

**AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT VƏ SƏNAYƏ UNİVERİSTETİ**

**MUSTAFAZADƏ RUHANGİZ NİZAMİ**

**YASTI GÜNƏŞ KOLLEKTORLARININ EKOLOJİ  
SƏMƏRƏLİYİNİN TƏDQIQI**

**İxtisaslaşma 060609.4 – Bərpa olunan enerji mənbələri**

**MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI**

**Elmi rəhbər**

**t.e.n.dos. Abdullayeva G.**

**Antiplagiat sisteminnən keçmişdir**

**t.e.n.dos. Dəmirova C.**

**BAKİ – 2023**

## REFERAT

Magistr dissertasiya işi yastı günəş kollektorlarının istilik və elektrik enerjisinin alınmasının səmərəliliyinin tətbiqinə həsr olunmuşdur.

Tədqiqat obyektı – Bərpa olunan enerji növü olan günəş enerjisindən istifadə üsulu, günəş kollektorlarının növü olan yastı günəş kollektorlarından istifadə olunaraq istilik və elektrik enerjisinin alınması üsullarıdır.

Tədqiqat üsulu – hesablama modeli işlənməsi və kompüter simulyasiyasına əsaslanan analitik üsuldur.

Girişdə müasir dövrdə dünyada və o cümlədən respublikamızın bir çox zonasında istifadə olunan günəş enerjisindən istifadə yolları, onların müasir problemləri, əsas üstün və mənfi cəhətləri, mövzunun aktuallığı və yeniliyi əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsədi şərh olunmuşdur.

Birinci fəsildə bərpa olunan enerjilərdən, ən geniş yayılmış günəş enerjisindən ədəbiyyat icmalında verilmişdir. Günəş enerjisindən istifadənin əsas xüsusiyyətləri, növləri, onların hər biri haqqında məlumatlar yer almış, üstün və mənfi cəhətləri göstərilmişdir.

İkinci fəsildə biz tədqiqatın aparılma metodikasını seçib, günəş stansiyamıza da hansı qurğuların istifadə olunacağı və onların düzgün formada yerləşdirilməsini təqdim etmişik.

Üçüncü fəsildə MS Excel riyazi proqramının köməyindən istifadə etməklə işlədiyimiz hesabat işlərinin kompüter simulyasiyasının nəticələri dəqiq olacaq şəkildə göstərilmişdir. Bununla biz binada hər hansı hissədə nə qədər enerji və illik lazım olacaq enerjini hesablamışıq.

Nəticədə tədqiqatın yekun cəmi, təklif və tövsiyələr verilir.

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация посвящена выработке тепла и электроэнергии с использованием пеллет в Аранском экономическом районе.

Объектом исследования являются способы получения тепла и электроэнергии с использованием биомассы твердой формы – пеллет.

Метод исследования представляет собой аналитический метод, основанный на численном моделировании и компьютерном моделировании.

Во введении обосновываются способы использования энергии биомасс в современном мире, в том числе в низменных районах нашей республики, их современные проблемы, основные преимущества и недостатки, актуальность и новизна темы, поясняет цель исследования.

В первой главе дается обзор литературы по возобновляемым источникам энергии, конкретно по биоэнергетике. Указаны основные особенности биомассы их преимущества и недостатки.

Во второй главе мы выбрали методологию проведения исследования, представили, какие устройства будут использоваться в нашей солнечной станции и их размещение в правильном виде.

В третьей главе результаты компьютерного моделирования отчетных работ, с которыми мы работаем, с помощью математической программы MS Excel показаны так, чтобы они были точными. При этом мы подсчитали, сколько энергии и годовой энергии потребуется в любой части здания.

В результате дается окончательный итог исследования, предложения и рекомендации.

## **ABSTRACT**

The master's dissertation is devoted to the application of heat and electricity efficiency in the Aran economic region.

The object of research is the use of bioenergy, a type of renewable energy in the Aran economic region, methods of obtaining heat and electricity using pellets, a solid form of biomass.

The research method is an analytical method based on computational modeling and computer simulation.

The introduction substantiates the ways of using biomass energy in the modern world, including in the lowlands of our republic, their modern problems, main advantages and disadvantages, relevance and novelty of the topic, the purpose of the study is explained.

The first chapter gives a review of the literature on renewable energy, the most widespread bioenergy.

In the second chapter, we have chosen the methodology of conducting the research, we have presented which devices will be used in our solar station and their placement in the correct form.

In the third chapter, the results of the computer simulation of the report works we work with using the help of the MS Excel mathematical program are shown in such a way that they are accurate. With this, we have calculated how much energy and annual energy will be needed in any part of the building.

As a result, the final summary of the study, suggestions and recommendations are given.

# Mündəricat

<b>Giriş</b> .....	6
<b>I FƏSİL. Günəş enerjisi haqqında ədəbiyyatda olan ümumi məlumat icmal</b> .....	9
1.1. Bərpa olunan enerji növlərinin təsnifatı .....	9
1.2. Enerji və qlobal ekosistem .....	23
<b>II Fəsil . Günəş qurğularının istifadəsi üsulları</b> .....	30
2.1. Günəş qurğuları .....	30
2.1.1. Ümumi məlumat.....	30
2.2. Günəş kollektorları.....	47
2.2.1. Yastı günəş kollektorları .....	47
<b>III FƏSİL. GÜNƏŞ RADİASİYASININ İZLƏNİLMƏSİ VƏ HESABLANMASI</b> .....	59
3.1. Günəş radiasiyasının iqlimdən asılı xüsusiyyətləri .....	59
3.2. Maili səthə düşən günəş enerjisi axınının hesablanması .....	64
3.3. Radiasiya qəbuledici səthin meyl bucağının optimallaşdırılması .....	69
3.4. Günəş enerjisinin fototermal çevrilməsi.....	73
3.5. Günəş kollektorlarının xüsusiyyətlərinə iş şəraitinin təsiri .....	78
3.6. Günəş enerjisi qurğusundan əldə edilən istilik enerjisinin hesablama alqoritmi.....	79
3.7. Düz lövhəli günəş kollektorlarının bina divarına quraşdırıldıqda onların istilik səmərəliliyinin hesablanması; optimal bucaq qiymətinin seçilməsi .....	80
3.8. Günəş kollektorunun istilik səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi .....	81
3.9. Günəş kollektorlarının geokoloji səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi.....	82
<b>Nəticə</b> .....	85
<b>Ədəbiyyat</b> .....	86

