğunun ümumi f.i.ə.-nin qiymətinə helioreaktorun xarici səthinin qaralıq dərəcəsi istilikdəyişdiricidə gedən istilik mübadiləsi prosesinin f.i.ə. istilik enerjisinin birləşdirici-kommunikasiya xətlərində cüzi şəkildə itməsi, həmçinin istilikdaşıyıcının məcburi dövr etməsinin təmin olunması ilə əlaqədar itkilər öz mənfi təsirini göstərir. Bu zaman qurğunun məxsusi f.i.ə. qeyd olunan itkiləri nəzərə almadıqda  $\eta_q=0,72\%$  təşkil edir, hansı ki, ilin mövsümündən asılı deyil (cədvəl 15.1), itkiləri nəzərə aldıqda isə bütünlükdə aparılan prosesin ümumi f.i.ə.  $\eta_{üm}=0,45-0,55\%$  intervalında dəyişir. Bunu nəzərə alsaq PK–un enerjisinin prosesin aparılması üçün istifadə edilən faydalı hissəsinin orta illik qiyməti ~1300 KVT·saat təşkil edir.

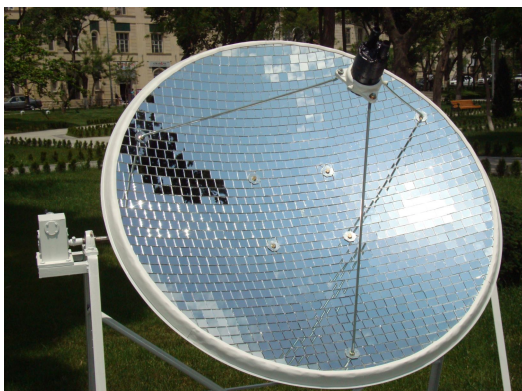
Helioreaktorun diametrini, istilikdəyişdiricinin və kommunikasiya xətlərinin konstruksiyasını də-

qıq seçməklə, həmçinin istilikdaşıyıcının qapalı dövrə üzrə hərəkətinin sürətini avtomatik olaraq tənzimləməklə GŞES–nın aşağı (məhdudlaşdırıcı) həddini  $400\text{Vt/m}^2$ -dan  $300\text{Vt/m}^2$ -a qədər azaltmaq olar. Bu, eyni kənar şərtlər daxilində, yəni  $P_{\text{üm}}^{\text{PK}}$ -nin eyni mövsümi və orta illik qiymətlərində,  $P_{\text{om}}^{\text{hr}}$ -in mövsümi və orta illik qiymətlərinin xeyli dərəcədə artmasına səbəb olur ki, bu da öz növbəsində  $\eta_{\text{pk}}$  və  $\eta_{\text{hr}}$ -in qiymətlərinin münasib şəkildə artmasına cətirib çıxarır (məs: qurğu GŞES–nin  $300\text{--}900\text{ Vt/m}^2$  intervalında işlədikdə  $\eta_{\text{pk}}$  və  $\eta_{\text{hr}}$  əmsallarının qış fəslindəki orta mövsümi qiymətləri müvafiq olaraq  $0,173\%$  və  $0,124\%$ -dən  $0,355\%$  və  $0,255\%$ -ə qədər artırlar).

## 16. GÜNƏŞ PARABOLİK KONSENTRATORU

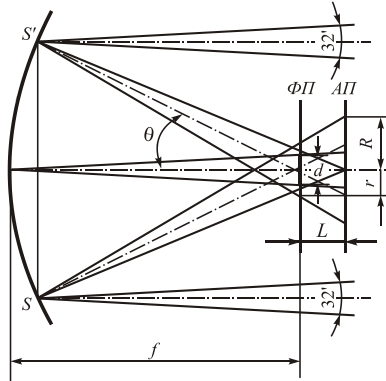
Günəş energetik qurğuları arasında ən yüksək temperatur əldə edilməsi məhz parabolik konsentrator vasitəsilə mümkündür. Konsentratorun səthinə düşən günəş şüalarının fokus nöqtəsinə cəmlənməsi hesabına  $3000\text{ }^{\circ}\text{S}$  və daha artıq temperatur əldə etmək mümkündür. Sahəsindən asılı olaraq parabolik konsentratorlar bütöv və ya faset tipli güzgülərdən hazırlana bilər. Tökmə şüşədən hazırlanan güzgülərdə dəqiqlik daha yüksək olması ilə yanaşı maya dəyəri də baha olur, lakin istismar və daşınma zamanı müxtəlif çətinliklər meydana çıxır.

Faset tipli konsentratorlarda işə açılma bucağının nisbətən kəskin dəyişməsi qayıdan şüaların bir nöqtəyə toplanma dəqiqliyini azaltsa da, iqtisadi cəhətdən daha ucuz və asan başa gəlir. Bu məqsədlə azimutal və zenital günəş izləyici sistemlərlə təchiz olunmuş faset tipli parabolik konsentrator işlənilib hazırlanmışdır. Qurğunun əyani görünüşü şəkil 16.1 - də verilmişdir.



**Şəkil 16.1.** Parabolik konsentratorlu günəş energetik qurğusunun əyani görünüşü.

Şüaların paralel istiqamətləndirilməsi və dəqiq əks olunması zamanı şüalar paraboloidin fokusunda toplanmalıdır.



**Şəkil 16.2.** Parabolik konsentratorun optik sxemi.

Belə ki, həqiqətdə günəş  $\varphi_0 = 32'$  bujaq diametrinə malik olduğundan, əksedirici dəqiq hazırlanmadığı üçün, eyni nöqtədən əks olunan şüalar öz aralarında müəyyən  $\varphi$  bujağı təşkil edirlər. Əksediricinin periferik (kənar) nöqtələrindən (nöqtə A) şüaların yayılma fərqi öz aralarında  $d_f$  diametrli fokal ləkə yaradır. Fokal ləkənin nisbi diametri aşağıdakı kimidir:

$$\frac{d_f}{D} = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{\varphi}{2} \right) - 1 \quad (16.1)$$

Burada  $\alpha$  -parabolunu əhatə edən bucaqdır.

Fokal ləkənin minimum həddi- $d$  aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\mu = \frac{d}{D} = \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha} \quad (16.2)$$

Göründüyü kimi  $\alpha = 90^\circ$  halında  $\mu$  ən kiçik həddə olur.

İdeal dəqiq əksətmə ( $\varphi = 32'$ ) olduqda olur

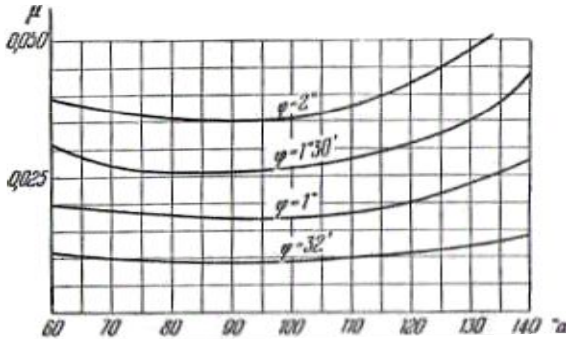
$$\mu_{\min} = \sin \varphi_0 = 0,00931$$

Əksətdirijinin praktiki dəqiq hazırlanmaması səbəbindən  $\varphi$  həddi  $1-2^0$ -yə çatır. Şəkil 16.3-də  $\mu = f(\alpha)$  müxtəlif  $\varphi$  hədləri üçün asılılığı verilmişdir.  $\alpha = 80/100^0$  həddində  $\mu$ -in qiyməti az dəyişir. Bu isə  $f$ -in fokus məsafəsini azaldır, uyğun olaraq istilik təsiri azalır.

Qeyd edək kaustik boyunjuğun diametrinin mütləq qiyməti çox kiçikdir.  $d$  və  $df$  səthləri arasındakı  $m$  məsafəni düsturla hesablamaq olar.

$$\frac{m}{D} = \frac{1}{2} \left( \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \frac{\cos \alpha + \cos \varphi}{\sin \alpha} \right) \quad (16.3)$$

Minimum ləkənin səthini fokal hesab edərək,  $\frac{m}{D}$ -nin qiyməti kiçik olduğu üçün təcrübədə (16.2) düsturundan istifadə etmək olar.



Şəkil 16.3.  $\mu = f(\alpha)$  asılılığı.

Güzgünün parabolasının tənliyi

$$y^2 = 2px \quad (16.4)$$

Nəzərə alsaq ki,  $p = 2f$ , onda taparıq:

$$f = \frac{D}{4} \cdot \frac{1 + \cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (16.5)$$

Onda parabolanın tənliyi aşağıdakı şəkildə olar:

$$y^2 = D \frac{1 + \cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot x \quad (16.6)$$

Parabolik konsentratorun açılma bucağı  $\alpha = 100^\circ$ , diametri isə  $D = 1,2m$  olduqda,

$y^2 = 2.572x$ ;  $f = 0.643m$  olacaqdır.

Parabolik konsentratorun helioreaktorunun istilik-energetik parametrlərinə nəzər yetirək.

İzolyasiya olunmuş səthdən istilik itkilərinin təyini.

Sudan daxili divarlara ötürülən istilik aşağıdakı kimi hesablanır:

$$q = \alpha_1 \Delta t \quad (16.7)$$

$$\alpha_1 = 0,135 \frac{\lambda_m}{d} (Gr_m Pr_m)^{1/3} = 0,0445 \lambda_m \left( \frac{\Delta t Pr_m}{v_m^2} \right)^{1/3} \quad (16.8)$$

$$t_{w_2} = t_{w_1} - q \left( \frac{\delta_1 + \delta_1'}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \quad (16.9)$$

Xarici divardan ətrafa (havaya) verilən istilik

$$q = (\alpha_2 + \alpha_a)(t_{w_2} - t_0) \quad (16.10)$$

Haradakı

$$\alpha_2 = 0,197 \frac{\text{Re}_f^{0,6} \lambda_f}{d} = 0,197 \frac{\lambda_f}{d} \left( \frac{dw}{v_f} \right)^{0,6}, \quad (16.11)$$

$$\alpha_{\text{eval}} = \varepsilon_x 4,9 \frac{\left( \frac{T_{w_2}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4}{T_{w_2} - T_0} \quad (16.12)$$

(16.7) və (16.10) tənliklərini birlikdə həll edərək, taparıq:

$$q = \varphi(t_1)$$

Əgər fərz etsək ki,

**a)**  $\alpha_{\text{eval}} = 0$  hesabı xeyli asanlaşdırmaq olar, həqiqətdə də, hesabat göstərir ki,  $\varepsilon_x = 0,1$  (nikəllənmiş səth) olduqda  $\alpha_{\text{eval}}$  0,5-0,6 kkal/m<sup>2</sup> saat<sup>0</sup>S artıq olmur;

**b)**  $t_1 = t_{w_1}$  olduqda, həqiqətən istiliyin maksimal fərqi  $t_1 = 100^0$ -də  $\Delta t_{\text{max}} = 0,36^0$

Bu fərziyyəni nəzərə alaraq (16.9) və (16.10) tənlikləri ilə  $q$ -nü tapa bilərik. İtkinin təqribi qiyməti

$$q = \alpha_2 \frac{t_1 - t_0}{1 + \alpha_2 \left( \frac{\delta_1 + \delta_1'}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right)} \quad (16.13)$$

Sadələşdirilmiş xətti asılılıqdan (16.13) istifadə etdikdə xəta 2% – dən artıq olmur.

Dib (alt) vasitəsilə istilik itkiləri.

$$q_{t\partial S} = q_{düş} - q_{\partial ks} - q_{\text{evbal}} - q_{kon} =$$

$$= {}_sR \frac{F}{f_d} \cdot \varepsilon_d - 4,9\varepsilon_d \left[ \left( \frac{T_{w_2}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] - \alpha_2 (t_{w_2} - t_0) \quad (16.14)$$

Digər tərəfdən

$$q_{t\partial S} = \alpha_1 (t_{w_1} - t_1) \quad (16.15)$$

$$t_{w_2} = t_{w_1} + q_{t\partial S} \frac{\delta_1}{\lambda_1} \quad (16.16)$$

(16.14) və (16.15) tənliklərinin birgə həlli  $q_{t\partial S} = \varphi(t_1)$  almağı, eyni zamanda dib vasitəsilə istilik itkisinin qiymətini müəyyən etməyə imkan verir.

$$q_{itk} = q_{izl} + q_{kon}$$

İzolyasiya olunmuş səthdən mümkün olan istilik itkilərini təyin edərkən buraxıla bilən istilik itkilərini alt hissədə olan itkilərə şamil etmək olmaz. Belə ki, burada istilik axınının sıxlığı 100 dəfələrlə çoxdur və müvafiq istilik dəyişməsi  $\Delta t$  mümkün olan həddi keçə bilər.

Qurğunun məhsuldarlığının təyini.

Suyun qızmasına sərf olunan lazımi istilik

$$Q_{laz} = q_{t\partial S} f_d - q_1 f_x = \varphi(t_1) \quad (16.17)$$

$t_i$  temperaturdan  $100^0$ -yə qədər  $G$  miqdarında suyun qızması üçün lazım olan vaxt aşağıdakı kimidir:



$$\tau = G \int_{t_1}^{100} \frac{dt_1}{Q_{laz}} \quad (16.18)$$

İntegrallaşdırma əyrinin planimetriyalaşdırılması ilə həyata keçirilir:

$$\frac{1}{Q_{laz}} = f(t_1)$$

Şəkil 16.3–də aşağıdakı əyrlər verilmişdir:

a) alt vasitəsilə olan itkilər:

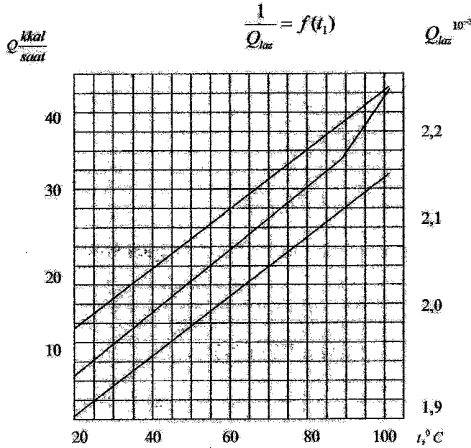
$$Q_{izl} + Q_{kon} = f(t_1);$$

b) izolyasiya olunmuş səth vasitəsilə olan istilik itkiləri:

$$Q_1 = f(t_1);$$

c) məhsuldarlıq:

$$\frac{10^3}{Q_{laz}} = f(t_1).$$



Şəkil 16.3. İstilik itkilərinin və qəbuledicinin istilik məhsuldarlığının əyrləri.

1-alt hissə vasitəsilə olan itkilər;

2-məhsuldarlıq;

3-izolyasiya vasitəsilə olan itkilər.

Bu əyriilər parabolik günəş konsentratorunun istilik qəbuledicisi üçün hesablanmış və bu zaman  $R=0,7$ ;  $t_0=20^0$ ;  $t_n=20^0$ ;  $w=5m/san$  qəbul olunmuşdur.

Axıncı əyrinin inteqrallaşdırılması 1kq suyun vaxtını, hansıki  $\tau=10$  dəq. verir. Bu qiymət səyyar sınaqların nəticələri ilə üst-üstə düşür, bu zaman  $\tau=37-40$  dəq. ( $G=3,6kq$ ) qiyməti alınmışdır.

## 17. GÜNƏŞ FOTOELEMENT GÜCLƏNDİRİCİSİ

Günəş energetikasında ən geniş istifadə olunan çeviricilərdən biri də fotovoltaiq (PV) günəş elementləridir. Fotoelementlər ilk dəfə olaraq ABŞ-da yaradılmış və hərbi məqsədlər üçün, xüsusən də kosmik aparatların elektrik təchizatı üçün nəzərdə tutulmuşdur. Fotoelementlər günəş enerjisini bir-başə elektrik enerjisinə çevirməklə ən geniş istifadə olunan günəş energetik qurğularıdır. Lakin PV-nin maya dəyəri çox baha olduğuna görə onu gücləndiricilərlə yəni əksetdirici səthlərlə təmin etmək daha məqsədə uyğundur. Bir neçə tədqiqatlarda fotoelementin parabolosilindirik konsentratorun fokus zolağına yerləşdirilməsi, fotoelementin yan tərəflərinə yastı güzgülərin əlavə edilməsi özünün müsbət

nəticəsini verməsini göstərmişdir. Lakin, maksimal enerji almaq məqsədilə yan güzgülərin günəş izləyici sistemlərlə hərəkət etdirilməsi daha vacibdir. Bu məqsədlə ümumi gücü 100 Vt olan polikristal fotoelementin yan tərəflərinə günəşin gedişindən asılı olaraq istənilən bucağı almaq üçün 2 ədəd güzgü yerləşdirilmişdir. Şəkil 17.1-də qurğunun ümumi görünüşü təsvir edilmişdir. Alınmış nəticələrə əsasən demək olar ki, PV-nin volt-ampere xarakteristikası və ümumi çıxış gücü orta hesabla 170-180 % olmuşdur.