## Giriş

Son illərdə dünyanın inkişaf etmiş ölkələri öz siyasətlərini daha çox davamlı inkişafı təmin etmək istiqamətində qururlar. Dünyanın iqtisadi inkişafında enerji resurslarının rolu ənənəvi olaraq həmişə yüksək olmuşdur. İqtisadi inkişafın bir modeli olan davamlı inkişafda əsas məqsəd ətraf mühiti qorumaqla insanların ehtiyacları üçün mövcud resurslardan istifadə olunmasını təmin etməkdir. Belə ki, bu resurslar istifadə olunarkən yalnız indiki zamana görə yox, eyni zamanda gələcək nəsillərin enerji ehtiyacları da nəzərə alınmalıdır. Müasir dövrdə enerjiyə və enerji resurslarına olan tələbatı nəzərə alsaq, onda davamlı enerji siyasətinin nə qədər əhəmiyyətli olduğunu görə bilərik. Bir sıra ölkələrdən olan Yaponiya, Cənubi Koreya, İtaliya, ABŞ və digər bu kimi ölkələrdə enerji resurslarından daha səmərəli istifadəsi nəticəsində yüksək iqtisadi tərəqqi əldə edilmişdir. Davamlı enerji siyasəti iki əsas istiqamətdən ibarətdir. Bunlardan biri bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin artırılması, digəri isə enerjiyə qənaət və enerji səmərəliliyinin artırılması siyasətləridir. Ənənəvi enerji resurslarının emalı nəticəsində ətraf mühitə verilən ziyan, bu resursların tükənməsi və ölkələrin enerji təhlükəsizliyini təmin etmək istəmələri davamlı enerji siyasətinin hər iki istiqaməti tədbirlərin görülməsinə gətirib çıxarmışdır. Bərpa olunan enerjinin geniş yayılmış olan günəş enerjisidir. Günəş enerjisi –Günəş işığının texnologiyalar vasitəsilə enerjiyə çevrilməsidir. Yer səthinə düşən Günəş enerjisinin miqdarı alimlərin hesablaması nəticəsində bütün neft, təbii qaz, daş kömür və digər yanacaq ehtiyatlarından çoxdur. Aydın olur ki, 0,013 %-nin istifadə olunması ilə bugünkü dünya energetikasının bütün ehtiyaclarını təmin etmək olardı. Günəş enerjisinin istifadəsinin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, günəş qurğuları işləyənlər zaman parnik effekti yaranmır, havanın çirklənməsi baş vermir, istilik aşağı atmosfer qatlarına yayılmır. Günəş enerjisinin yalnız bir mənfi xüsusiyyəti var ki, o da atmosferin vəziyyətindən, günün və ilin vaxtından asılı olmasıdır. Günəşin daxilindəki temperaturun və təzyiqin yüksək olması nəticəsində, orada gedən proses hidrogen bombasında –nüvə reaktorunda olan kimi baş verir. Günəşdə istilik və

nüvə reaksiyasının nəticəsində dörd ədəd hidrogen atomu birləşib bir ədəd helium atomu əmələ gətirir. Bu reaksiyanın nəticəsində külli miqdar istilik enerjisi və işıq şüalanması alınır.

Günəş enerjisini istiliyə çevirmək üçün müxtəlif növ kollektorlardan istifadə olunur. Yüksək temperatur yaradan kollektorlarda Günəş işığını əks etdirən, toplayan və Günəşin istiqaməti üzrə hərəkət edən parabolik güzgülərdən istifadə olunur. Bu kollektorlarda xüsusi maye üçün nəzərdə tutulan istilik dəyişmə sistemi də daxildir. Səmərəliliyinə görə Günəş kollektorlarından istifadə olunaraq mərkəzləşdirilmiş enerji sistemlərindən uzaq olan ərazilərdə özünü doğruldur.

İşin aktuallığı. İşin aktuallığı ənənəvi enerji resursları, yəni qalıq yanacaqlardan istifadə etməklə yerli bərpa olunan enerji mənbələri ilə ekoloji cəhətdən təmiz enerjinin alınmasıdır. Karbohidrogenlərin (neft, qaz) tükənmə qabiliyyətini və qiymətlərin daimi artımını nəzərə alaraq onları, bərpa olunan enerjidən istifadə imkanlarını nəzərdən keçirmək məqsəduyğundur. Azərbaycan Respublikasının şəraitində istilik enerjisi istehsalı üçün biokütlənin enerjisi böyük maraq doğurur.

Bu gün Azərbaycanda günəş enerjisindən istifadə çox geniş yayılmışdır və əsas istilik enerjisi mənbəyidir. Respublikamızın bir çox **günəşli yerlərində günəş enerjisindən daha səmərəli istifadə olunmadığını araşdırdıq.** Mənbə kimi günəş şüalarının ekoloji və iqtisadi səmərəliliyi olan yerlərdə enerji istehlakı əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olur.

İşin məqsədi: ictimai binalarda günəş enerjisindən istifadənin səmərəliyinin artırılması.

Tədqiqatın obyektı: günəş panelləri.

**İşin elmi yeniliyi:**

**Yenilik olaraq enerjinin fəaliyyətinin tam təsviri üçün nəzərdə tutulmuş yanacaq təchizatının və etibarlığının təhlili.**

Günəş enerjisinin daha səmərəli istifadə üçün fotoelementlərdə elektrik enerjisinə çevrilməsi ilə həyata keçirilir. Fotoelementlər işığa həssas yarımkeçirici materiallardan

olan selen, silisium, qallium arsenidi, kadmium sulfidi və s. element tərkibli materiallardan hazırlanır. Bu materiallarda xüsusi p-n keçidi tərəfindən işıqın udulması elektrik cərəyanı yaradır. Fotoelementlərdən minlərlə kvadrat metr sahə əhatə edən müxtəlif gücdə günəş elektrik stansiyaları tikilməsi əlverişlidir. Günəş enerjisinin günəşin sutkalıq və mövsümi dəyişməsindən asılı olmaması üçün alınan elektrik enerjisini elektrik akkumulyatorları (bateriyaları) ilə toplamaq mümkündür. Bəzi stansiyalarda metalhidrid akkumulyatorlarında hydrogen şəklində elektrik enerjisi depolamaq mümkündür. Hesablamalara görə, Günəş energetik qurğularının 50-ci enliklərdən cənuba doğru yerləşən bölgələrdə istifadəsi olduqca əlverişlidir. Həmçinin son illərin nəticəsinə əsasən Azərbaycanda ildə 300 günəşli və 270 küləkli günün olmasını nəzərə alsaq, demək olar ki, bu regionda Günəş energetikasının inkişafı daha perspektivlidir. Buda respublikamızın təbii iqlim şəraitinin günəş enerjisindən istifadə etməklə elektrik enerjisinin istehsalına geniş təbii imkanlar verir. Belə ki, əldə olunan statistik və təcrübi məlumatların araşdırılması günəşli saatların miqdarı ABŞ-da və Orta Asiyada 2500-3000 saat, Rusiyada isə 1500-2000 saat, Azərbaycan ərazisində isə 2400-3200 saatdır. Buda onu deməyə icazə verir ki, Azərbaycan ərazisində günəş enerjisindən istifadə olunması əlverişlidir.