**Şəkil 17.1.** Günəş fotoelement gücləndiricisinin əyani görünüşü.

#### Günəş elementlərinin konstruksiyası

Fotoelementlərin bir çox variantları, sənaye üsulu ilə istehsalı və hazırlanma üsulları mövcuddur. Bunlardan birinin standart monokristal silisiumlu günəş elementinin qısa şəkildə konstruksiyası

yasına baxaq. Günəş elementinin görünüşü şəkil 17.2 -də göstərilmişdir.

Günəş elementlərinin hazırlanması üçün əsas texniki tələblər.

İlkin material kimyəvi tərkibcə təmiz və yüksək davamlı xassələrə malik olmalıdır.

Fotoelementlər az maya dəyəri ilə çox miqdarda istehsal edilməlidir. Onların yüksək dəqiqliklə hazırlanmasına ümumi nəzarət təmin edilməlidir.

Ətraf mühitin təsiri altında (bəzən zərərli) fotoelementlərin istismar müddəti 20 ildən az olmalıdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, günəş şüalarının konsentrasiyasını hesaba almadan fotoelementin işçi temperaturu -30 dan +200<sup>0</sup>S-ə dək dəyişə bilər. Elektrik kontaktları stabil olmalı, bütün növ korroziyalardan mühafizə olunmalıdır. Qurğu sudan mühafizə olunan şəkildə olmalıdır.



**Şəkil 17.2.** Fotoelementin akkumulyatorlarla və kontrollerlə birgə əyani görünüşü.

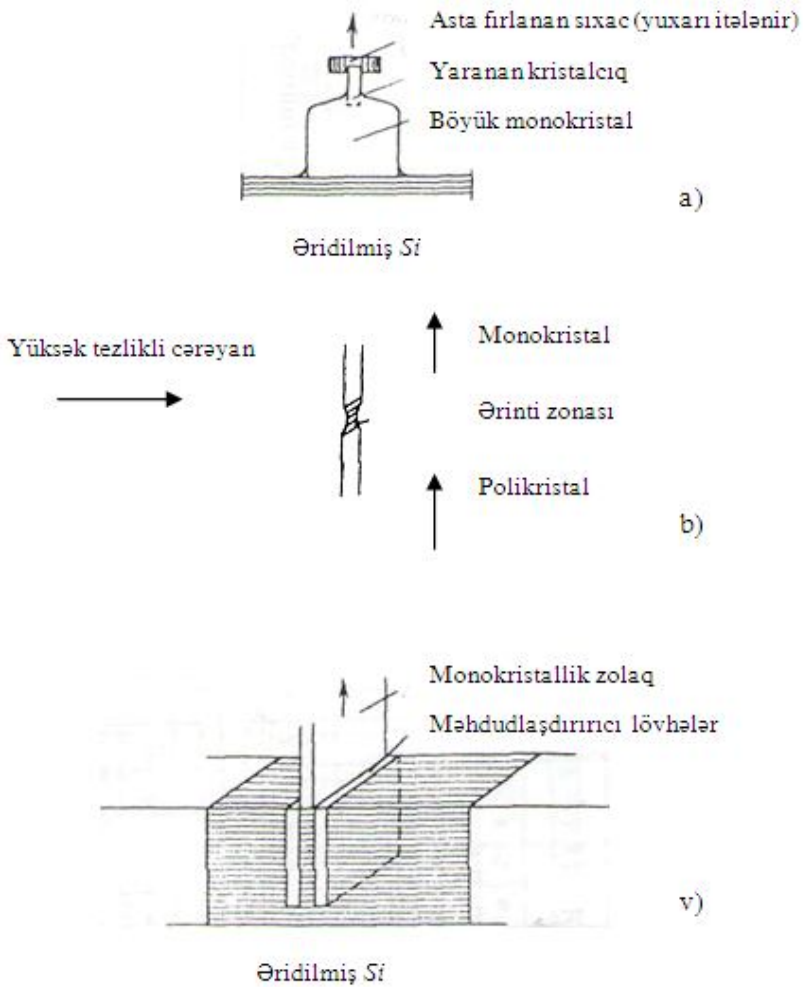
Konstruksiya elə olmalıdır ki, hər hansı bir elementin sıradan çıxması bütün sistemin dağılmasına səbəb olmasın. Bunun üçün paralel və ardıcıl birləşmələrdən istifadə edilir ki, hər hansı bir elementin sıradan çıxması halında başqa elementlərin sıradan çıxması ehtimalını sifira endirsin.

Yığılmış modullar elə olmalıdır ki, onların çətin, çox çətin və hətta uzaq rayonlara nəql edilməsi yararlı olsun.

Fotoelement kristalların yetişdirilməsi.

Monokristalların alınması üçün ilkin material kimi polikristal yarımfabrikat olan yüksək təmiz elektron materiallar götürülür. Bu materialların tərkibində qarışıqların (aşqarların) konstruksiyası 1 atoma  $10^9$ , daha doğrusu  $1\text{m}^3$ -a  $10^{18}$  atomdan az olmalıdır.

**Çoxral üsulu.** Bu monokristalların yetişdirilməsi üçün çox yaxşı işlənmiş üsuldur. Aşqarlar ərintiyə əlavə edilir. Tədricən böyüən kristal rüşeymləri ərintidən itələnir (şəkil 17.3, a). Belə kristalın diametri 15 sm-ə qədər ola bilər. Beləliklə, istər bu, istərsə də digər üsulla yetişdirilmiş monokristal sonradan qalınlığı 300 mkm olan hissələrə kəsilir. Bu halda yetişdirilmiş monokristalların 40-50% itirilir, bu da monokristalların inkişafının effektivini aşağı salır.



**Şəkil 17.3.** Kristalların yetişdirilməsinin bir çox üsulları; a)-Çoxral üsulu, b) – zona rekristallaşması və ya lazerlə qızdırma üsulu, v) - lent üsulu.

**Zona əridilməsi (rekristallaşma).** Polikristallik materiala çubuq forması verir. Ərinti zonası yüksək tezlikli elektrik cərəyanı və ya lazerlə qızdırma nəticəsində çubuğun uzunluğu üzrə keçir (şəkil 17.3, b). Bu proses həm materialı təmizləyir həm də monokristal formalaşdırır. Başqa üsullarda olduğu kimi burada da monokristal kəsilir və emal edilir.

**Lentli üsul.** Bu üsulla hazırlanan monokristalların kəsilməsinə ehtiyac yoxdur, bu isə kəsilmə zamanı itkilərin olmamasına səbəb olur. Çünki, monokristallar yaranarkən (inkişaf edərkən) nazik 10 sm enində və 300 mkm qalınlığında lent yaranır (şəkil 17.3, v). Alınmış lent baraban formasında dolanaraq saxlana bilər. Tələb olunan hallarda fotoelement hazırlanması üçün həmin lentdən kəsilərək götürülür.

**Vakuum tozlanması.** Bu üsuldən fotoelement hazırlanması müxtəlif mərhələlərində istifadə etmək olar, məsələn Şottki diodlarının səthlərində metal qatı yaratmaq üçün. Silisium vakuum üsulu ilə çilənməsi prosesi çox mürəkkəb prosesdir və çox vaxt müvəffəqiyyətlə həyata keçirmək mümkün olmur.

**Tökmə.** Bu üsulla polikristal material alınır. Prosesin ucuz başa gəlməsi nəticəsində alınan fotoelementlərin az effektivliyini kompensasiya edir.

**Nazik təbəqələrin emalı.** 300-400 mkm qalınlığında olan təbəqələr kimyəvi aşılarmaya uğradılır. Diffuziya prosesi zamanı  $n$  tipli nazik təbəqə mate-

rial üst qatlarda yaranır. Bu üsullardan biri təbəqələrin  $P_2O_5$ , ən çox isə azot mühitində  $POCl_3$  əlavə edilməklə  $1000^0C$ -ə qədər qızdırmaqdan ibarətdir.

Elektrik kontakt torlarının əmələ gəlməsi üçün *fotolitoqrafiya* üsulundan istifadə edilir. İlk olaraq silisiumlu kiçikomlu kontakt yaranması üçün titan buxarlandırılır, sonra çox nazik palladium qatı, bu titanla gümüşün qarşılıqlı kimyəvi əlaqəsinin qarşısının alınması üçündür. Bu qat ən axırda jərəyan keçirən tor yarmaq üçündür.

Vakuum buxarlanması prosesi zamanı əksetdirici qatlar axırda oturdulur. Arxa səthə alüminiumun diffuziya etdirilməsi üçün  $p$ -tipli materialda  $p^a$  tipli əlavə baryer potensialı yaranır. Onun səthinə daha qalın qatlı elektrik metal kontakt hopdurulur. Tekstur səthlər üçün əksetməyə qarşı xassələr kimyəvi aşılandırma ilə həyata keçirilir.

Fotoelementlərin tipləri və konstruksiyaları.

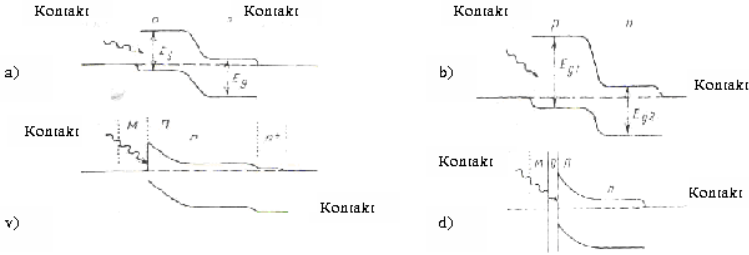
Sənayedə istehsal edilən günəş elementlərindən ən geniş yayılmışı lövhəvari silisium elementləridir. Ümumi enerji istehsalı üçün maya dəyəri aşağı olan, yüksək effektiv alternativ tipli günəş elementləri istehsal edilir.

Bərk cismin strukturları.

***Homokeçidlər.*** Əgər eyni yarımkeçirici kristalllarda eyni oblastda müxtəlif keçirijilik və ya qarışıqlar (aşqarlar) yaranarsa onda homokeçidlər yaranır. Yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz silisiumlu



fotoelementlərdə homokeçidlər vardır. Belə fotoelementlərdə qadağan edilmiş zonanın eni daimidir (şəkil 17.4, a).



**Şəkil 17.4.** Günəş elementində istifadə edilən keçid növləri.

**a)** homokeçid-əsas material və qadağan edilmiş zonanın eni daimidir;

**b)** homokeçid-əsas material və qadağan edilmiş zonanın dəyişilir;

**v)** Şottki metal-yarımkeçirici (MY), məsələn Au/Si;

**d)** Şottki metal-dielektrik-yarımkeçirici strukturu (MDY).

**Heterokeçidlər.** Bu halda, keçid iki müxtəlif kimyəvi tərkibə malik yarımkeçiricilərin kontaktında yaranır, odur ki, ayrılma sərhəddində qadağan edilmiş zonanın eni dəyişilir (şəkil 17.4, b).

Heterogen keçidlərdə fotonların iki müxtəlif tezliklərdə udulması nəticəsində daşıyıcıların generasiyası mümkündür. Bu halda fotocərəyan generasiyasında iştirak edən fotonların payı artır ki, bu da foton enerjisinin izafi miqdarı ilə əlaqədardır ( $h\nu - E_g$ ). Adətən daha geniş qadağan zonası olan yarımkeçiricilər fotoelementin səthində, qadağa zonası dar olan yarımkeçiricilər isə onun altında olurlar.

**Polikristal elementlər.** İndiyə qədər hesab edilirdi ki, fotoelement materialı kimi yalnız monokristal götürülə bilər. Bu hal zəruri hal hesab edilmir. Əgər polikristal materiallardan istifadə edilirsə onda elementlərin hazırlanmasının maya dəyərini xeyli aşağı salmaq olar. Kristal dənələri arasında sərhəd olması elektronların rekombinasiyasına və dəyişiklərin yaranmasına səbəb olur ki, bu da monokristal materiallara nisbətən polikristal materialların daha səmərəsiz olduğunu xarakterizə edir. Polikristal fotoelementləri çox da baha olmayan nazik təbəqələr hazırlayan avadanlıq vasitəsilə almaq olar, lakin bu proses bərk cisimlərin xassələrini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər.

**Amorf elementlər.** Amorf materiallar-yaxın struktura malik olan bərk cisimlərdir (şüşə amorf strukturlu materiallardır). Yarımkeçirici hesab edilən bəzi materiallar məsələn silisium adi halda amorf halında yarımkeçiricilik xassəsinə malikdir.

Bu materialların xüsusi müqaviməti kristal materiallardakı qədər ola bilir, həmçinin aşqarların ayrılması hesabına keçirijiliyi idarə etmək olar. Adətən bir qayda olaraq strukturun amorf olması zənginləşməmiş «sərbəst» kimyəvi əlaqələr yaranır ki, bunlar da nəzarət edilməyən elektron və dəşiklər üçün tələ rolunu oynayır. Hidrogenlə zəngin materiallardan hazırlanmış elementlərdə belə əlaqələrin sayı kəskin sürətlə azalır.

Amorf fotoelementlərin müasirləşdirilməsi onların effektivliyinin 10%-ə qədər artırmışdır ki, bunlar da çox ucuz konstruksiyalardır.

**Fotoelementlər üçün materiallar.** Cədvəl 17.1-də günəş elementlərinin hazırlanması üçün istifadə edilən materialların əsas xarakteristikaları verilmişdir. Həmçinin həmin cədvəldə  $p-n$  keçidlərinin bir çox parametrləri verilmişdir ki, bu da fotoelement hazırlanması üçün əsas element hesab olunur. Daha çox sənaye istifadəli material silisiumdur.

Bundan əlavə günəş elementlərinin itsehsalı üçün  $GaAs$  və  $CdS$  böyük əhəmiyyət kəsb edir.

**Arsenid qalliy ( $GaAs$ ).** Bu qadağan edilmiş zonasının eni  $E_g = 1,43eV$  olan yarımkeçirici materialdır. Qadağan edilmiş zonasının bu eni optimal qadağan eninə yaxındır. Günəşin zenitdə olduğu zaman şəraitində günəş elementinin qadağa zonasının eni  $1,5eV$  nəzərdə tutulur.  $Ga_{1-x}Al_xAs$  heterokeçidi

sənaye əhəmiyyəti kəsb edir. *GaAs* əsaslı günəş elementlərinin nəzəri effektivliyi 25%-ə, real qurğuların faydalı iş əmsalının 16%-ə qədər olur. Yüksək udma qabiliyyəti qatların dərinliyinə ciddi nəzarət etməyi tələb edir, bundan başqa yüksək səthi rekombinasiya prosesi baş verə bilər.

***Kadmiy sulfid.*** Kadmiy sulfidinin istifadəsi ilə hazırlanan fotoelementlər vakuum şəraitində nazik qatların tozlandırması və kimyəvi çökdürmə ilə baş verir. Alt təbəqə *CdS* qatı ilə *p*-tipli, *n*-tipli isə *Cu<sub>x</sub>S*-lə kimyəvi aşqarlanma ilə həyata keçirilir. *n* - və *p* - qatları arasında olan sərhəd heteroqoçid olur, lakin əfsuslar olsun ki, *Cu* ionları *CdS*-də diffuziya edərkən və müxtəlif kimyəvi dəyişiklikləri zamanı dağılırlar.