## **I FƏSİL. Günəş enerjisi haqqında ədəbiyyatda olan ümumi məlumat icmal**

### **1.1. Bərpa olunan enerji növlərinin təsnifatı**

Ətraf mühitin çirklənməsinə ən böyük təsir enerjetikanın payına düşür.

Dünya enerjetikası bəşər cəmiyyətinin həyatının ən müxtəlif tərəflərini təyin edən, dünya iqtisadiyyatı istiqamətini və inkişaf tempini müəyyən edən güclü və fəal qlobal bir sistemdir [1, 6,16,26,36, 111].

Hələ ki, enerjetikanın inkişafı bərpa olunmayan mənbələrə əsaslanır. Mövcud qlobal tendensiyalarla enerji istehlakı demək olar ki, tamamilə üzvi yanacaqların (kömür, neft, qaz) istifadəsi ilə, elektrik enerjisi istehlakı isə hidroenerjetika və istilik neytronlarına əsaslanan nüvə enerjisi hesabına ödənilir.

İstilik enerjisi istehlak zamanı xüsusi mürəkkəb çevrilmələr tələb etmir, onun yalnız toplanmasını və istehlak yerinə daşınmasını təmin etmək lazımdır, lakin digər enerji növləri istifadə edilməzdən əvvəl müəyyən transformasiya tələb edir.

Adətən bu enerji növü çay, axın, dalğa və külək enerjisindən ibarətdir. Mexanik enerji həm də çoxmərhələli konversiyada, xüsusən də istilik elektrik stansiyalarında istifadə olunan ikinci dərəcəli enerji növü kimi çıxış edir.

Kimyəvi enerji məişət səviyyəsində - adi batareyalarda istifadə olunur. Lakin enerjinin əsas çevrilmə növü - müxtəlif növ yanacaqların yandırılmasıdır. Sənayenin inkişafı və sənayeləşmiş ölkələrin urbanizasiyası ucuz elektrik enerjisinə tələbatı artırdı və buna görə iri istilik elektrik stansiyaları, su elektrik stansiyaları və iri atom elektrik stansiyaları tikildi.

Bu elektrik stansiyaların çoxsaylı olması və böyük gücə malik olması səbəbindən ətraf mühitə yerli, regional və qlobal təsiri də güclü oldu. Bu təsir qurğu növündən, tətbiq edilən texnologiya, enerji istehsalı, onun səmərəliliyi ilə müəyyən edilir və ilkin enerji mənbəyindən asılıdır. Çirklənmənin əsas axını qalıq yanacaqların istifadəsi ilə bağlı enerji istehsalçıları və istehlakçılarından gəlir. Dünyada istehsal olunan istilik və elektrik enerjisinin ən böyük həcmi istilik elektrik stansiyalarının payına düşür.

İstilik elektrik stansiyaları yanacaq kimi kömür, mazut və qazdan istifadə edir. Burada biosferə təsir, ilk növbədə, maddən yanacaqlarının (neft, qaz, kömür və s.) çıxarılması zamanı landşaftın məhv edilməsindən və litosferə təsirindən başlayır. Bundan əlavə, nəql zamanı da müəyyən problemlər mövcuddur: neft və neft məhsullarının tankerlərdə daşınmasını xatırlamaq kifayətdir.

Belə bir tankerin qəzası artıq global ekoloji fəlakətdir. Kömürün daşınması, bir qayda olaraq, dəmir yolu ilə açıq vaqonlarda həyata keçirilir, və adətən, hasilat və yandırma məntəqələri bir-birindən xeyli məsafədə yerləşir.

Kömür tozları havaya qalxır və dəmir yolu relslərinin yaxınlığında çökür, bu da fitosenozə mənfi təsir göstərir. Mazutu yandırarkən atmosfərə zərərli təsir bərk yanacaq ilə müqayisədə daha az olur, lakin bu halda çox zərərli çirkləndirici maddə əmələ gəlir.

Kimyəvi enerji – məişət səviyyəsində adi batareyalarda istifadə olunur. Lakin enerjinin əsas çevrilmə forması müxtəlif növ yanacaqların yandırılmasıdır. Sənayenin inkişafı və sənayeləşmiş ölkələrin urbanizasiyası ucuz elektrik enerjisinə tələbatı artırdı və buna görə iri istilik elektrik stansiyaları, su elektrik stansiyaları və iri atom elektrik stansiyaları tikildi.

Bu elektrik stansiyaların çoxsaylı olması və böyük gücə malik olması səbəbindən ətraf mühitə yerli, regional və global təsiri də güclü oldu. Bu təsir qurğu növündən, tətbiq edilən texnologiya, enerji istehsalı, onun səmərəliliyi ilə müəyyən edilir və ilkin enerji mənbəyindən asılıdır.

Çirklənmənin əsas axını qalıq yanacaqların istifadəsi ilə bağlı enerji istehsalçıları və istehlakçılarından gəlir. Dünyada istehsal olunan istilik və elektrik enerjisinin ən böyük həcmi istilik elektrik stansiyalarının payına düşür.

İstilik elektrik stansiyaları yanacaq kimi kömür, mazut və qazdan istifadə edir. Burada biosferə təsir, ilk növbədə, maddən yanacaqlarının (neft, qaz, kömür və s.) çıxarılması zamanı landşaftın məhv edilməsindən və litosferə təsirindən başlayır. Bundan əlavə, nəql zamanı da müəyyən problemlər mövcuddur: neft və neft məhsullarının tankerlərdə daşınmasını xatırlamaq kifayətdir.

Belə bir tankerin qəzası artıq global ekoloji fəlakətdir. Kömürün daşınması, bir qayda olaraq, dəmir yolu ilə açıq vaqonlarda həyata keçirilir, və adətən, hasilat və yandırma məntəqələri bir-birindən xeyli məsafədə yerləşir.

Kömür tozları havaya qalxır və dəmir yolu relslərinin yaxınlığında çökür, bu da fitosenozə mənfi təsir göstərir. Mazutu yandırarkən atmosfərə zərərli təsir bərk yanacaq ilə müqayisədə daha az olur, lakin bu halda çox zərərli çirkləndirici maddə əmələ gəlir.

Vanadium oksidinin insana təsiri altında tənəffüs orqanları, qan dövranı sistemi, sinir sistemi və maddələr mübadiləsi pozulur [42]. Ekoloji nöqteyi-nəzərdən təbii qazın iki çatışmazlığı var: digər yanacaq növlərinə də xas olan azot oksidi və karbon qazı emissiyaları.

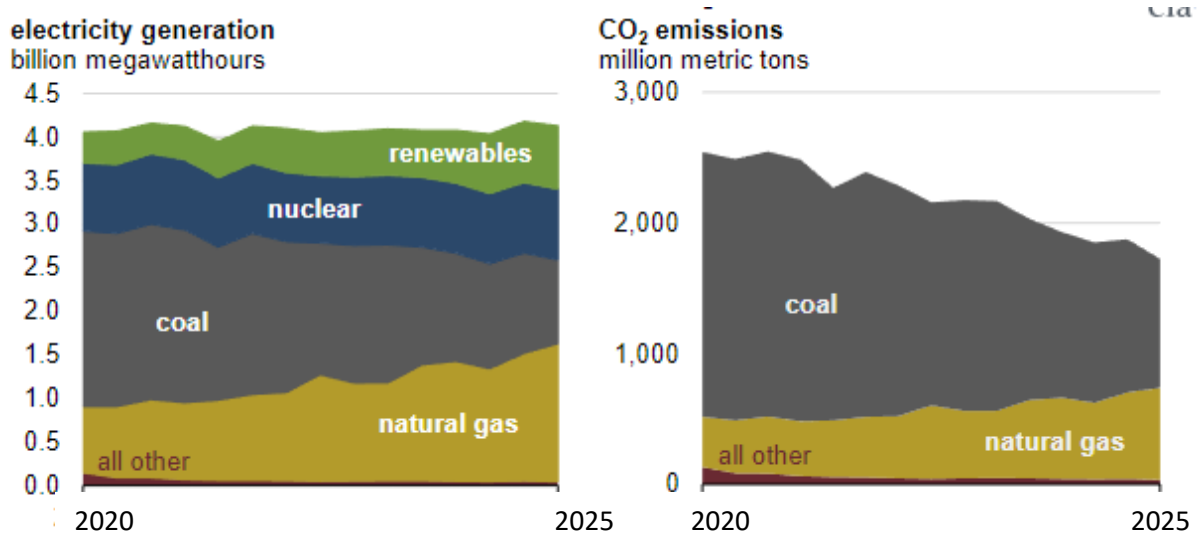
Karbon qazı emissiyaları qazın düzgün yandırılması zamanı kömür və mazut yandırılması zamanı olan emissiyalardan iki dəfə azdır, azot oksidlərinin əmələ gəlməsi isə minimaldır [10]. İstənilən yanacaq növünün yanması zamanı insan sağlamlığı üçün xüsusi təhlükə yaradan azot oksidləri  $N_{Ox}$  əmələ gəlir.

Yüksək konsentrasiyalarda emissiya mənbələrinin yaxınlığında lokallaşaraq, azot oksidləri insan bədəninin tənəffüs və qan dövranı sistemləri üçün son dərəcə təhlükəli olan fotokimyəvi dumanın (smoq) meydana gəlməsinə səbəb olur; smoqa məruz qaldıqda qanın oksigeni udmaq və nəql etmək qabiliyyəti itirilir [42].

Bu emissiyalardan yaranan təhlükəni azaltmaq və tərkibində zərərli maddələr olan qazları dağıtmaq üçün hündürlüyü 180-dən 320 m-ə qədər olan bacaların tikintisi həyata keçirilir, bu da istilik elektrik stansiyasının tikinti xərclərini xeyli artırır [76]. Bununla belə, atmosfərə yayılmış emissiyalar buludlarla birlikdə uzun məsafələrə hərəkət edə və turşu yağışı şəklində yerə düşə bilər. Bu səbəbdən Almaniyada meşələrinin 1,6% məhv edilmiş, 19% isə zədələnmişdir, Avstriya və İsveçrədə isə meşə örtüyünün 14-15% zədələnmişdir.

Suyun turşuluğunda baş verən dəyişikliklərlə əlaqədar Skandinaviya göllərində balıqlar yoxa çıxmış, balıqdan sonra isə bu məkanların quşları və digər sakinləri də yox olmuşdur [82]. Şəkil 1.1-də müxtəlif yanacaq növləri ilə işləyən İES-lərdə havanın

çirklənməsinin orta göstəriciləri verilmişdir (Beynəlxalq Tətbiqi Sistemli Təhlil İnstitutunun məlumatlarına əsasən).



Şək.1.1 2020-2025-cu illərdə Dünya ölkələrində enerjinin hasil olunması və CO<sub>2</sub> emissiyaları.

Cədvəldə 1000 MVt gücündə qalıq yanacaq ilə işləyən istilik elektrik stansiyalarının yanacaq sərfiyyatı və emissiyaları göstərilir.

Cədvəl 1.1

1000 MVt gücündə qalıq yanacaqda işləyən istilik elektrik stansiyalarının yanacaq sərfiyyatı və emissiyalarına aşağıda diqqət yetirək:

Выброс	Вид топлива		
	Газ, $1,9 \cdot 10^9 \text{ м}^3$	Мазут*, $1,57 \cdot 10^6 \text{ т}$	Уголь**, $2,3 \cdot 10^6 \text{ т}$
SO <sub>x</sub>	0,012	52,66	139,00
NO <sub>x</sub>	12,08	21,70	20,88
CO	Незначительно	0,08	0,21
Твердые частицы	0,46	0,73	4,49
Гидрокарбонаты	Незначительно	0,67	0,52

Təkcə üzvi mənbələrin istifadəsi ilə yaranan enerji istehlakından atmosferdə kimyəvi maddələrin toplanması o həddə çatır ki, onların təsiri yerli səviyyə ilə məhdudlaşmır, regional və qlobal səviyyədə özünü biruzə verir. Bu ekosistemlərin tutumunun çirkləndirici maddələrin utilizasiyası üçün kifayət etmədiyindən baş verir. Belə ki, ötən əsrdə atmosferdə karbon qazının konsentrasiyasının artmasına cavab olaraq, quru və su ərazilərində bitkilərin sayı artırdısa, hal-hazırda bu tarazlıq insan fəaliyyəti ilə pozulur.