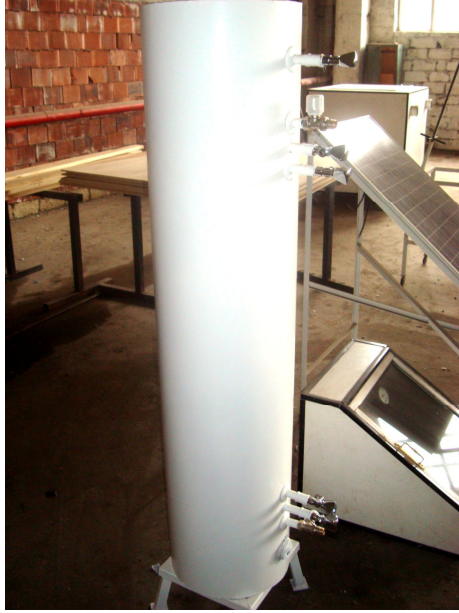
## **18. GÜNƏŞ ENERJİSİ İLƏ İSTİ SU VƏ İSTİLİK TƏCHİZATİ SİSTEMLƏRİNDƏ İSTİFADƏ EDİLƏN ÇOXKONTURLU İSTİLİKDƏYİŞDİRİCİLƏR.**

Günəş energetikasında və xüsusən də fokuslaşdırıcı konsentratörün tətbiq olunduğu və istilik enerjisinin istehsal olunduğu texnoloji proseslər zamanı istilik mübadilə aparatlarının istifadəsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. İstilikdəyişdiricilərin tələb olunan əsas parametrləri onun yüksək məhsuldarlığı, həcmnin və çəkisinin (metal tutumu) az olması və istilik itkilərinin minimum olmasıdır.

İstilikdəyişdirici aparatlar 2 növə bölünür: rekupe-  
rativ və regenerativ istilikdəyişdirici aparatlar.

Sənaye müəssisələrində ən geniş istifadə olu-  
nan istilikdəyişdirici aparatlar rekuperativ tipli  
olanlardır. Bu tipli istilikdəyişdiricilərin müxtəlif  
konstruksiyaları Azərbaycanda ilk dəfə olaraq işlə-  
nib hazırlanaraq aşağı, orta və yüksək tempera-  
turlu günəş energetik qurğularında xam neftin ema-  
la hazırlanmasında, neftli suların təmizlənməsində,  
isti su təchizatı və isitmə sistemlərində öz tətbiqini  
tapmışdır. Şəkil 18.1-də istilikdəyişdiricinin ümumi  
görünüşü verilmişdir. Rekuperativ istilikdəyişdirici-  
lər konstruktiv və texnoloji cəhətdən daha etibar-  
lıdır. Rekuperativ istilikdəyişdiricidə istiliyin bir  
mühitdən digər mühitə ötürülməsi bərk bir təbəqə  
vasitəsilə baş verdiyi üçün burada istənilən 2 müx-  
təlif növ maddələr arasında istilik mübadilə prose-  
sinin aparılması mümkündür. Buna görə də istilik-  
dəyişdirici aparatda qızdıran (istilikdaşıyıcı) və  
qızdırılan maye arasındakı istilik mübadilə prosesi-  
ni öyrənmək üçün əvvəlcə prosesin istilik–energetik  
hesabatına nəzər yetirək. Bunun üçün aşağıdakı  
verilən parametrləri təyin edək.

İstilikdaşıyıcı  $m=480\text{kq/saat}=(0,133 \text{ kq/san})$   
sərflə istilikkeçirmə əmsalı  $\lambda=384 \text{ Vt/(mK)}$ , xarici  
və daxili diametrlərinin nisbəti  $d_2/d_1=0,025/0,021\text{m}$   
olan dairəvi en kəsiyinə malik mis boruda hərəkət  
edərək  $t_1' = 80^\circ\text{S}$  tempraturla istilikdəyişdiriciyə da-  
xil olur.



**Şəkil 18.1.** İkikonturlu istilikdəyişdiricinin ümumi görünüşü.

Qızdırılan maye xarici və daxili diametrlərinin nisbəti  $D_2/D_1=0,05/0,044$  olan dairəvi boruda hərəkət edərək  $t_2' = 25^{\circ}\text{S}$  -dən  $t_2'' = 60^{\circ}\text{S}$  -dək qızdırılır. Qızdırılan mayenin sərfi  $m_{qız}=0,019$  kq/san–dir.

Fokuslaşdırıcı konsentratorlu günəş energetik qurğusunun helioreaktorunun çıxışı ilə istilikdəyişdiricinin girişini əlaqələndirən birləşdirici rezin borulardan şüalanma və konveksiya yolu ilə itən istilikləri təyin etmək. Buna görə aşağıdakı düsturlardan istifadə etmək olar.

Birləşdirici-kommunikasiya xətlərinin (rezin şlanq borular) səthindən şüalanma yolu ilə itən istilik itkiləri də uyğun olaraq aşağıdakı düstur vasitəsilə hesablanmışdır.

$$Q_k^s = \frac{1}{2} \pi \cdot d_k^x \cdot l_k \cdot \varepsilon_k \cdot \sigma \cdot (t_k^4 - t_h^4) \quad (18.1)$$

Burada,  $d_k^x=0,034$  m-birləşdirici kommunikasiya xətlərinin xarici diametridir;  $l_k=3,6$  m-birləşdirici kommunikasiya xətlərinin ümumi uzunluğudur;  $\varepsilon_k=0,4$ -birləşdirici rezin boruların qaralıq dərəcəsidir;  $t_k = 52,5^\circ\text{S}$ -birləşdirici rezin boruların səthinin orta temperaturudur.  $Q_k^s = 0,002$  Vt.

Birləşdirici-kommunikasiya xətlərinin səthindən konveksiya yolu ilə itən istilik itkiləri,

$$Q_k^k = \frac{1}{2} \pi \cdot d_k^x \cdot l_k \cdot \alpha_k \cdot (t_k - t_h) \quad (18.2)$$

Burada,  $\alpha_k=12$  Vt/(m<sup>2</sup> °S)-birləşdirici-kommunikasiya xətlərinin səthindən ətraf mühitə istilik vermə əmsalıdır.  $Q_k^k = 24,5$  Vt.

Başlanğıc halda qızdırılan mayeyə ötürülən istiliyin miqdarını təyin edək, Vt;

$$Q_{ID}^{fay} = G_{qiz} C_{p.qiz} (t_2'' - t_2') \quad (18.3)$$

Burada,  $C_{p.qiz}$ -qızdırılan mayenin istilik tutumudur,  $KC/(kgK)$ ;

İstilikdəyişdiricinin çıxışdakı istilikdaşıyıcının temperaturu °S;

$$t_1'' = t_1' - \frac{Q_{ID}^{fay}}{G \cdot C_{p.id}} \quad (18.4)$$

Burada,  $t_1'$  və  $t_1''$  -istilikdaşıyıcının helioreaktorun girişində və çıxışındakı temperaturlarıdır, °S;  
 $C_{p.id}$  -istilikdaşıyıcının istilik tutumudur,  $KC/(kgK)$ ;

İstilikdaşıyıcının orta temperaturu təyin edək, °S;

$$t_{id.or} = \frac{t_1' + t_1''}{2} \quad (18.5)$$

İstilikdaşıyıcının bu temperaturuna uyğun olan fiziki xassələrini ədəbiyyatdan seçirik;

Sıxlıq-  $\rho_1 = 972,7 kg/m^3$ , istilikkeçirmə əmsalı -  
 $\lambda_1 = 67,3 \cdot 10^{-2} Vt/(mK)$ ,

Prandtl kriteriyas-  $Pr_1 = 2,26$ , kinematik özlülük əmsalı-  $\nu_1 = 0,328 \cdot 10^{-6} m^2/san$ .

Qızdırılan mayenin orta temperaturunu təyin edək, °S;

$$t_{qiz.or} = \frac{t_2' + t_2''}{2} \quad (18.6)$$

Qızdırılan mayenin müvafiq temperaturundakı fiziki xassələrini ədəbiyyatdan seçirik. Qızdırılan mayenin hərəkət sürətini hesablayaq  $m/san$  :

$$V_{qiz} = \frac{4 \cdot G_{qiz}}{\rho_{qiz} \cdot \pi \cdot (D_1^2 - d_2^2)} \quad (18.7)$$



İstilikdaşıyıcı üçün Reynolds kriteriyası belə hesablanır.

Axma rejimi turbulent olduğu halda, istilikvermə əmsalını Mixeevin təklif etdiyi ifadədən istifadə edərək tapırıq;

Divar səthinin orta temperaturunu aşağıdakı kimi tapırıq °S:

$$t_{d.s1} = 0.5(t_{id.or} + t_{qiz.or}) \quad (18.8)$$

Burada,  $t_{id.or}$  və  $t_{qiz.or}$  -uyğun olaraq istilikdaşıyıcının və qızdırılan mayenin orta temperaturlarıdır. Prandtl kriteriyasının bu temperatura uyğun gələn qiymətini ədəbiyyatdan tapırıq.

İstilikdaşıyıcıdan boru divarı səthinə istilikvermə əmsalını təyin edək  $Vt/(m^2K)$ ;

Qızdırılan maye üçün Reynolds kriteriyasının qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Re_{qiz} = \frac{V_{qiz} \cdot d_{ek}}{v_{qiz}} \quad (18.9)$$

Burada,  $d_{ek}$  -borunun ekvivalent diametridir və aşağıdakı kimi təyin olunur  $m$  :

$$d_{ek} = D_1 - d_2 \quad (18.10)$$

Divar səthlərinin temperaturlarını

$$t_{d.s1} = t_{d.s2}$$

qəbul edərək, ədəbiyyatdan  $Pr_{s2} = 2,92$  götürürük; Qızdırılan maye üçün Nüsselt kriteriyasını tapırıq.

Divardan qızdırılan mayeyə istilikvermə əmsalı  $\alpha_2$ -ni hesablayaq  $Vt/(m^2K)$ ;

$$\alpha_2 = Nu_{qiz} \frac{\lambda_{qiz}}{d_{ek}} \quad (18.11)$$

Burada,  $\lambda_2$ -qızdırılan mayenin orta temperaturda istilikkeçirməsidir  $Vt/(mK)$ .

İstilikdəyişdirici üçün istilikötürmə əmsalı  $K$  aşağıdakı düsturla təyin olunur  $Vt/(mK)$ ;

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_{mis}} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad (18.12)$$

Burada,  $\alpha_1$ -istilikdaşıyıcıdan boru divarı səthinə istilikvermə əmsalıdır,  $Vt/(m^2K)$ ;

$\lambda_{mis}$  -mis borunun istilikkeçirmə əmsalıdır  $Vt/(mK)$ .

Orta loqarifmik temperatur düşgüsü belə tapılır °S;

$$\Delta t_{or1} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}} \quad (18.13)$$

1m boruya düşən istilik selinin sıxlığını hesablayaq  $Vt / m$  ;

$$q_1 = K\Delta t_{or1} \quad (18.14)$$

İstilikdəyişdirici borusunun uzunluğunu tapmaq  $m$  ;

$$L_1 = \frac{Q_{ID}^{fay}}{q_1} \quad (18.15)$$

İstilik mübadilə səthinin sahəsini hesablayaq  $m^2$  ;

$$F_1 = \pi d_1 L_1 \quad (18.16)$$

Bir seksiyanın uzunluğunu  $l = 1,1m$  qəbul etsək istilikdəyişdiricinin seksiyalarının sayı;

$$n_1 = \frac{L_1}{l} \quad (18.17)$$

İstikdəyişdiricinin daxilində qızdırılan mayenin tutduğu həcmnin hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilmişdir.

$$V_{ID}^{qiz} = \frac{1}{4} \pi \cdot l \cdot n_1 \cdot (D_1^2 - d_1^2) \quad (18.18)$$

Burada,  $V_{ID}^{qiz} = 0.0113m^3$  təşkil edir ki, buna müvafiq olaraq istilikdəyişdiricidə qızdırılan maye ilə istilikdaşıyıcı arasında istilik mübadilə prosesinin getməsi zamanı kontakt müddətinin ( $j_{qiz}^{id}$ ) hesablanması zamanı aşağıdakı düsturdan istifadə edilmişdir.

$$j_{qiz}^{id} = \frac{L_1}{V_{qiz} \cdot 60} \quad (18.19)$$

Helioreaktor-istilikdəyişdirici-genişləndirici çən–helioreaktor sistemi üzrə aparılmış hesabata görə qurğunun ümumi f.i.ə.  $\eta_{qur}^{um} = 0,53$  təşkil edir.

İstilikdəyişdiricinin üzəri qalınlığı  $50mm$ , istilikkeçirmə əmsali  $\lambda_{iz1} = 0,0372Vt/(mK)$  olan izoləedici şüşə pambıq təbəqəsi ilə örtülmüşdür. Bu izolə təbəqəsinin üstünə əlavə olaraq qalınlığı  $20mm$  və istilikkeçirmə əmsali  $\lambda_{iz2} = 0,06Vt/(mK)$  olan probka təbəqəsi sarınmışdır.

Probka izolyasiya qatından havaya istilikvermə əmsali isə  $\alpha_{iz} = 15Vt/(m^2K)$ . İstilikdəyişdiricinin  $1m$  uzunluğundan itən istiliyin miqdarını, eyni zamanda təbəqə səthlərinin temperaturlarını təyin edək.

Çoxtəbəqəli silindrik divardan istilikötürmə əmsalını təyin edirik  $Vt/(mK)$ .

**Cədvəl 18.1.** Günəş radiasiyasının  $I=400-900 \text{ Vt/m}^2$  qiymətində “Boru içərisində boru” tipli əksaxımlı istilikdəyişdiricinin istilik–energetik hesabatından alınmış nəticələr.

Parametrlər		GŞES-nın qiymətləri, $\text{Vt/m}^2$					
		400	500	600	700	800	900
$V_{id}$ , m/san		0,285	0,356	0,421	0,504	0,594	0,653
$G$ , kq/san		0,096	0,122	0,143	0,174	0,199	0,225
$Re_{id}$		16067	20070	23734	28413	33487	36813
$Q_{ID}^{fay}$ , Vt		1180	1503,4	1826	2149	2470	2793
$Nu_{id}$		64,2	76,7	87,7	101,3	116	125
$\alpha_1$		2058	2458	2810	3246	3718	4006
$G_{qiz}$ , kq/san	$t_{qiz}=55^{\circ}\text{S}$	0,018	0,024	0,028	0,034	0,039	0,044
	$t_{qiz}=60^{\circ}\text{S}$	0,016	0,02	0,024	0,029	0,033	0,038
	$t_{qiz}=65^{\circ}\text{S}$	0,014	0,017	0,021	0,025	0,029	0,033
$V_{qiz}$ , m/san	$t_{qiz}=55^{\circ}\text{S}$	0,019	0,026	0,03	0,037	0,042	0,048
	$t_{qiz}=60^{\circ}\text{S}$	0,017	0,022	0,026	0,031	0,036	0,041
	$t_{qiz}=65^{\circ}\text{S}$	0,015	0,018	0,023	0,027	0,031	0,036
$\alpha_2$ , $\text{Vt}/(\text{m}^2\text{K})$	$t_{qiz}=55^{\circ}\text{S}$	145,6	187,3	207,7	248	274	305
	$t_{qiz}=60^{\circ}\text{S}$	158	194,5	222,2	256	289	320
	$t_{qiz}=65^{\circ}\text{S}$	173,3	200,3	243,5	277,2	309,3	348,9
$Re_{qiz}$	$t_{qiz}=55^{\circ}\text{S}$	1028	1406	1623	2001	2272	2596
	$t_{qiz}=60^{\circ}\text{S}$	984	1274	1505	1795	2084	2374
	$t_{qiz}=65^{\circ}\text{S}$	962	1154	1474	1731	1987	2308
$Nu_{qiz}$	$t_{qiz}=55^{\circ}\text{S}$	8,7	11,17	12,53	14,8	16,4	18,2
	$t_{qiz}=60^{\circ}\text{S}$	8,66	1,65	12,37	14,01	15,8	17,84
	$t_{qiz}=65^{\circ}\text{S}$	8,62	10,04	12,21	13,9	15,51	17,49
$K$ , $\text{Vt}/(\text{m}^2\text{K})$	$t_{qiz}=55^{\circ}\text{S}$	3,36	4,3	4,8	5,62	6,32	6,93
	$t_{qiz}=60^{\circ}\text{S}$	3,62	4,45	5,07	5,78	6,62	7,2
	$t_{qiz}=65^{\circ}\text{S}$	3,94	4,57	5,51	6,29	7,04	8,19
$J$ , dəq	$t_{qiz}=55^{\circ}\text{S}$	9,6	7,05	6,11	4,95	4,36	3,81
	$t_{qiz}=60^{\circ}\text{S}$	10,7	8,33	7,05	5,91	5,09	4,47
	$t_{qiz}=65^{\circ}\text{S}$	12,2	10,18	7,97	6,79	5,91	5,09
$Q_{qiz}^{laz}$	$t_{qiz}=55^{\circ}\text{S}$	1134	1512	1764	2142	2457	2772
	$t_{qiz}=60^{\circ}\text{S}$	1176	1470	1764	2132	2426	2793
	$t_{qiz}=65^{\circ}\text{S}$	1176	1428	1764	2100	2436	2772

$$K_{s,d} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot D_1} + \frac{1}{2\lambda_{pol}} \ln \frac{D_2}{D_1} + \frac{1}{2\lambda_{iz1}} \ln \frac{D_3}{D_2} + \frac{1}{2\lambda_{iz2}} \ln \frac{D_4}{D_3} + \frac{1}{\alpha_{iz} D_4}} \quad (18.20)$$

1 m borudan itən istilik selinin sıxlığı  $Vt / m$  ;

$$q_b = K_{s,d} \pi (t_1' - t_{hava}) \quad (18.21)$$

Aparılmış hesabat nəticəsində alınmış nəticələr cədvəl 18.1-də verilmişdir.