Ekoloji böhrandan çıxmağın yeganə yolu – çirkləndirici maddələrin havaya atılmasını kəskin sürətdə azaltmaq və köhnə meşələrin qorunması, ağacların əkilməsi, mühafizə olunan ərazilərin artırılması, meşə təsərrüfatında yerli şəraitə cavab verən qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi, sanitariya su anbarlarının saxlanması, zədələnmiş torpaqların bərpası və becərilən torpaqların münbitliyinin saxlanması vasitəsilə ekosistemlərin (meşə, su, topaq əraziləri) həcmi artırmaqdır [115].

Müxtəlif yanacaq növlərinin mənşəyini xatırlatmaq yerinə düşərdi. Odun bərk yanacaq növlərindən biridir və mənbəyi bitki fotosintezidir ki, onun da əsas komponenti günəş enerjisidir.

Daim artan biokütlədə günəşin bizə verdiyi enerjini təbiət məharətlə toplayır. Kömür öz mənşəyinə görə qədim torf bataqlıqlarına borcludur və burada Devon dövründən başlayaraq üzvi maddənin – ölü bitkilərin - toplanması baş vermişdir ki, oksigen axını olmadığı üçün qalıq kömür əmələ gəlmişdir.

Kömürləşmə karbon konsentrasiyasının artması və oksigen, azot və hidrogen tərkibinin azalması ilə müşayiət olunur. Qalıq yanacaq növlərində (odun, kömür, neft, qaz) olan enerji - əvvəllər təbiətlə toplanmış günəş enerjisidir. Ənənəvi energetikanın “bitki-fotosintez-üzvi yanacaq (odun, kömür) - buxar turbin - elektrik generatoru” dövriyyəsində effektivlik əmsalı cəmi 0,001 % . Bu isə çoxmərhələli dolayı çevrilmənin birbaşa nəticəsidir. Dövrün müddəti: odun üçün on il, kömür üçün milyonlarla ildir [70].

Bizim və xarici mütəxəssislərin rəyinə görə elektrik stansiyalarının zərərli təsiri ilə bağlı hava, su və torpaq çirklənməsi nəticəsində çəkilən birbaşa sosial xərclər (xəstəliklər və insan ömrünün qısalması, tibbi xidmət üçün ödəniş, istehsalatda itkilər, məhsuldarlığın azalması, meşələrin bərpası və binaların yenilənməsi daxil olmaqla) dünya yanacaq və enerji qiymətlərinə təxminən 75% dəyər əlavə edir [123].

Mahiyyət etibarını ilə, bütün bu məsrəflər - vətəndaşların qeyri-kamil enerji qurğularına görə ödədiyi ekoloji vergidir, və bu vergi enerjiyə qənaət üzrə dövlət fondunun formalaşdırılması və yeni ekoloji təmiz texnologiyaların yaradılması məqsədilə enerjinin dəyərinə daxil edilməlidir.

Hazırda perspektivli, irihəcmli enerji mənbələri hesab edilən istilik, nüvə və termonüvə energetikası, əslində əlavə istilik yaradan mənbədir ki, ətraf mühitin həddən artıq istiləşməsinə və bununla da qlobal ekoloji fəlakətə yol açarlar.

Bərpa olunan mənbələrə əsaslanan energetika, ətrafda artıq mövcud olan enerji axınlarından istifadə edir və nəticədə, ətraf mühitə enerjinin axıdılması səbəbindən ətraf mühitin istilik çirklənməsi olmur.

Eyni səbəbdən, havanın və suyun digər çirklənmə növləri, eləcə də tullantıların həcmi o qədər də təsirli deyil.

Böyük və kiçik çayların hidravlik enerjisi ilə yanaşı, əsas bərpa olunan enerji mənbələrinə günəş, külək, geotermal enerji, müxtəlif növ okean enerjisi, biokütlə daxildir.

İndiyə qədər hidroenergetikanın ənənəvi bərpa olunan enerji mənbələrinə, digər enerji növlərini isə qeyri-ənənəvi mənbələrə aid olması fikri qəbul edilir. Bərpa olunan enerji mənbələrinin potensial ehtiyatları bəşəriyyətin indiki və gələcək ehtiyaclarından dəfələrlə çoxdur, lakin bu mənbələrin hazırkı istehlakı onların yalnız kiçik bir hissəsidir. Bu, ilk növbədə onunla əlaqədardır ki, qeyri-ənənəvi bərpa olunan enerji mənbələrinin az konsentrasiyası, onların Yer səthində və zaman baxımından qeyri-bərabər paylanması səbəbindən, müəyyən edilmiş güc vahidi və enerji dəyəri üçün çəkilən vahid xərc (müasir texnologiyaların tətbiqi şərtlə ) üzvü yanacaqın istifadəsinə çəkilən xərclərdən artıqdır [18, 44, 52, 69, 71, 97, 109, 116, 127].

Bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı həmçinin ekoloji problemlərlə də stimullaşdırılmalıdır. Kükürd oksidinin və azotun yolverilməz dərəcədə böyük emissiyaları, "istixana effekti", ozon təbəqəsinin aerozollarla məhv edilməsi, okeanların neftlə çirklənməsi, atmosferin istiliklə çirklənməsi energetika sahəsində və sənayedə yeni texnologiyaların işlənilməsi və hazırlanması zərurətinə səbəb olur.

Ənənəvi enerji ilə müqayisədə ekoloji vəziyyətə daha az ziyan vuran perspektivlərdən biri də bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan energetikadır [5, 18, 19, 30, 76, 81]. Bərpa olunan mənbələrdən elektrik enerjisi istehsal etmək, əlbəttə ki, ekoloji cəhətdən tam "təmiz" seçim deyil.

Bu enerji mənbələri, üzvi və mineral yanacaqlarla işləyən ənənəvi elektrik stansiyaları ilə müqayisədə qlobal xarakter daşımayan, ətraf mühitə əsaslı şəkildə fərqli təsirə malikdir.

Bərpa olunan enerji mənbələrinə əsaslanan energetikanın inkişafını məhdudlaşdıran amillərdən biri sənaye və kənd təsərrüfatı müəssisələrini, habelə əhəlinin ekoloji cəhətdən təmiz enerjiyə əsaslanan enerji sistemlərinin tətbiqini stimullaşdıracaq əlverişli iqtisadi şəraitin yaranmamasıdır.

Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəni inkişaf etdirmək üçün təcili olaraq dövlət iqtisadi tədbirlərinin görülməsi zəruridir. Ciddi ekoloji fəsadların qarşısını almaq məqsədilə inkişaf etmiş ölkələrdə həm energetika sahəsini, həm də ətraf mühitə zərər verə biləcək resursların istehsalı və istehlakının digər sahələrini də əhatə edən iqtisadi strategiya hazırlanmışdır.

Bu strategiya ekoloji problemlərin həllində dövlətin aparıcı rolunu nəzərdə tutur. Bərpa olunan mənbələrin istifadəsi ilə energetikanın stimullaşdırılması-inkişafına misal kimi Almaniyanın “Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin prioritetləri haqqında qanunu”nu göstərmək olar [76].

Beləliklə, qalıq, bərpa olunmayan enerji mənbələrindən - neft, qaz, kömür və müəyyən dərəcədə radioaktiv yanacaqdan daha yüksək ekoloji keyfiyyətə malik mənbələrə keçid zərurəti aydın izlənilir. Bunlar bərpa olunan enerji mənbələridir. Bu növ enerjinin ən mühüm xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, öz təbii vəziyyətində planetin enerji (istilik) balansında tam iştirak edir və buna görə də insanlar tərəfindən bu növ enerjiden istifadə bu balansın dəyişməsinə səbəb olmayacaq və bu, enerji sərfiyyatının səviyyəsini əgəlabatan, cəmiyyətinin inkişafında müvafiq mərhələnin tələb etdiyi səviyyəyə yüksəltməyə imkan verəcəkdir.

Qüvvədə olan energetika siyasəti: dünya ölkələrinin əksəriyyəti təbiətin və mədəni resurslarının amansız istismarını həyata keçirir ki, müəyyən zaman keçdikcə nəticələri bizim planetimizdə qlobal dəyişikliklərə gətirib çıxaracaq; hansılar ki, hətta təsəvvür etmək çətinidir. Enerjinin qlobal istehlakı sənaye dövrünün başlanğıcı vaxtından keçmiş son 200 il ərzində 50 pəz-da artdı [1., 45; .49; 64, 76, 78]. Belə artma enerji qəyduzmanın (dolğunluğun) böyüməsiylə izah olunur: istehsallar və kommunal təsərrüfatlar; inkişaf etmiş ölkələrdə və yer kürəsinin əhalinin sayının kəskin artımıyla. Son ana qədər energetikanın inkişaf səviyyəsi, insanda həyəcanlara səbəb olmurdu (çağırırmırdı); hətta əksinə, bu bütövlükdə, necə olursa olsun insan sivilizasiyasının inkişafının yüksək səviyyəsini xarakterizə etdi. Amma təxminən 1970-ci illərin sonuna planet iqlim sistemində əhəmiyyətli antropogen təzyiği haqqında ciddi məlumatlar çıxdı.



Energetikanın əhəmiyyətli hissəsi (87%) pulsuz enerji istehlakına əsaslandırılmışdır, hansı ki, orqanik qazıntı yanacağı (neftlər, kömür, qaz, torflar, həmçinin, kiçik həcmdə ağaclar) yanma zamanı yaranır. Bu hansını ki, karbonun dioksidinin atmosferinə tullamaların əhəmiyyətli həcmələrinə gətirir Yer kürəsiylə (torpaqla) əks edilmiş günəş şüasını saxlamaq qabiliyyətinə malikdir. Hal-hazırda ekoloji mövqelərdən ticarətlərə və qeyri-kommersiyalara bölməylə ilkin enerjinin mənbələrinin hamı tərəfindən qəbul edilmiş təsnifatını qiymətləndirmək çox əhəmiyyətlidir.

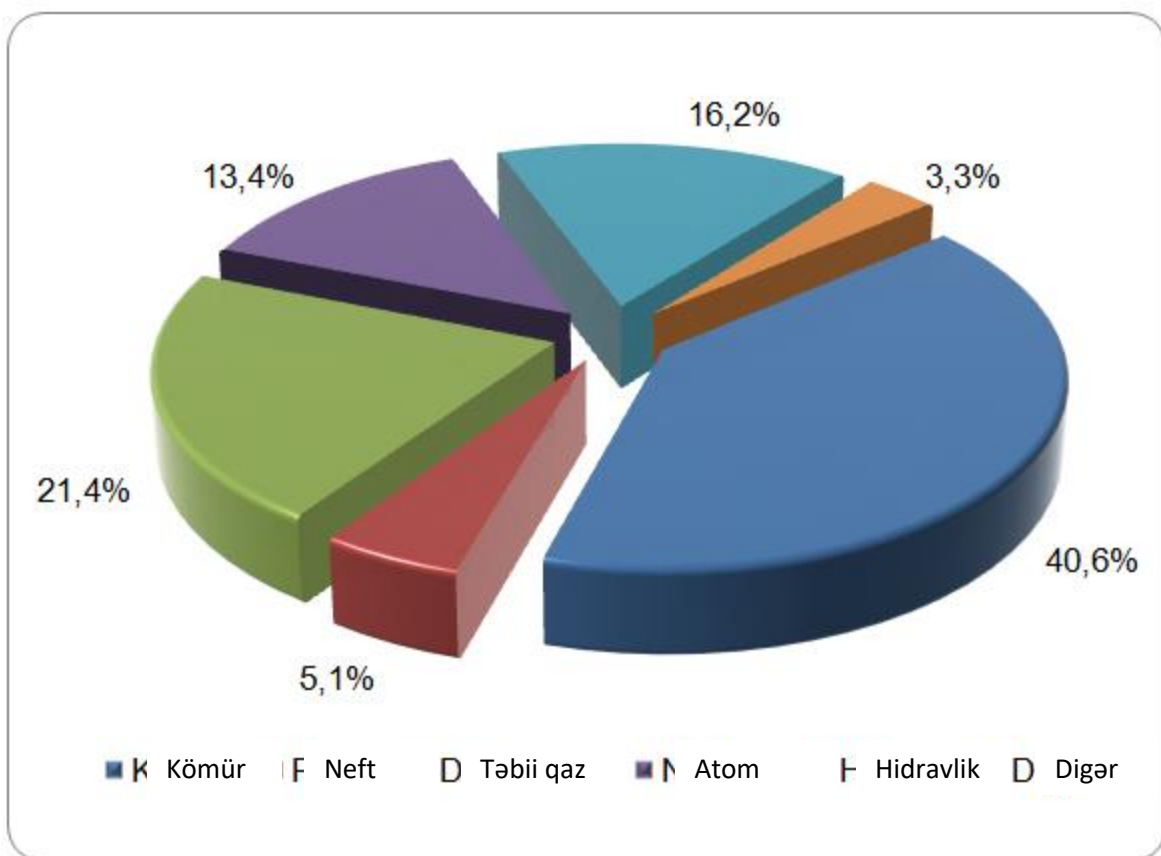
Ticarət zamanı bərk yanacaqlar (daş və boz kömür, torf, yanar şistlər, bitum qumlarını), mayelər (neft və qaz kondensatı), qazaoxşarlar (təbii qaz) yanacağı və ikinci növ enerjinin (nüvə, istilik, su, külək, günəş elektrik stansiyalarında, geotermik, qabarma, dalğavari elektrik enerjisi və başqa elektrik stansiyaları) növləri istifadə olunur.