Təbəqə səthlərinin temperaturlarını təyin edirik °S;

1-ci təbəqə səthinin temperaturu

$$t_{s1} = t_1' - \frac{q_b}{\alpha_1 D_1 \pi} \quad (18.22)$$

2-ci təbəqə səthinin temperaturu

$$t_{s2} = t_1' - \frac{q_b}{\pi} \left( \frac{1}{\alpha_1 D_1} + \frac{1}{2\lambda_{pol}} \ln \frac{D_2}{D_1} \right) \quad (18.23)$$

3-cü təbəqə səthinin temperaturu

$$t_{s3} = t_1' - \frac{q_b}{\pi} \left( \frac{1}{\alpha_1 D_1} + \frac{1}{2\lambda_{pol}} \ln \frac{D_2}{D_1} + \frac{1}{2\lambda_{iz1}} \ln \frac{D_3}{D_2} \right) \quad (18.24)$$

Probka izoləsinin xarici səthinin temperaturunu təyin edirik °S:

$$t_{s4} = t_2' + \frac{q_b}{\alpha_{iz} D_4 \pi} \quad (18.25)$$

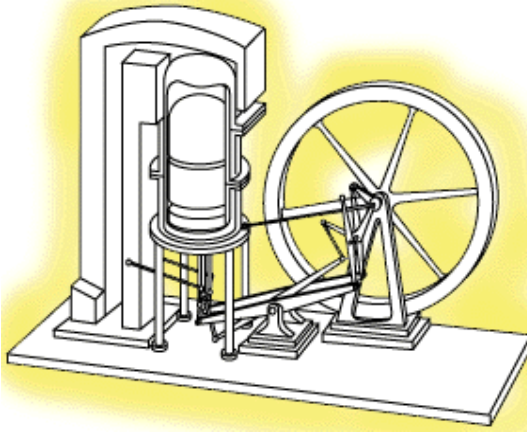
Aparılmış hesabat nəticəsində alınmış nəticələr cədvəl 18.2 – də verilmişdir.

**Cədvəl 18.2.** GŞES-nın  $I=750 \text{ Vt/m}^2$  qiymətində “Boru içərisində boru” tipli əksaxımlı istilikdəyişdiricinin istilik-energetik hesabından alınmış nəticələr.

$m_{id}$	0,186	$m_{qiz}$	0,031
$Cp_1$	4190	$Cp_2$	2100
$Q_{ID}^{fay}$	2309	$d_{ek}$	0,019
$t_1'$	80	$t_1''$	77
$t_2'$	25	$t_2''$	60
$t_{id.or}$	78,5	$t_{qiz.or}$	42,5
$V_1$	0,552	$V_{x.n}$	0,034
$d_1$	0,021	$d_2$	0,025
$Re_{id}$	31119	$Re_{qiz}$	1968
$Nu_{id}$	109	$Nu_{qiz}$	15,08
$\alpha_1$	3493	$\alpha_2$	276
$\Delta t_{or1}$	33,49	$q_1$	212
$L_1$	10,89 $\approx$ 11	$F_1$	0,718
$\lambda_{pol}$	50	$\alpha_{iz}$	15
$\lambda_{iz1}$	0,0372	$\lambda_{iz2}$	0,06
$n_1$	9,9 $\approx$ 10	$\varepsilon_1$	1
$K_{s.d}$	0,059	$q_b$	12,15
$t_{s1}$	79,97	$t_{s2}$	79,96
$t_{s3}$	33	$t_{s4}$	15,75

## 19. GÜNƏŞ STİRLİNQ MÜHƏRRIYI

1816-ci il 21 sentyabrda Şotlandiyanın paytaxtı Edinburqda Robert Stirlinq özünün “ekonomayzer” (economiser) adlandırdığı mühərriyi patentləşdirdi. Əslində Robert Stirlinq şotland kilsəsinin rəhibi idi və hələ də orada qulluq edirdi. Baxmayaraq ki, onun artıq səksən altı yaşı tamam olmuşdu. Boş vaxtlarında o, evindəki emalatxanada istilik maşınlarını konstrukturlaşdırırdı. Sonralar bu modellərdən birini lord Kelvin öz universitet mühazirələrində istifadə etmişdir.



**Şəkil 19.1.** Stirlinqin ilk mühərriklərindən biri.

Stirlinq mühərriyi özünün etibarlı, heç vaxt partlamayan buxar maşını kimi təsdiqlədi. Belə ki, o vaxtdan əksər buxar maşınları partlayırdılar.

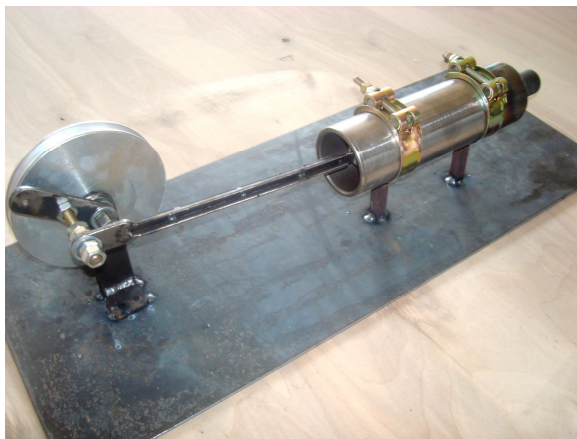


İlk dəfə olaraq 1850-ci ildə Stirlingin mühərriyinin sadə eleqant dinamikası Renkin MakKorn (Professor McQuorne Rankine) tərəfindən nəzəri cəhətdən izah olunmuşdur. Təqribən yüz ildən sonra “Stirling mühərriyi” termini Rolf Mayer (Rolf Meijer) tərəfindən bütün növ qapalı tsikli regenerativ maşınları qeyd etmək üçün istifadə olunmuşdur.

Stirlingin mühərriyi unikal istilik maşınıdır. Belə ki, onun nəzəri effektivliyi paraktiki olaraq istilik maşınlarının maksimal effektivliyinə bərabərdir (Karno tsiklinin effektivliyi). Stirling mühərriyi qazın istilikdən genişlənməsi hesabına işləyir. Stirling mühərriyi özündə müəyyən bir həcm işçi qaz saxlayır. Hansı ki, “soyuq” (adətən otaq temperaturu) və “isti“, müxtəlif növ yanacaqların yandırılması və ya günəş enerjisi ilə qızdırılan hissələr arasında hərəkət edir. Bu məqsədlə Azərbaycanda ilk dəfə olaraq Stirling mühərriyi yaradılmış və onu parabolik konsentratörün fokus nöqtəsində yerləşdirməklə mexaniki enerjini (irəliləmə-fırlanma) elektrik (generator vasitəsilə) enerjisinə çevirmək nəzərdə tutulmuşdur. Hazırlanmış qurğu şəkil 19.2-də göstərilmişdir.

Qızdırılma xaricdə baş verdiyinə görə Stirling mühərriyi xarici yanma mühərriklərinə aid edilir. İxtiradan sonra effektivliyin və gücün artırılması məqsədi ilə Stirling mühərriyinin bir çox növləri iş-

lənib hazırlanmışdır. Buna baxmayaraq bu mühərriklər xüsusi gücünə görə Otto və Dizelin mühərriklərinə uduzurlar. Ottonun 1887 və Dizelin 1893-cü illərdə ixtira etdikləri mühərriklər o vaxtın Stirling mühərriklərinə nisbətən daha böyük xüsusi gücə malik idilər. Bu da tədricən Stirling mühərriklərinin istehsalatdan çıxmasına gətirib çıxartdı. Bu mühərriklər iyirminci əsrin əvvəllərində ferma və şaxtalarda, əsasən, az güc tələb eləyən müxtəlif maşınların və avadanlıqların işə salınması üçün istifadə olunurdu. Əsas kriteriya isə bu mühərriklərin etibarlı və qənaətcil olması idi. Amma 1940-cı ildə onların istehsalı dayandırıldı.



**Şəkil 19.2.** Stirling mühərriyinin ümumi görünüşü.

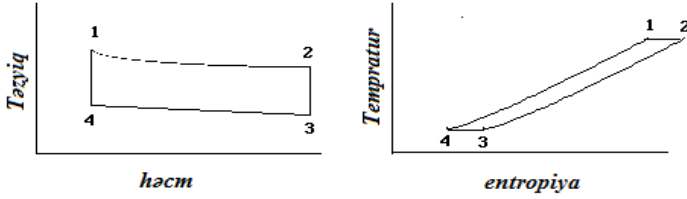
Stirling mühərriyi kifayət qədər uzun bir müddət məktəblərdə və institutlarda termodinami-

kanı öyrənərkən əyani vəsait kimi istifadə olunub. Son zamanlar Stirling mühərriyinə maraq sürətlə artmaqdadır. Ev elektrik generatorlarının Stirling mühərriyi ilə istehsalına başlanılıb. ABŞ-ın Milli Aerokosmik Agentliyi (NASA) tərəfindən kosmik apparatlarda istifadə üçün müxtəlif növ mühərriklərin müqayisəli qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Stirling mühərriyi özünün etibarlılığı və f.i.ə.-na görə daha prespektivli hesab olunmuşdur. Həm sənayedə mənfi temperatur almaq üçün, həm də məişət soyuducuları üçün nəzərdə tutulmuş-Stirlingin əsk tsiklində işləyən soyuducu avadanlıqlar istehsal olunur. Onların ənənəvi sistemlərdən üstünlüyü odur ki, burada soyuducu agent kimi adi havadan istifadə olunur.

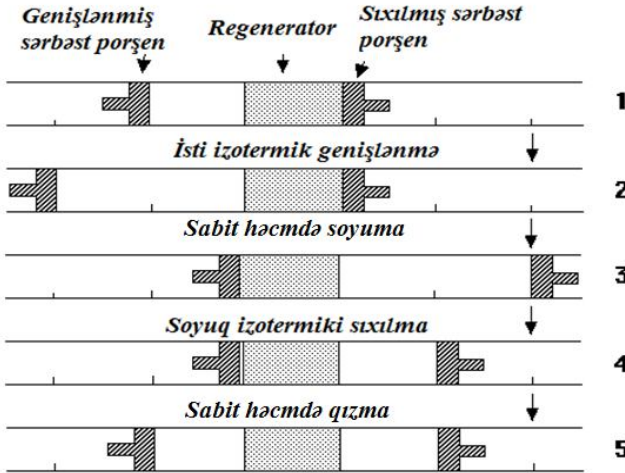
Beləliklə, deyə bilərik ki, Stirling mühərriyinin dövrü heç də bitməmişdir. Onun inkişafı yeni, çox şey vəd edən mərhələyə qədəm qoyur.

Stirling mühərriyinin iş prinsipi.

Stirling mühərriyi qapalı tsiklə malik istilik maşınıdır. Onun iş prinsipi temperaturun artması nəticəsində işçi agent kimi istifadə olunan qazın genişlənməsindən ibarətdir. Şəkil 19.3-də təzyiq-həcm P-V və temperatur-entropiya T-S koordinatlarında ideal Stirling tsiklinin diaqramlarını və müvafiq proseslərə uyğun illüstrasiyalar göstərilmişdir.



*İdeal Stirling tsikli üçün P - V və T - S diaqramları*

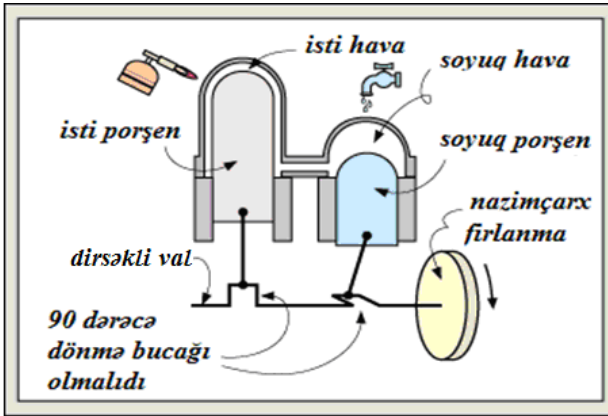


*İdeal Stirling tsikli ( alfa konfigurasiyası )*

**Şəkil 19.3.** Stirling tsiklinin diaqramları.

Diaqramlarda mühərriyin işinin mərhələlərini ayıran nöqtələr rəqəmlərlə göstərilmişdir. Birinci mərhələdə (1-2) qazın izotermik genişlənməsi olur. Sonrakı mərhələdə (2-3) sabit həcmdə soyuma baş verir. Daha sonra (3-4) soyuq qazın izotermik sıxılması və nəhayət (4-1) səbit həcmdə qızma baş

verir. Qaz faydalı işi yalnız birinci mərhələdə görür. Qalan mərhələlər hamısı yığılmış enerji hesabına baş verir (adətən fırlanan nazımçarxın enerjisi hesabına). Silindirlərinin fərqiyyə görə Stirling mühərriyinin iki növü var. Birincisi-ikisilindirli Stirling mühərriki. Qazın qızdırılması və soyudulması üçün ayrı-ayrı silindirlərdən istifadə olunur.



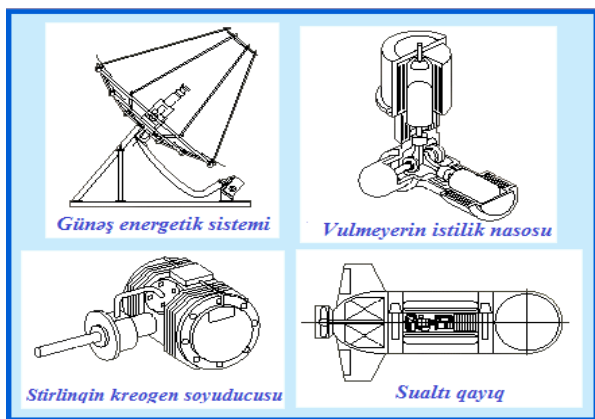
**Şəkil 19.4.** İki silindirli Stirling mühərriyinin sxemi.

Şəkil 19.4-də soyuq silindirin yuxarı hissəsi daimi soyudulduğu halda, isti silindirin yuxarı hissəsi daima qızdırılır. Nəzərə almaq lazımdır ki, porşenlər  $90^\circ$  dönmə bucağına malik dirsəkli vala birləşdirilmişlər. Bu da isti porşenin ən yuxarı vəziyyətində soyuq porşenin orta vəziyyətdə qalmasını təmin edir. Bu an əvvəlki şəkildə 2-3 mərhələsinə, sabit həcmdə soyumaya, uyğun gəlir. Sonra

soyuq porşen soyudulmuş qazı sabit tempraturda sıxaraq yuxarı qalxır, 3-4 mərhləsi. Soyuq porşen soyudulmuş qazı isti slindirə sıxanda o sabit həcmdə qızmağa başlayır, 4-1 mərhləsi. Və nəhayət isti qaz porşeni aşağı sıxaraq genişlənir, 1-2 mərhləsi. Sonuncu mərhlədə güc əmələ gəlir ki, onun da bir hissəsi fırlanan nazimçarxda yığılır.

İstfadənin prespektivləri

Elm və texnikanın inkişafı Stirling mühərriklərinin istifadə oluna biləcəyi yeni ekoloji maşınların yaranmasına səbəb oldu. Onlardan bəziləri aşağıdakı əkildə (19.5) göstərilmişdir.



**Şəkil 19.5.** Stirling mühərriyinə malik müxtəlif maşınların sxemi.

Burada, (şəkil 19.5.) birinci şəkildə günəş energetik sistemi göstərilmişdir. Stirling mühərriyinin yüksək f.i.ə. sadəliyi və etibarlılığı onun bu cür

sistemlərdə istifadəsini labüdləşdirir. Günəş şüası çökək güzgülərlə mühərriyin uc hissəsini qızdırmaq üçün fokuslaşdırılır (istilik mənbəyi kimi). Soyuducu kimi isə ətraf mühitin temperaturu göstərilə bilər.