Qeyri-kommersiyalara bütün qalan enerji mənbələri (odunlar, kənd təsərrüfatı, sənaye və bərk məişət tullantıları, işçi mal-qaranın əzələ gücü və doğrusu (məhz) insan) aparır. Dünya energetikası enerjinin ümumi istehlakının 90 %-inə qədər ticarət enerji mənbələrinə əsaslandırılmışdır. Dünya ölkələrinin (Afrikanın Ekvator zonası, cənub-şərqi Asiya, qismən Mərkəzi və Cənubi Amerikas) əhəmiyyətli qrupunun, hansıların ki, çoxsaylı əhalisi var, demək olar ki, öz mövcudluğunu qeyri-kommersiya enerji mənbələrinin hesabına dəstəkləyir. Gələcəkdə enerjinin istehsalı və istehlakına strateji yanaşmalarda ciddi dəyişikliklər oldu. Energetikada yarı-qlobal böhranlar mədən yanacaq ehtiyatlarının (kəşfiyyat artımının sabitliyinin) məhdudluğu haqqında faktın qurulması, onu çıxartmağın bahalaşması, enerjinin istehsalının düz ekoloji neqativ nəticələrinin dərk edilməsi energetikanın inkişafının oriyentirlərinin bir qədər dəyişməsinə tələb edir: onun inkişafının ekstensiv yollarına keçid, enerjiyə qənaətə əsaslanan energetika siyasətinə, energetika eyforiyasından enerji xərclərinin effektivlikləri, istehsala zərərsizliyi və s.

XXI əsrin birinci yarısı ərzində əsr açıq üstünlüklə kömür ticarət enerjisinin mənbələrinin arasında birinciliyi saxlayırdı, ancaq sonra neft çıxarılması kəskin artdı, bu əlçatanlığı mümkün olan yataqlar haqqında açılışla və mədən yanacağı bu növünün

nəhəng istehlak və texnologiya üstünlükləriylə bağlıdır. 2020-ci ildə neftin dünya ehtiyatları təxminən 10,5 milyard ton təşkil edirdi, amma 2025-ci ildə onlar daha çoxuna nail oldular. Artım əsasən Yaxın Şərqi ölkələrinin hesabına olurdu. Sonra neft ehtiyatları Alyaskanın, Qərbi Sibirin, Şimal dənizinin və Meksikanın hesabına böyüdü. Məhz son onilliklərə neft sənayeləşdirmənin hərəkət gücü idi. Hərçənd son illərdə neftin istehlakının bəzi (bir qədər) artması göründü, aparıcı dünya ekspertlərinin qiymətləri (qiymətləndirilmələri) üzrə (görə), bütövlükdə sabitləşməyə və sonrakı azalmaya tendensiya var. Əsas amillərdən birinə burada ehtiyatların tükənməsi olur. Neftin araşdırılmış çıxarılan və əlavə olaraq çıxarılan resurslarının müasir qiyməti (qiymətləndirilməsi) 202 Qt u.t təşkil edir. və 85 Qt u.t. müvafiq olaraq. İstehlakın cari səviyyəsi vaxtı (yanında) neftin resurslarının tam (dolu) tükənməsi (qurtarması) təxminən 2065 qə [1, 16, 26, 72, 78] basacaq. Təbii qazın istehlakı təxminən 5% tempdə ildə yeknəsəq artırdı. Təbii qaz ehtiyatları hal-hazırda neft ehtiyatlarına təxminən bərabərdir: 187 Qt u.t.- əlavə olaraq çıxarılanlar, həm də qazın dünya ehtiyatlarının 40 %-inin ətrafında keçmiş SSRİ-in ərazisini düşür. Qaz mədəni yanacaqın ən ekoloji-təmiz növünü təşkil edir, amma öz emal etmə qabiliyyəti üzrə (görə) və nəql etmənin və bölgünün məlum (məşhur) çətinlikləri vaxtı (yanında), çox güman (ehtimala görə), qaz dünya enerji balansında [1, 16, 26, 78] aparıcı yeri tuta (borc ala) bilməyəcək. İlk mənbələrin strukturunda kömürün müəyyən payı (hissəsi) "ticarət enerjisinə 58-dən 28 %-ə qədər azaldı. Kömürdən istifadə yolunda ən ciddi maneəylə hansının ki, ehtiyatları Avropada və Şimali Amerikada əhəmiyyətli, təbiətin qorunması problemləri çıxış edir. İstilik elektrik stansiyalarından azotun dioksidinin tullamalarıyla səbəb olunan turşu çöküntüləri çox böyük ekosistemlərin sabitliyini hədələyir. Atmosferə tütülərin atılması əhəmiyyətli problemdir. Ancaq, bu məsələlərin bütün ciddiliyinə baxmayaraq, onların icazəsi prinsiplə problemlərlə qarşılaşmır və xüsusilə texniki sahədə davam edir. Bütün bunların əsasında güman etmək olar ki, yaxın vaxtlarda bu çətinliklərin öhdəsindən müvəffəqiyyətlə gəlmək olar. Dünya enerji balansına ikinci elektrikin töhfəsi keçmişdə müəyyən edilən deyildi, bütövlükdə və hal-hazırda dünyanın energetikasını müəyyən

etmir. İkinci elektrikin (günəş, külək, geotermik enerji) başqa mənbələri sənaye mənimləməsinin başlanğıcıdır və hal-hazırda dünya balansına onların ümumi töhfəsi bir neçə (bir qədər) faizlə ölçülür və aşağıda şəkildə göstərilmişdir. Bu əsasən iqtisadi səbəblərlə təyin edilir, ilk növbədə enerjinin yüksək maya dəyəriylə. Ancaq texnikanın inkişafı müddətində və avadanlığın kütləvi istehsalına keçid vaxtı bu problem, şübhəsizdir, həll ediləcək və enerjinin maya dəyəri səviyyəyə nail olacaq, ənənəvi energetika [4, 36, 45, 55, 64, 78, 122, 124] üçün tipikdir.