İkinci şəkildə “Vulmeyerin istilik mühərriyi” sxematik olaraq göstərilmişdir. Məlumdur ki, Stirlingin əks dövrünün istifadəsi zamanı, yəni, Stirling mühərriyi hər hansı bir xarici mənbə ilə hərəkətə gətirilərsə, (məsələn digər bir stirling mühərriyi ilə) onda “isti” silindir soyuyur, “soyuq” silindir isə qızışır. Əgər bununla bərabər “isti” silindri qızdırsa, (məsələn ətraf mühitin havası ilə) onda “soyuq” silindir daha yüksək temperaturlara qədər qızışacaqdır. Bununla da xarici enerji bilavasitə qızmaya deyil, daha effektiv olan, istiliyin soyuq yerdən isti yerə daşınmasına sərf olunur. İdeal hal üçün belə sistemlərin f.i.ə. aşağıdakı kimi hesablanır.

$$\eta = \frac{T_s}{T_i - T_s} \quad (19.1)$$

Burada

$T_s$ -soyuq hissənin mütləq temperaturu

$T_i$ -isti hissənin mütləq temperaturu

Nəzərə alsaq ki,  $T_s$  çox nadir hallarda 250 dərəcə kelvindən aşağı düşür,  $T_i$ -nin 300 dərəcə kelvin ətrafında saxlanması üçün f.i.ə.  $250/(300-250)=5$

olur. Yəni istilik nasosuna 1 kVt/saat enerji sərf etsək 5 dəfə artıq istilik enerjisi ala bilirik. Buradan da Stirling mühərrikləri əsasında hazırlanmış istilik nasoslarına maraq başa düşüləndir.

Növbəti şəkildə Stirlingin kreogen soyuducusu təsvir olunmuşdur. O istilik nasosu ilə eyni prinsipdə işləyir, amma çox aşağı temperatur almaq üçün soyuducu sistem kimi istifadə olunur.

Sonuncu şəkildə atom sualtı qayığında qurulmuş Stirling mühərriyi göstərilmişdir. Nəzərə alsaq ki, çəki və qabaritlər həlledici rol oynayırlar, yüksək f.i.ə. və etibarlılıq cəhətdən onu atom reaktöründən istilik enerjisi almaq üçün ideal namizəd hesab etmək olar. Stirling mühərriyinin qulluq və kökləmələrə ehtiyacı yoxdu, ona görə də onu sualtı qayığın izolə olunmuş hissəsində yerləşdirmək olur.

NASA tərəfindən Ayda yaşayış üçün yararlı baza tikmək planlaşdırılır. Layihədə bazanın mərhələli inşası nəzərdə tutulub. Ay səthi rejimində işləmək üçün əsas enerji mənbəyi kimi Stirling mühərriyi ilə işləyən 2500 kVt gücü olan atom reaktoru və 8 elektrik mühərriyi seçilib. Onlardan ikisi rezerv enerji toplamaq üçün rezervdə saxlanılacaq, digərləri isə öz nominal güclərinin (150 kVt) 91.7 faizi ilə işləyəcəklər. Beləliklə tam layihə gücü 825 kVt təşkil edir.



## 20. GÜNƏŞ İSTİLİK-ENERGETİK QURĞULARI ÜÇÜN SELEKTİV SƏTHLƏR.

Günəş f.i.ə-nin artırılması məqsədilə onların günəş şüalarını birbaşa qəbul edən səthləri selektiv uducu təbəqə ilə örtülür. Digər metodlardan biri isə şəffav izolyasiya təbəqəsinin optik xassələrinin yüksək olmasıdır ki, burada da əsasən günəş enerjisinin istilik şüalarının maksimum dərəcədə bu təbəqədən keçərək uducu tərəfindən qəbul edilməsi nəzərdə tutulur. Selektiv səthlər infraqırmızı oblastda (2 mkm uzun) aşağı şüalanma qabiliyyətinə  $\varepsilon_a$  malik olmaqla yanaşı, qısdalğalı (2 mkm qısa) günəş şüalarını yüksək dərəcədə udma əmsalına  $\alpha_s$  malik olmalıdır.

Selektiv səthlərin ən geniş yayılmış növü görünən və infraqırmızı şüaları uda bilən metal əsaslı nazik təbəqədir. Bura əsasən nikel, sink, qalay və ya mis altlıqların üzərinə elektrokimyəvi üsulla çəkilmiş qara nikel və qara xromdan ibarət olan səthlər aiddir.

Orta temperaturlu günəş istilik-energetik qurğularında (400°S-yə qədər) tələb olunan optiki xassələri və yüksək termiki stabilliyi almaq üçün qara xrom təbəqəsindən istifadə etmək daha məqsəddəuyğundur. Lakin, qara xromun səthə çəkilməsi zamanı istifadə olunan elektrik cərəyanının sıxlığı demək olar ki, qara nikel üçün istifadə olunandan

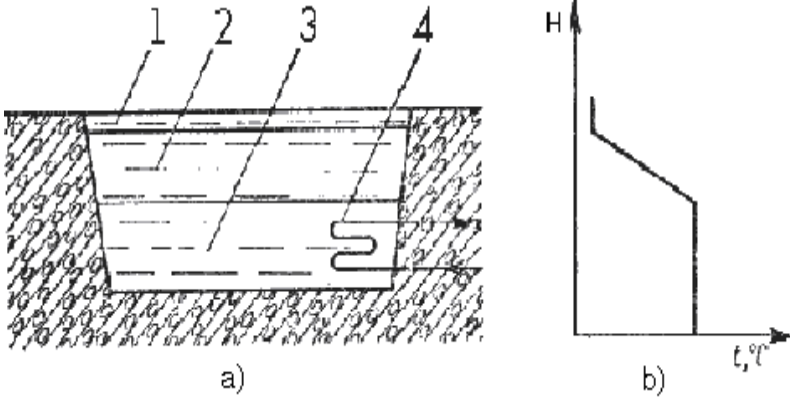
100 dəfə çoxdur. Bu da öz növbəsində qara xrom işlənən günəş istilik-energetik qurğularının maya dəyərinə öz ciddi təsirini göstərir. Bəzi hallarda qara xrom və qara nikel üçün altlıq material kimi cilalanmış metallardan da istifadə edilir.

Yüksək əksetmə qabiliyyətinə malik cilalanmış metal lövhənin səthinə alovdan alınan qorum çəkildiyi halda günəş şüasının udulma əmsalı 0,96-ya çatır.

## 21. GÜNƏŞ NOHURU

Günəş nohurunda günəş enerjisinin böyük həcmli maye vasitəsilə udulması və toplanması eyni vaxtda baş verir. Bəzi təbii duzlu göllərin dibindəki suyun temperaturu  $70^{\circ}\text{S}$ -yə qədər çatır. Bu oradakı duzun yüksək konsentrasiyalı olmağı ilə əlaqədardır. Adi su hövzələrində udulan günəş şüası yalnız səthi qızdırır və bu da gecə saatlarında hava ilə istilik mübadilə prosesi zamanı sürətli istilik itkisinə səbəb olur. Günəş şüası bütöv su kütləsindən keçərək onun dibində toplanır və nəticə etibarlı ilə burada  $90\text{-}100^{\circ}\text{S}$ -yə qədər temperatur alınır və bu zaman suyun səthinin temperaturu  $20\text{-}25^{\circ}\text{S}$  olaraq qalır. Suyun yüksək istilik tutumu hesabına yay fəslində günəş nohurunda böyük miqdarda istilik toplanır ki, bu da qış aylarında tədricən soyuyur.

Ümumiyyətlə günəş nohuru fəsilələr üzrə xidmət edir və burada istilik istifadəçiyə nohurun aşağı hissəsindən verilir. Günəş nohurunun prinsiplial sxemi şəkil 21.1-də ümumi görünüşü isə şəkil 21.2-də verilmişdir.



**Şəkil 21.1.** Günəş nohurunun sxemi (a) və nohurun hündürlüyü boyu mayenin temperaturunun dəyişməsi (b) qrafiki.

Burada 1-şirin su, 2-ota su təbəqəsi, 3-isti məhlul təbəqəsi, 4-istilikdəyişdirici.

Günəş nohurunda suyun dərinliyi boyu yuxarıdan aşağıya doğru düzün konsentrasiya qradienti yaranır və burada üç hissəyə bölünən ümumi mayenin həcmində düzün konsentrasiyası suyun səthindən dibə doğru artmaqda davam edir. Yuxarı nazik şirin su təbəqəsi (10-20 mm) demək olar ki, böyük qalınlığa malik və suyun dərinliyi boyu tər-

kibindəki duzun konsentrasiyasının atdığı və aşağı səviyyədə maksimal həddə çatan, qeyri-konvektiv maye təbəqəsi ilə bir sərhəddə malikdir.

Bu təbəqənin qalınlığı ümumi dərinliyin  $2/3$ -nə bərabərdir. Aşağı konvektiv təbəqədə duzun konsentrasiyası maksimum qiymət alır və mayenin tam həcmi boyu bərabər şəkildə paylanır. Beləliklə, duzun konsentrasiyasından asılı olaraq nohurun dibində suyun sıxlığı çox, səthdə isə əksinə daha azdır. Günəş nohuru aşağı qiymətə malik olmaqla, eyni zamanda həm kollektor, həm də istilik akkumulyatoru rolunu oynayır. Günəş nohurundan istiliyin ötürülməsi 2 üsulla ola bilər. Birincisi nohurun aşağı hissəsində yerləşdirilən ilanvari boru vasitəsilə, ikincisi isə həmin aşağı təbəqədə olan isti suyun istilikdəyəşdiriciyə ötürülməsi yolu ilə. Birinci üsul nohurdakı mayenin temperaturunun paylanmasına çox az mənfi təsir göstərir, lakin ikinci üsul isə istilik-energetik və iqtisadi cəhətdən çox əlverişlidir.



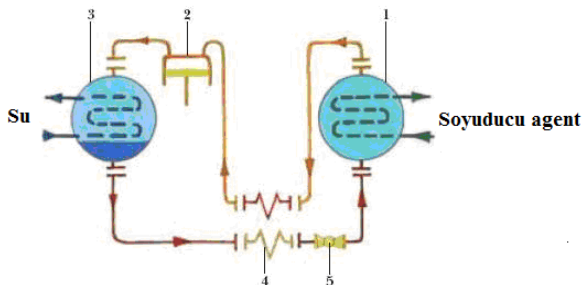
**Şəkil 21.2.** Günəş nohurunun ümumi görünüşü.

Günəş nohuru yaşayış evlərinin, ictimai binaların isitmə və isti su təchizatı sistemlərində, müxtəlif proseslər üçün texnoloji istiliyin alınması, havanın kondisionerləşdirilməsi və elektrik enerjisinin istehsalı sahəsində geniş şəkildə istifadə oluna bilər.

## **22. GÜNƏŞ ENERJİSİ VASİTƏSİLƏ SOYUQLUĞUN ALINMASI**

Bu məqsədlə buxar kompression və absorption soyuducu qurğular istifadə edilir. Yaşayış binalarında həm soyutma həm də isitmə məqsədilə istifadə ola biləcək bu qurğuların və istilik nasoslarının iş prinsipinə nəzər yetirək.

Buxar kompression soyuducu qurğunun prinsipial sxemi şəkil 22.1-də göstərilmişdir. Bu qurğu buxarlandırıcı, kompressor, kondensator, drossel ventili və birləşdirici borulardan ibarətdir. Burada işçi agent kimi əsasən freon F11, F12, F22, F113, F114 və digərləri istifadə edilir.



**Şəkil 22.1.** Buxar kompression soyuducu qurğunun prinsipial sxemi

Burada 1-buxarlandırıcı, 2-kompresor, 3-kondensator, 4-istilikdəyişdirici, 5-termotənzimləyici ventily.

Soyuducu qurğunun işini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar. Buxarlandırıcıya istiliyin  $Q_b$  verilməsi nəticəsində soyuducu agent uyğun olan aşağı temperatur və təzyiqdə buxarlanır. Soyuducu agentdən yaranan buxar ətrafdan enerji  $L_k$  məsrəf edən kompressor vasitəsilə sıxılır. Sonra kondensatordan istiliyin  $Q_k$  ayrılması zamanı buxar daha yüksək temperatur və təzyiqdə (buxarlandırıcı ilə müqayisədə) soyuyaraq kondensasiya halına gəlir. Soyuducu agent drossel ventilyindən keçəndən sonra, onun təzyiq və temperaturu buxarlandırıcının daxilindəki təzyiq və temperatur səviyyəsinə düşür və nəticədə soyuducu agentin bir hissəsi xaricdən istilik verilmədən buxarlanır. Soyuducu qurğunun işinin effektivliyi onun soyuqluq məhsuldarlığının

$Q_b$  kompressorda soyuducu agentin buxarının sıxılmasına sərf edilən işə  $L_k$  olan nisbəti təyin olunur  $\varepsilon = Q_b / L_k$ .

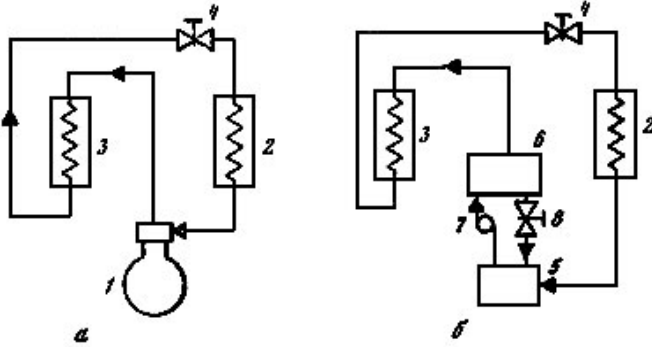
Tsikl buxarlandırıcıda  $T_b$  və kondensatorda  $T_k$  yaranan temperatur diapazonunda qərarlaşır, lakin ideal Karno tsiklinə uyğun gələn və maksimal mümkün olan soyutma əmsalı isə  $\varepsilon = T_b / (T_k / T_b)$  olacaqdır.

Soyutma əmsalı  $\varepsilon = 2 \div 4$  həddində olur, lakin kondensator və buxarlandırıcıda temperatur fərqlərinin azalması ilə o artır.

Absorbsion soyuducu qurğu

Absorbsion soyuducu qurğularda soyuqluğun alınması üçün istilikdən və işçi cism kimi isə soyuducu agent və absorbentdən ibarət binar qarışıqından istifadə olunur. Absorbent-elə bir mayedir ki, o, soyuducu agent ilə kimyəvi olaraq aşağı temperaturlarda birləşir, lakin yüksək temperaturlarda isə ayrılır. Əsasən aşağıdakı kimi qarışıqlardan istifadə olunur: su (soyuducu agent) – bromlu litium (absorbent) və ammiak (soyuducu agent) – su (absorbent).

Şəkil 22.2-də bromlu litium qarışığı ilə işləyən kompression (a) və absorbsion soyuducu qurğunun sxematik iş prinsipi göstərilmişdir.



**Şəkil 22.2.** Kompresion (a) və absorbsion soyuducu qurğuların sxemi.

Qurğu generatordan, kondensatordan, buxarlandırıcıdan, absorberdən, nasosdan, istilikdəyişdiricidən və drossel ventildən ibarətdir. Şəkildən görünür ki, sistemdə kompressor yoxdur, lakin əvvəlcə zəif məhlulda, absorberdə sonra isə nasos vasitəsilə soyuducu agentin həll olması ilə təzyiq qalxmağa başlayır. Tsikl bərk məhluldan buxarlanan su və günəş kollektorundan gələn istilik hesabına generatorda qızdırılan su buxarı hesabına yaranır. Generatorda temperatur  $77-99\text{ }^{\circ}\text{S}$ -yə bərabərdir. Generatordan çıxan buxar kondensatora daxil olur, orada su ilə  $37-40\text{ }^{\circ}\text{S}$ -yə qədər soyudularaq maye halına gətirilir, sonradan isə hissə-hissə drossel ventildə 7 genişlənərək buxarlanır. Suyun tam buxarlanması buxarlandırıcıda aşağı təzyiq və temperaturda  $4\text{ }^{\circ}\text{S}$  baş verir və bu zaman soyuducu agentin buxarlanması üçün otaqdakı havaya istilik



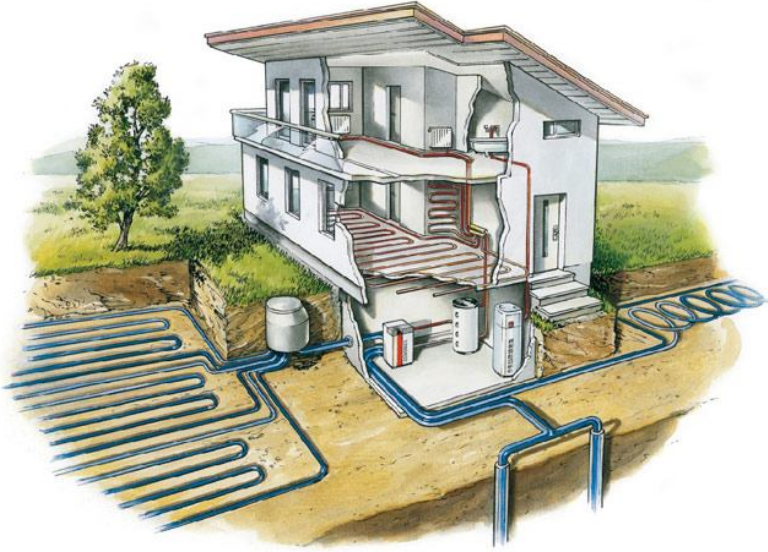
ötürülür. Aşağı təzyiqli buxar absorberə daxil olaraq zəif məhlul tərəfindən udularaq müəyyən qədər bərkidilir və nasos vasitəsilə istilikdəyişdiricidən keçərək generatora ötürülür. Tsikl zamanı isti cismin istiliyi kondensatordan ( $Q_k$ ) və absorberdən ( $Q_a$ ) ayrılır, amma generatora ( $Q_g$ ) və buxarlandırıcıya ( $Q_b$ ) verilir.

Absorbsion soyuducu qurğular üçün enerjinin çevrilmə əmsalı soyuqluq məhsuldarlığının generatora verilən istiliyin miqdarı arasındakı nisbətə bərabərdir. Bromlu litium ilə işləyən absorbsion soyuducu qurğular üçün bu əmsal 0,6-0,8, lakin su-ammiak ilə işləyən absorbsion soyuducu qurğular üçün isə 0,4-0,6 təşkil edir. Bu rəqəmlər elektrik enerjisi ilə işləyən buxar-kompressor qurğuları üçün 5-7 dəfə aşağıdır. Əgər nəzərə alsaq ki, istilik enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilmə əmsalı 0,33 təşkil edir və şəbəkədə olan enerji itkilərini də əlavə etsək, onda fərqi kifayət qədər aşağı olduğu aydın görəcəkdir.

### **23. İSTİLİK NASOSLARI**

İstilik nasosu soyuducu maşının əksinə işləyən bir avadanlıqdır. İstilik nasosu eynilə soyuducu maşının elementlərindən ibarət olub, digər temperatur rejimində işləyir və istilik mənbəyini ətraf

aləmdən (hava, su, torpaq, günəş enerjisi və.s) götürərək bina və evlərin qızdırılması üçün nəzərdə tutulmuşdur.



**Şəkil. 23.1.** Yaşayış binasının qızdırılması üçün istifadə olunan istilik nasosunun ümumi görünüşü.

İstilik nasosu qış aylarında evlərin qızdırılması, yay fəslində isə soyudulması üçün istifadə oluna bilər. Hal-hazırda 2 cür buxarkompression və absorpsion istilik nasosları mövcuddur. Adı soyuducu qurğuda olduğu kimi buxarkompression istilik nasosu da buxarlandırıcıdan, kompressordan, kondensatordan və drossel ventildən ibarətdir.

İstilik nasosunun tsikli buxarlandırıcıda və kondensatorda olan işçi agentin temperatur diapazonunda işə düşür. Buxarkompression istilik nasosunun enerji balansı tənliyi belə olur.  $q_m = q_b + l_k$ , burada  $q_m$  -kondensatordan ayrılan istiliyin miqdarı kC/kq,  $q_b$  -buxarlandırıcıya verilən istiliyin miqdarı kC/kq,  $l_k$  -kompresordakı soyuducu agentin sıxılmasına sərf olunan iş. Binaların qızdırılması zamanı istifadə olunan istilik nasosunun effektivliyi istilik əmsalı və ya enerjinin çevrilmə əmsalı ilə xarakterizə olunur  $\varphi = q_m / l_k$ .

İstilik nasos və soyuducu qurğuların maksimal effektivliyi, onların əks Karno tsiklinin buxarlandırıcı  $T_b$  və kondensatordakı  $T_k$  temperatur diapazonunda olduğu halda yaranır. Burada  $\varphi_k = T_k / (T_k - T_b)$  və  $\varepsilon_k = T_b / (T_k - T_b)$ .

Buxarkompression istilik nasosunun buxarlandırıcısının işçi agentinə verilən istilik mənbəyi kimi dəniz, göl, çay suyu, nəm torpaq, hava, günəş radiasiyası və s. istifadə oluna bilər. Burada istiliyin alınıb verilməsi istilikdaşıyıcının-(su və ya hava) dövr etdirilməsi hesabına baş verir.

İstilik mənbəyindən və istilik verilən mühitdən asılı olaraq istilik nasoslari iki yerə bölünür. Bunlardan isistmə məqsədi üçün su-su, torpaq-su,

hava-su, soyutma məqsədi üçün isə su-hava, torpaq-hava və hava-hava tipli istilik nasosları.

İstilik nasosunun həm isitmə həm də soyutma məqsədi ilə istifadə oluması üçün xüsusi drossel ventili və soyuducu agentin hərəkət istiqamətinin əks tərəflərə dəyişməsinə təmin edən dördgediqli klapan tələb olunur. Burada buxarlandırıcıda olan istilidəyişdirici isitmə sistemi zamanı kondensator rolunu oynayır, lakin soyutma zamanı isə əks rejimdə işləyir.

## **24. GÜNƏŞ ENERGETİK QURĞULARININ EKO–İQTİSADI GÖSTƏRİCİLƏRİ.**

Ekoloji cəhətdən təmiz sənaye sahəsi yaratmaq mümkündürmü? Cəmiyyətin ehtiyacı mövcud ekosistemin tələblərini nəzərə almaqla ödənilməlidir. Bütün hallarda texnoloji proseslər istehlak mallarının, o cümlədən neft emalı və neft-kimya sənayesi məhsullarının hər bir istehsal mərhələlərində ekoloji təmizliyini təmin etməlidir. Hazırda nəzərdən keçirilən sahələr üçün bu tələbləri aşağıdakı kimi səciyyələndirmək olar: istehlak məhsulları insanların və digər canlıların zərərli maddələrdən xəstələnməsinə səbəb olmamalıdır; məhsulların tərkibindəki zərərli maddələr təmamilə kənarlaşdırılmalıdır; istehsal qalıqları flora və faunanın ta-

razlığını pozmamalıdır; məhsullar elə ehtiyatlardan hazırlanmalıdır ki, ekosistem pozulmasın və s.

Ölkəmizdə ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılması üçün tullantısız və ya tullantısı az olan istehsal sahələrinin yaradılması olduqca vacibdir. Ona görə də hal-hazırda dünyanın bir sıra inkişaf etmiş ölkələrində olduğu kimi bizim respublikamızda da xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində tullantısız istehsal texnologiyalarının yaradılmasına xüsusi diqqət verilməlidir. Belə bir problemin həllinə hər bir istehsal sahəsində strateji məqsəd kimi baxılmalıdır. Məsələnin belə qoyuluşu həm təbii ehtiyatlardan səmərəli istifadə olunmasına əlverişli şərait yaradar, həm də ətraf mühitin mühafizəsinə münasibəti əsaslı şəkildə dəyişər. Buna nail olmaq üçün istehsalın təşkilində ekoloji tələblərin nəzərə alınması və elmi-texniki nailiyyətlərin istehsalatda tətbiqi daim genişlənməlidir. Ölkəmizdə mövcud istehsal obyektlərinin yenidən qurulması və yeni istehsal müəssisələrinin işə salınması ilə əlaqədar həyata keçirilən investisiya layihələrinin ekoiqtisadi qiymətləndirilməsi mərhələsində iki mühüm məsələyə, yəni təbii ehtiyatlardan rəşional istifadəyə və tullantısız istehsal texnologiyalarının tətbiqinə diqqət artırılmalıdır. Bununla əlaqədar olaraq eko-layihələr işlənərkən sənaye sahələrinin inkişafında elmi-texniki nailiyyətlərdən istifadənin aşağıdakı istiqamətlərini nəzərə almaq lazımdır:

İlk növbədə ekoloji cəhətdən təmiz, bərpa olunan və tükənməz enerji mənbələrindən istifadə olunmalıdır;

Tullantıların təkrar emalı vaxtı zəhərli maddələrin bir mərhələdən növbəti mərhələyə keçməsinə yol verməyən texnologiyalar işlənilməlidir;

Mütamadi olaraq təşkilati-texniki tədbirlər həyata keçirilməlidir;

Ekoloji mühafizə tədbirlərini nəzərdə tutan istehsal fondlarının yaradılmasına və meşələrin salınmasına yönəldilən, yeni investisiya layihələri işlənəlməlidir.

Respublikada neft hasilatı üzrə əsas çirkləndirici mənbələrin Bakı şəhərində yerləşdiyini nəzərə alaraq ekoloji tədbirlərə daxil edilən investisiya layihələrinin burada həyata keçirilməsinə xüsusi diqqət yetirilməlidir. Bundan ötrü başlıca sənaye müəssisələrində ekoloji ekspertiza keçirilməlidir.

Beləliklə, görüldüyü kimi istilik və elektrik enerjisinin alınması prosesində enerjidaşıyıcı kimi qaz və ya mazut yanacağı əvəzinə tədricən ekoloji cəhətdən təmiz və tükənməz olan günəş enerjisindən istifadə edilməsi həm iqtisadi həm də ekoloji cəhətdən böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Günəş enerjisindən istilik və elektrik enerjisinin alınması üçün günəş energetik qurğularından istifadə olunması barədə verilən təklifə yanacaq – enerji ehtiyatlarından istifadəyə yönəldilən investisiya layihəsinin bir hissəsi kimi baxmaq olar.

Bunun üçün günəş energetik qurğularının hazırlanmasının və işə salınmasının iqtisadi cəhətdən nə dərəcədə səmərəli olduğunu müəyyənləşdirmək üçün beynəlxalq təcrübədə geniş istifadə olunan investisiya layihələrinin iqtisadi səmərəliliyini qiymətləndirilməsi metodlarına müraciət edək. İnvestisiya layihələrinin iqtisadi səmərəliliyini qiymətləndirildikdə layihədə nəzərdə tutulan obyektin tikilməsinə və istismar olunmasına çəkiləcək xərclər və əldə ediləcək maliyyə nəticələri vaxt amili nəzərə alınmaqla qiymətləndirilib müqayisə olunur. Yəni investisiya layihəsinin həyata keçirilməsinə sərf ediləcək pul vəsaitləri axını və layihədən əldə edilməsi gözlənilən pul vəsaitləri eyni vaxt anına gətirilir və qiymətləndirilir. Pul vəsaitləri axınının dəyərinin vaxtdan asılı olaraq qabaqcadan qiymətləndirilməsi zamanı diskontlaşdırma əmsalından ( $D_0$ ) istifadə olunur. Diskontlaşdırma əmsalının qiyməti müəyyən edilərkən bank faiz normaları investorun qoyduğu kapitaldan gözlədiyi mənfəət norması və s. əsas götürülə bilər. Diskontlaşdırma əmsalı aşağıdakı düstura əsasən hesablanır:

$$D_0 = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (24.1)$$

Burada,  
 $r$ -diskont normasıdır və vahidin hissələri ilə ifadə olunur.

n-diskontlaşdırma dövrləridir və illərlə ifadə olunur.

İnvestisiya layihələrinin iqtisadi səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi və seçilməsi zamanı müxtəlif göstəricilərdən istifadə olunur. Onlara əsasən aşağıdakı göstəricilər aid edilir:

Xalis diskontlaşdırılmış gəlir və yaxud inteqral səmərə (XDG)

Daxili gəlirlilik norması və yaxud daxili mənfəətlilik norması (DGN)

Gəlirlilik indeksi və yaxud rentabellik indeksi (Gİ)

Ödənmə müddəti (ÖM)

XDG göstəricisi vasitəsilə investisiya layihəsinin həyata keçirilməsinin nəticələrinin pul ifadəsində əks etdirilməsi təmin edilir. XDG investisiya layihəsinin həyata keçirilməsindən daxil olan pul vəsaitlərinin cari dəyərindən həmin layihənin həyata keçirilməsinə sərf edilən investisiya vəsaitlərinin dəyərinin çıxılması yolu ilə tapılır. XDG aşağıdakı düstur vasitəsilə tapılır:

$$XDG=DPV-İV \quad (24.2)$$

Burada, DPV-investisiya layihəsinin həyata keçirilməsi müddətində daxil olan pul vəsaitlərinin cari diskontlaşdırılmış dəyəridir;



IV- investisiya layihəsinin həyata keçirilməsinə sərf edilən investisiya vəsaitlərinin dəyəridir (pulun məbləğidir).

İnvestisiya layihəsinin qiymətləndirilməsi zamanı XDG mənfi qiymət alarsa və yaxud da sifıra bərabər olarsa onda həmin layihənin həyata keçirilməsi investora əlavə gəlir gətirməyəcəkdir.

DGN göstəricisi investisiya layihəsinin həyata keçirilməsinin mənfəətlilik səviyyəsini xarakterizə edir. Diskont normasından istifadə olunmasına əsaslanan gəlirlilik indeksi göstəricisi kapital qoyuluşundan əldə edilən pul axınının gələcək diskontlaşdırılmış xalis dəyərinin layihənin həyata keçirilməsinə sərf edilən pul vəsaitlərinin cari dəyərinə nisbəti ilə ifadə olunur.

$$DGN = \frac{XDG}{IV} \cdot 100 \quad (24.3)$$

DGN qiymətini diskont norması qədər götürmək olar. Onda diskontlaşdırma prosesində xalis diskontlaşdırılmış gəlir sifıra bərabərləşəcəkdir.

Gəlirlilik indeksi (GI) layihənin həyata keçirilməsi nəticəsində əldə edilən pul vəsaitinin diskontlaşdırılmış məbləğinin investisiya məbləğinə nisbəti ilə müəyyənləşdirilir:

$$GI = \frac{DPV}{IV} \quad (24.4)$$

XDG müsbət qiymət alarsa onda  $G\dot{I} > 1$  olacaqdır. Əgər  $G\dot{I}$  vahiddən aşağı qiymət alarsa və yaxud da ona bərabər olarsa onda layihə qəbul olunmur, çünki o, investora əlavə gəlir əldə etməyə şərait yaratmır.

ÖM göstəricisi investisiya layihələrinin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsində ən çox istifadə edilən göstəricidir. ÖM investisiya layihəsinin həyata keçirilməsinə sərf edilən vəsaitlərin hansı bir minimal müddət ərzində geri qaytarılmasının (ödənilməsinin) mümkün olacağını ifadə edir. Başqa sözlə ödənmə müddəti investisiya qoyuluşundan hansı müddət keçdikdən sonra əlavə gəlir əldə ediləcəyini əks etdirən göstəricidir. ÖM aşağıdakı düstur vasitəsilə hesablanır.

$$\text{ÖM} = \frac{IV}{DPV(t)} \quad (24.5)$$

ÖM-investisiya layihəsinə yönəldilən vəsaitlərin ödənmə müddətidir və illərlə ifadə olunur.

DPV (t)-t müddətində investisiya layihəsindən daxil olan pul vəsaitlərinin illik orta cari dəyərini əks etdirən orta kəmiyyətdir.

ÖM nə qədər uzun olarsa bir o qədər pisdır, çünki bu faktor belə olduqda investisiya layihəsinin həyata keçirilməsi prosesinin risklilik dərəcəsinin bir o qədər yüksək olmasından xəbər verir. Bazar münasibətləri şəraitində bu amilin nəzərə alınması

investisiya layihələrinin reallaşdırıla bilməsi baxımından vacibdir.

Yuxarıda nəzərdən keçirilən investisiya layihələrinin iqtisadi səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi üsullarına və əldə edilmiş göstəricilərə əsasən təklif edilən günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismara verilməsinin həmin müəssisə üçün nə dərəcədə səmərəli olduğunu müəyyənləşdirək. Bundan ötrü təklif edilən investisiya layihəsi üzrə müəyyənləşdirilmiş və aşağıda verilmiş göstəricilərdən və cədvəl 24.1-dəki məlumatlardan istifadə edək.

**Cədvəl 24.1.** İnvestisiya layihəsi üzrə pul vəsaitləri axınının cari diskontlaşdırılmış dəyərini hesablanması.

İllər (t)	Pul vəsaitlərinin cari dəyəri (CPV)	10% diskontlaşdırma norması ilə hesablanmış diskont əmsalı (DƏ)	Pul vəsaitlərinin diskontlaşdırılmış dəyəri (DPV) $DPV_t = CPV_t \cdot DƏ$	Diskont əmsalının hesablanması $D_0 = \frac{1}{(1+r)^n}$
1-ci il	150300	0,909	136637	0,909
2-ci il	150300	0,826	124208	0,826
3-cü il	150300	0,751	112920	0,751
4-cü il	150300	0,683	102655	0,683
5-ci il	150300	0,620	93321	0,620
6-cı il	150300	0,564	84844	0,564
7-ci il	150300	0,513	77134	0,513
8-ci il	150300	0,466	70115	0,466
9-cu il	150300	0,424	63742	0,424
10-cu il	150300	0,385	57941	0,385
yekun	1503000	—	923517	—

Əvvəlcə günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismar edilməsi məqsədilə işlənmiş investisiya layihəsinin iqtisadi səmərəliliyinin hesablanması üçün istifadə olunan ilkin məlumatlara nəzər yetirək.

Layihəyə sərf ediləcək investisiyanın həcmi, manat ... 500000

İnvestisiya layihəsinin hesablamada nəzərdə tutulmuş istismar müddəti, il ... 10

Layihənin həyata keçirilməsi nəticəsində qənaət ediləcək pul vəsaitlərinin həcmi, manat ... 1503000

O cümlədən illər üzrə:

1-ci ildə, manat ... 150300

2-ci ildə, manat ... 150300

3-cü ildə, manat ... 150300

4-cü ildə, manat ... 150300

5-ci ildə, manat ... 150300

6-cı ildə, manat ... 150300

7-ci ildə, manat ... 150300

8-ci ildə, manat ... 150300

9-cu ildə, manat ... 150300

10-cu ildə, manat ... 150300

Cəmi, manat ... 1503000

Pul vəsaitləri axınının vaxtdan asılı olaraq dəyərinin qiymətləndirilməsində istifadə olunan diskontlaşdırma norması, % ... 10.

Burada investisiya layihəsinin hesablamada nəzərdə tutulmuş istismar müddəti qurğunun amortizasiya müddətinə bərabər götürülmüşdür. Qurğunun istismarı sözsüz ki, qeyd olunan istismar müddətindən sonra da davam etdiriləcəkdir. Ancaq hesablamada həmin müddət nəzərə alınmayıb.

Birinci üsuldən, günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismar edilməsi məqsədilə işlənmiş investisiya layihəsinin iqtisadi səmərəliliyinin hesablanması üçün istifadə olunan ilkin məlumatlardan və cədvəl 24.1-dən istifadə edərək günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismara verilməsi layihəsinin həyata keçirilməsindən əldə olunan xalis diskontlaşdırılmış gəlir göstəricisini müəyyənlişdirək:

$$XDG=DPV-İV=923517-500000=423517 \text{ manat}$$

Deməli təklif edilən investisiya layihəsindən əldə edilən xalis diskontlaşdırılmış gəlir 423517 manat təşkil edir. Bu o deməkdir ki, əgər sərməyəçi 500000 manat dəyərində layihəni həyata keçirsə on ildən sonra həm layihəyə sərf etdiyi 500000 manatı həm də qoyulmuş kapitala əlavə olaraq 423517 manat gəlir əldə edə biləcəkdir.

İkinci üsuldən və eləcə də verilmiş göstəricilərlə və cədvəl 24.1-dəki məlumatlardan istifadə etməklə xam neftin emala hazırlanması prosesi üçün günəş energetik qurğularının quraşdırılması layihəsi üzrə

daxili gəlirlik norması göstəricisini müəyyənləşdirək. Bu zaman elə diskont norması tapılmalıdır ki, ondan istifadə etdikdə 10 il ərzində əldə edilən pul vəsaitləri axınının cari dəyəri layihəyə sərf edilən investisiyanın məbləğinə bərabər gətirilmiş olsun. Axtarılan diskont normasını tapmaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunması lazımdır.

$$\begin{aligned} \text{DGN} &= \frac{XDG}{IV} \cdot 100 = \\ &= \left( \frac{423517}{500000} \cdot 100 \right) = 84,70\% : 10 = 8,47\% \end{aligned}$$

Alınmış nəticədən göründüyü kimi layihənin daxili gəlirlik norması yüksəkdir və DGN-nın hər ilə düşən qiyməti 8,47% olsa da onun ümumi qiyməti 84,7% təşkil edir.

Üçüncü üsuldən və eləcə də verilmiş göstəricilərlə və cədvəl 24.1-dəki məlumatlardan istifadə etməklə investisiya layihəsinin gəlirlik indeksi göstəricisini hesablayaq.

$$\text{GI} = \frac{DPV}{IV} \cdot 100 = \frac{923517}{500000} = 1,847$$

Alınmış nəticəyə əsasən layihənin həyata keçirilməsindən əldə edilən ümumi gəlir layihəyə sərf olunan maliyyə vəsaitinin dəyərindən yəni gəlirlik

indeksinin qiyməti vahiddən böyük olduğu üçün investisiya layihəsinin həyata keçirilməsi iqtisadi cəhətdən sərfəli hesab olunur. Deməli layihəyə sərf edilmiş vəsait 1,8 dəfə özünü doğruldur.

Dördüncü üsuldan və eləcə də verilmiş göstəricilərlə və cədvəl 24.1-dəki məlumatlardan istifadə edərək layihənin həyata kesirilməsinə sərf edilən vəsaitlərin ödənmə müddətini hesablayaq. Bundan ötrü əvvəlcə aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə investisiya qoyuluşundan on il ərzində əldə edilən pul vəsaitlərinin orta illik cari dəyərini hesablayaq:

$$DPV(t) = \frac{\sum_{t=1}^n DPV^n}{t} = \frac{923517}{10} = 92351,7 \text{ manat}$$

İnvestisiyanın ödənmə müddətini isə aşağıdakı kimi tapa bilərik:

$$ÖM = \frac{IV}{DPV(t)} = \frac{500000}{92351,7} = 5,4 \text{ il}$$

Deməli, günəş energetik qurğularının quraşdırılması və istismarı üzrə investisiya layihəsinin reallaşdırılmasına sərf edilən investisiya resursları 5,4 il ərzində ödəniləcəkdir.

Yuxarıda hesablanmış göstəricilər kompleksinə əsaslanaraq qeyd etmək olar ki, təklif edilən investisiya layihəsinin həyata keçirilməsi sərmayəçilər üçün iqtisadi cəhətdən sərfəlidir. Onu da

nəzərdən qaçırmaq olmaz ki, layihə həm də ekoloji cəhətdən sərfəlidir. Belə ki, bu layihəni həyata keçirən zaman qaz yanacağına qənaət edilməsi nəticəsində atmosfərə atılan zərərli qaz qarışıqlarının da bilavasitə qarşısı alınır.

Beləliklə, yuxarıda təklif edilən investisiya layihəsinin iqtisadi səmərəlilik göstəriciləri aşağıdakı kimi xarakterizə olunur.

$XDG=423517$  manat

$DGN=8,47\%$

$Gİ=1,84$

$ÖM=5,4$  il

Bütün bunlar təklif edilən layihənin həyata keçirilməsinin həm iqtisadi həm də ekoloji cəhətdən əhəmiyyətli olduğuna əsaslı şəkildə dəlalət edən faktorlardır və sərmayəçilər üçün kifayət qədər əsaslandırılmış investisiya qoyuluşu qərarının qəbul edilməsinə şərait yaradacaqdır.



## Ə L A V Ə

### AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ GÜNƏŞ ENERJİSİ POTENSİALI XƏRİTƏLƏRİ

**Xəritə I.** İllik günəş parıltısı saatlarının miqdarı.

**Xəritə II.** İl ərzində günəşsiz günlərin miqdarı.

**Xəritə III.** Açıq havada horizontal səthə düşən birbaşa günəş radiasiyası.

**Xəritə IV.** Yarımbuludlu havada horizontal səthə düşən birbaşa günəş radiasiyası.

**Xəritə V.** Açıq havada səpələnən günəş radiasiyası.

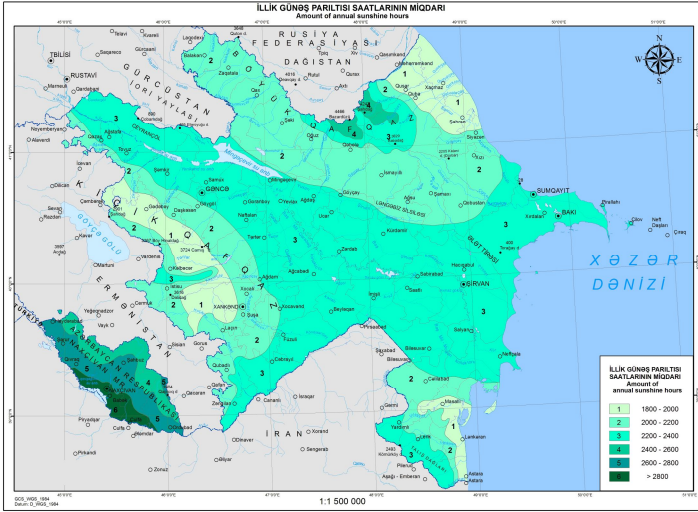
**Xəritə VI.** Yarımbuludlu havada səpələnən günəş radiasiyası.

**Xəritə VII.** Açıq havada ümumi günəş radiasiyası.

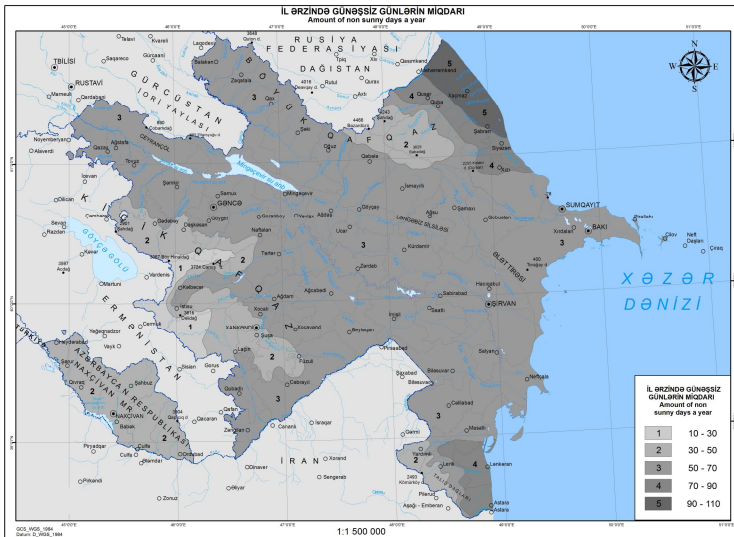
**Xəritə VIII.** Yarımbuludlu havada ümumi günəş radiasiyası.

**Xəritə IX.** Açıq havada albedo günəş radiasiyası.

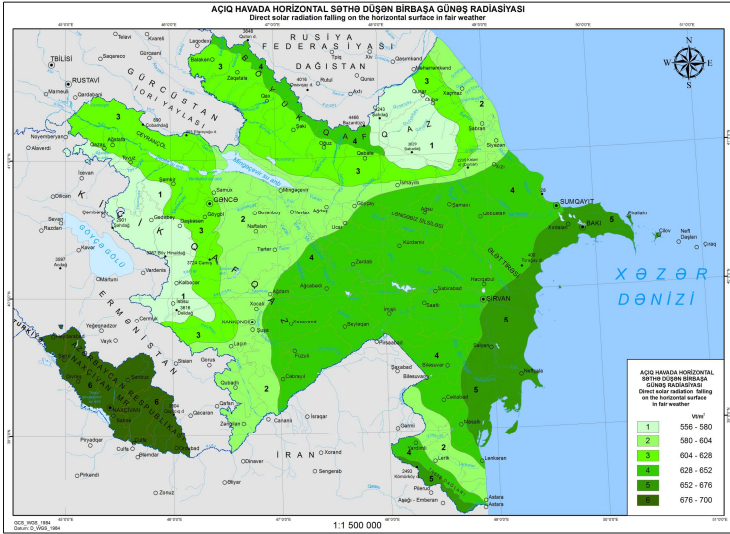
**Xəritə X.** Yarımbuludlu havada albedo günəş radiasiyası.



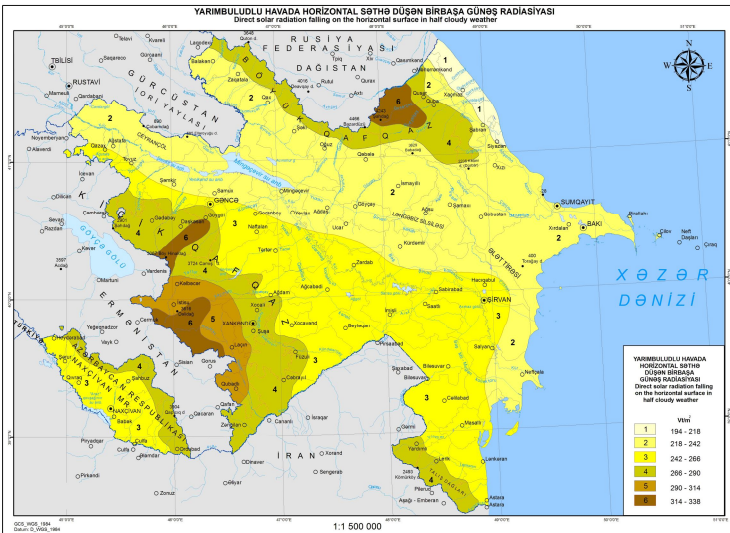
Xəritə I.



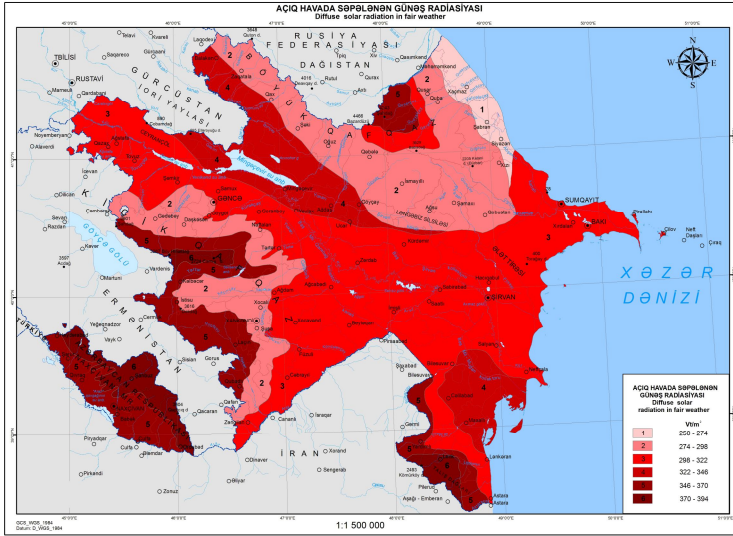
Xəritə II.



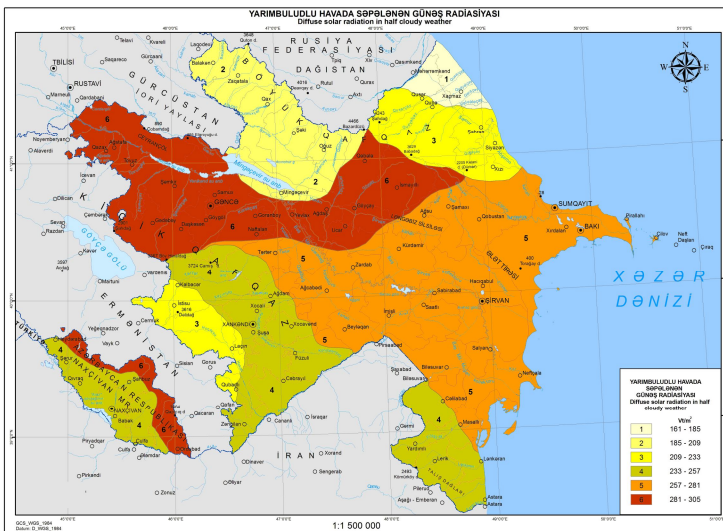
Xəritə III.



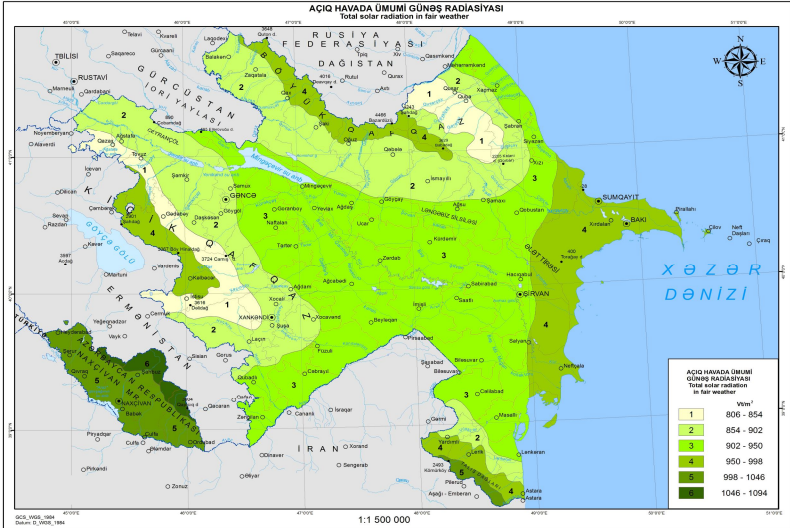
Xəritə IV.



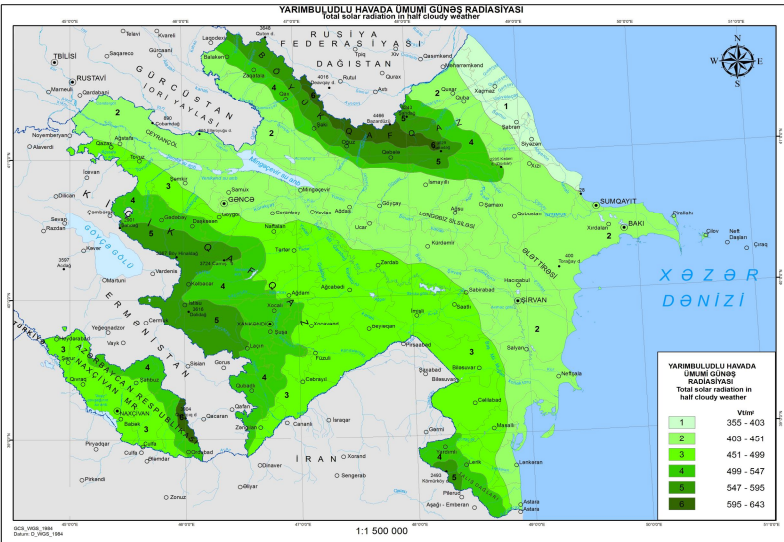
Xəritə V.



Xəritə VI.

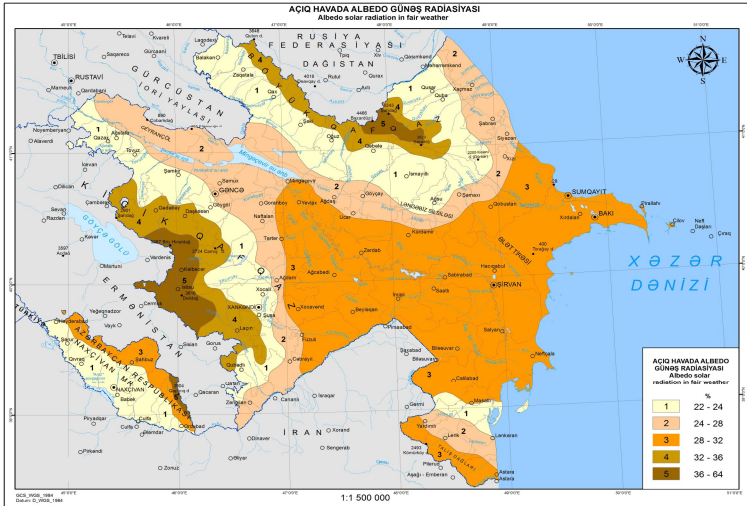


Xəritə VII.

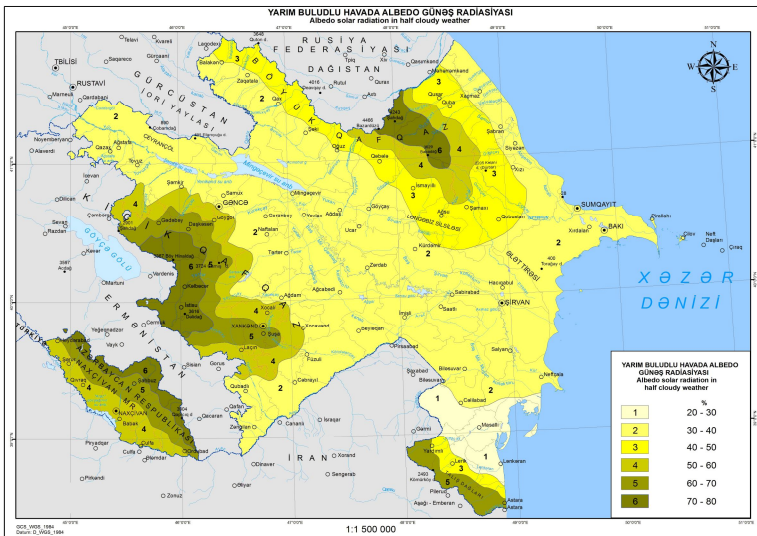


Xəritə VIII.





Xəritə IX.



Xəritə X.

## Ə D Ə B İ Y Y A T

Mammadov F.F. Application of solar energy in the initial crude oil treatment process in oil fields // Journal of Energy in Southern Africa, 2006, vol 17, №2, p. 27-30.

Mammadov F.F. Ecological advantage of solar and wind energy application in crude oil treatment process in oil fields /Petroleum Geology & Hydrocarbon Potential of Caspian and Black Sea Regions, 6-8 October 2008, Baku, Azerbaijan.

Mammadov F.F. Possibility of solar and wind energy plants' application in crude oil treatment process / TPE-2008 4th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering, 4-6 September 2008, Pitesti, Romania, pp. VII-17-VII-19.

Mammadov F.F. Solar energy application for purification and treatment of oily waste in oil fields / Tenth World Renewable Energy Congress and Exhibition 2008, 19-25 July, Glasgow, Scotland. pp. 452-455.

Mammadov F.F., Samadova U.F. & ot. Experimental results of using a parabolic trough solar collector for thermal treatment of crude oil // Journal of Energy in Southern Africa, vol 19, No1, February 2008, p. 70-76.

Mammadov G.Sh., Samadova U.F., Mammadov F.F. Economical benefit of renewable energy

(solar and wind energy) application instead of fire wood / TPE-2008 4th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering, 4-6 September 2008, Pitesti, Romania, pp. VII-25-VII-26.

Martin D., Luis R. Approximate steady-state modeling of solar trough collectors // Solar energy, 1987, v38, p.447-454

Məmmədov F.F., Səmədova Ü.F. və b. Neft sənayesində bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunmasının texniki-iqtisadi və ekoloji əsasları / Xəzərneftqazyataq-2008, Bakı, 5-6 noyabr, Elmi-praktiki konfransı. s.84.

Məmmədov F.F., Səmədova Ü.F., Hüseynov Q.M. Günəş energetikası terminləri lüğəti. Yeddi dildə. Bakı, Elm, 2009. 362 səh.

Məmmədov Q.Ş., Səmədova Ü.F., Məmmədov F.F. Bonitirovka üsulunun meşəaltı torpaqlara tətbiqinin praktik əhəmiyyəti / “Biologiyada elmi nəaliyyətlər” Bakı Dövlət Universitetinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş respublika elmi konfransı. Bakı 2009. səh. 315-316.

Məmmədov Q.Ş., Səmədova Ü.F., Məmmədov F.F. Pirqulu meşələrinin və meşəaltı torpaqlarının mühafizəsi məqsədilə günəş və külək enerjisindən istifadə olumasının texniki və ekoloji aspektləri. Torpaqşünaslıq və Aqrokimya əsərlər toplusu. XVIII cild. Bakı 2009. səh 364 – 370.



Mitchell J.I. The changing global environment. A Reassessment of atmospheric pollution as a cause of long term changes in global temperature. In, Singer S, F, 1975, 322 p.

Muehlratzer A., Goerler G.P., Erben E. et al. Selection of a black chrome bath for continuous tube-plating and the properties of the coatings deposited from it // Solar Energy, 1981, v.27, p.115-120

Parmpal S., Cheema L.S., Performance and optimization of a cylindrical-parabola collector // Solar Energy, 1976, v.18, p.135-141

Schüler A., Roecker C., Boudaden J. et al. Potential of quarterwave interference stacks for colored thermal solar collectors // Solar Energy, 2005, v.79, p.122-130

Tanaka T., Sawata S., Tani T. et al. Aterrestrial solar thermal electric power system-development of basic model system // Solar Energy, 1977, v.19, p.335-341

Wood M., Fulop L. Environment and development. Why energy matters // Sun World, 1992, v.16, p.24-25.

Абуев И.М., Вулис М.Л., Григорьян Л.З., и др. Энергетический модуль солнечной параболоцилиндрической установки // Гелиотехника, 1986, №2, с.13-16

Алиев.А.И. Нефть в XXI веке // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2003, №4, с. 42-46

Байматов Т. Газиев У.Х. Абидов Т.З. Исследование теплоприемника солнечной энергии // Гелиотехника, 1979, №3, с.37-40

Бретшнайдер Б., Курфюрст И. Охрана воздушного бассейна от загрязнений, технология и контроль: Пер. с англ. Под ред. А.Ф. Туболкина. Л.: Химия, 1989, 288 с.

Грилихес В.А. Концентраторы солнечной энергии. Л.: Наука, 1972, 62с.

Девис А., Шуберт Р. Альтернативные природные источники энергии в строительном проектировании. Перевод с англ. А.С. Гусева. Под ред. Э. В. Сарнацкого. М.: Стройиздат, 1983, 190 с.

Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии (пер с англ) М.: Мир, 1977, 420 с.

Davies P. A solar cooling system for greenhouse food production in hot climates // Solar energy, 2005, v.79, p.661-668

Dennis L. Operational evaluation of the grid-connected coolidge solar thermal electric power plant. // Solar energy, 1987, v38, p.11-24

Захидов Р.А., Умаров Г.Я., Вайнер А.А. Теория и расчет гелиотехнических концентрирующих систем. Ташкент: Фан, 1977, 143 с.

Кохова И.И., Сасин В.Я., Бородкин А.А. и др. Тепловая труба для солнечной параболо-

цилиндрической установки // Гелиотехника, 1982, №4, с.21-24

Кривоногов Б.М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. Л.: Недра, 1986, с. 280

Мамедбейли Г. Д. Простые, дешевые и надежные солнечные водонагреватели. Баку: Элм, 1970, 56 с.

Мамедов Ф.Ф. и др. Экспериментальное исследование тепловых процессов параболоцилиндрической солнечной установки для подготовки сырой нефти к переработке на нефтепромыслах // Альтернативная Энергетика и Экология, 2005, №7, с.56-58

Мамедов Ф.Ф., Самедова У.Ф. Перспективы использования энергии ветра в условиях Азербайджана // Альтернативная Энергетика и Экология. Москва, 2009 №7 (75), с. 52-64.

Мамедов Ф.Ф., Самедова У.Ф. и др. Расчет параболоцилиндрического солнечного концентратора для подготовки сырой нефти к переработке // Энергетика за рубежом. М.:2007, Выпуск 6, с.45-49.

Məmmədov F.F. və b. Neftin susuzlaşdırılması prosesində günəş enerjisindən istifadə edilməsinin səmərəliliyi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2006, №1, s. 54-59

Недужий И.А., Алабововский А.Н. Техническая термодинамика и теплопередача. Киев, Высшая школа, 1978, 223 с.

Очилов Б.М., Назруллаев М.Н., Баракаева М.Б. Применение параболоцилиндрического концентратора для тепловой обработки молока // Гелиотехника, 1997, №4, с. 82-85

Смола А. Расчет оптической части параболоцилиндрического коллектора // Гелиотехника, 1991, №4, с.50-53

Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1990, 392 с.

Məmmədov F.F. Günəş enerjisindən istifadə etməklə xam neftin emala hazırlanması üçün energetik qurğunun işlənməsi: Tex.elm.nam. ... dis. Bakı, 2007, 157 s.

Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат, 1991, 208 с.

Əliyev T.N. Marketinqin təşkili və idarə olunması. Neft emalı və neft-kimya sənayesi müəssisələrində. Bakı: ADNA, 2004, 568 s.

Əliyev T.N., Əhmədov B.Ə. Neft emalı və neft-kimya müəssisələrinin iqtisadi potensialından istifadənin yaxşılaşdırılması yolları. Bakı: Elm, 2003, 188 s.

Əliyev T.N., Məlikov Y.A., Əhmədov B.Ə.  
Neft emalı və neft-kimya sahələrinin eko-iqtisadi problemləri. Bakı: Elm, 2005, 226 s.

Коломец Н.В., Маркман М.А., Шматок Ю.И.  
Расчет коэффициента концентрации параболоци-  
линдрического концентратора // Гелиотехника,  
1980, №5, с. 24-28

Теплотехнический справочник. Том 1. Под  
общей редакции В.Н.Юрнева и П.Л.Лебедева. М.:  
Энергия, 1975, 77 с.

# M Ü N D Ə R İ C A T

<i>Ön söz</i> .....	4
<i>Giriş</i> .....	6
1. Günəş enerjisi .....	9
2. Günəşlə Yer arasındakı əlaqə .....	16
3. Günəş radiasiyasının növləri və onları ölçmək üçün cihazlar .....	22
4. Günəş enerjisi qiymətlərinin təyini.....	34
5. Əsas meteoroloji göstəricilər.....	38
6. Günəş energetik qurğularının günəşə nisbətən vəziyyəti.....	44
7. Günəş energetik qurğularının ümumi təsnifatı.....	55
8. Günəş suqızdırıcı kollektorlar.....	59
9. Günəş havaqızdırıcı kollektor.....	63
10. Günəş istilik akkumulyatoru.....	67
11. Kombinə olunmuş günəş havaqızdırıcı kollektoru-istilik akkumulyatoru.....	73
12. Vakuum günəş kollektoru.....	75
13. Günəş mətbəxi.....	79
14. Parabolosilindirik konsentratordlu günəş energetik qurğusu .....	82

<b>15.</b> Parabolosilindirlik konsentrasiatorun İstilik-energetik xarakteristikalarının konstruktiv, həndəsi, optik və klimatik parametrlərdən asılı olaraq dəyişmə mexanizminin təyini.....	100
<b>16.</b> Günəş parabolik konsentrasiatoru.....	124
<b>17.</b> Günəş fotoelement gücləndiricisi.....	133
<b>18.</b> Günəş enerjisi ilə isti su və istilik təchizati sistemlərində istifadə edilən çoxkonturlu istilikdəyişdiricilər .....	143
<b>19.</b> Günəş Stirling mühərriyi .....	155
<b>20.</b> Günəş istilik-energetik qurğuları üçün selektiv səthlər .....	164
<b>21.</b> Günəş nohuru .....	165
<b>22.</b> Günəş enerjisi vasitəsilə soyuqluğun alınması .....	168
<b>23.</b> İstilik nasoslari .....	172
<b>24.</b> Günəş energetik qurğularının eko-iqtisadi göstəriciləri .....	174
<b>Əlavə.</b> Azərbaycan respublikasının günəş enerjisi potensialı xəritələri .....	187
<b>Ədəbiyyat</b> .....	193

**Fuad Faiq oğlu Məmmədov**

**AZƏRBAYCANDA GÜNƏŞ  
ENERJISİNDƏN İSTİFADƏ VƏ MÜASİR  
GÜNƏŞ ENERJETİK QURĞULARI**

***(Dərs vəsaiti)***

---

*Yığılmağa verilmiş 22.08.2011. Çapa imzalanmış: 11.09.2011.  
Ofset kağızı. Ofset çap üsulu. Həcmi: 13 f.ç.v. Tiraj: 200  
“Proqres” Nəşriyyatının mətbəəsində çap olunmuşdur. Sifariş № 4.  
Ünvan: Bakı ş. İ.Qutqaşınlı küç., 97.  
Tel: 510-02-80, E-mail: mail@proqres.com  
Web: www.proqres.com*

---

*Nəşriyyat redaktoru:*

***C.A. Cəfərov***

*Nəşrə hazırlayanlar:*

***R.M. Məmmədov, A.A. Xankişiyev***