Şək.1.2 2022-ci ildə Dünya ölkələrində bərpa olunan enerjinin artımın faizlə ifadəsi

Şəkildə 2022-ci il üzrə proqnozla energetika yanacağıının dünya istehlakının dinamikası göstərilmişdir. Maye yanacağın istehlakının sabitləşməsi müasir səviyyədə praktik olaraq güman edilir (4,2 Qt. t./il) və yalnız 2030-ci ildən sonra -onun azalması gözlənilir. Qazın istehlakı, gözlənilədiyi kimi, 2030-ci ilə qədər artacaq və, demək olar ki, maye yanacağın istehlakının səviyyəsinə nail olub (3,6 Qtu. t./il), 0,5 Qtuya qədər azalacaq və Elektrik 14

Qtu 2100-cu ilə nail olub artıq 2020-ci ildən sonra ikinci əhəmiyyət üzrə enerji resurslarının növüylə olmalıdır. Proqnozun hazırlaması vaxtı nəzərə alınan ən əhəmiyyətli amillərdən birinə təmin olunma mədəni orqanik yanacağı [1,6,76,78] yandırılmasına əsaslanan dünya energetikasının resursudur. Təqdim edilmiş proqnoz belə adlandırılan mütləq rəqəmlər üzrə mülayim enerjinin istehlakının artım sürətlərinə aiddir, neftin və qazın araşdırılmış çıxardılan ehtiyatlarının tükənməsi 2040-cı ildən tez olmayaraq qiymətləndirilir və əlavə olaraq çıxardılan resursları nəzərə alaraq 2100-cu ildən sonra əgər diqqətlə yanaşılsa ki, kömürün araşdırılmış çıxardılan ehtiyatları birlikdə götürülmüş neft və qaz ehtiyatlarını əhəmiyyətli dərəcədə ötürülür, onda iddia etmək olar ki, təklif edilmiş varianta görə dünya energetikasının inkişafı resurs münasibətində yaxın yüzilliyə görə [1, 6, 16, 26, 36, 78, 119] tamamilə təmin edilmişdir.

YUNESKO-un və Beynəlxalq Energetika Agentliyinin (IEA) müstəqil ekspertlərinin Avropa birləşməsi hər il əhəmiyyətli yer problemləri haqda bəşəriyyətin inkişaf yolları haqqında məruzələr hazırlayır [114, 119, 121, 125, 128]. Dünyada enerjinin istehlakının mövcud səviyyəsi vaxtı müasir təmin olunma ənənəvi neftlə 35-65 ildə qiymətləndirilir, 44-70 ildə qaz və 320-400 ildə [55, 26, 62] kömürlə göstərilir. Yeni tapılan yerlərin açılışının hesabına bu təmin olunma bir qədər yüksələ bilər. Ancaq bu dəyişikliklər prinsiplial xarakter daşıya bilmir, bir halda ki, iqtisadi artmanın real dinamikasını nəzərə alaraq, mədəni yanacaqların məhdudluğu həndəsi irəliləmədə artacaq mütləq. Mənbələrin [44, 68] məlumatına görə, bütün geolojilər Yer kürəsində orqanik yanacaq ehtiyatları XXI əsrin sonuna bitirilməyəcək. Beləliklə, və yeni enerji mənbələrinə keçid yollarının axtarışı bu cəhətdən lazımdır, uzun müddətli dövrə bacarıqlı bəşəriyyətin artan ehtiyaclarını təmin etməkdir.

Bizə aydın təqdim edilir ki, bəşəriyyətin göstərilmiş təmin olunmasını nəzərə alaraq orqanik yanacaq, artıq bugünkü nəsilin həyatının daxilində olmalıdır ən azı başqa materiallarla neftin əvəzetməsi üzrə konstruktor-texnoloji sənaye hazırlamaları bütün quraşdırmalarda və texnologiyalarda praktik olaraq başa çatmışdır, harada nəhəng

miqyaslarda tətbiq edilir. Onunla əlaqədar çox sənaye sahələrində qazın genişmiqyaslı istifadəsindən imtina edilmiş olmalıdır ki, əgər belə imtina olmayacaqsa, onda neft texnologiyalarının yenidən qurmasından sonra növbəti otuzuncu il dönümünə biz yenidən eyni sarsıntılar gözləyəcəklər, necə ki, neft ehtiyatlarının ixtisarı vaxtıdır. Kömürün ümumi istifadəsinə və neftin yerinə, qazın yerinə keçiddən sonra onun istifadəsi dövrünün müddəti ən azı iki dəfə azalacaq və bu itki zaman ötdükcə bu gün bizə göründüyü qədər böyük görünməyəcək. Artıq enerjinin iqtisadiyyatı və dünya energetikasının perspektivli inkişafının ssenarilərini hazırlamış MİRES enerji resursları üzrə komissiyanın 30-dan çox il əvvəl üzvü növbəti nəticəni etdilər: "... analiz ilkin enerji resurslarının müxtəlif növlərinin inkişafının maksimal səviyyəsinin fərziyyəsinə əsaslanır. Beləliklə, daha gec mərhələdə resursların bu gün artırılmış çıxartmayla hərəkətlərinin möhləti halında vaxtın itmələrini kompensasiya etmək mümkün deyil. Qərarın təxirə salınması, hətta bir neçə ilə iqtisadi artımın olduqca əhəmiyyətli azalmasına, gələcəkdə energetika resurslarının məhdudluğuna gətirib çıxara bilər" [6]. Həmin nüfuzlu mütəxəssislərin bu nəticələrinə çoxdan qulaq asmaq lazım idi, hansı ki, energetika siyasətində hesablamalar yalnız iqtisadi artımın ləngidilməsinə, həm də milyonlarla insanın həyatının səviyyəsinin dəhşətli düşməsinə gəlməmişdi. "Qeyri-ənənəvi" ehtiyatlar və orqanik yanacaqın resursları "ənənəvi" növbəti xarakteristikalardan birindən fərqlənir: onlar əhəmiyyətli dərəcədə daha kiçik konsentrasiyalar vaxtı Yer kürəsinin yeraltılarında yerləşirlər; onların çıxartması üçün qeyri-adi və ya fəvqəladə mürəkkəb texnologiyalar tələb olunurlar; müasir şəraitdə onların istifadəsi üçün mürəkkəb və əsaslı dəyişdirici quraşdırmaların kompleksi lazım; onların tətbiqi ətraf mühitin qorunması üzrə xüsusi ölçülərin ehtiyacına səbəb olur, zamanla yalnız planetin sonrakı öyrənməsi müddətində dəyişməyə bilərlər, amma və nəticədə resursların qiymətinin metodologiyasında və elmi-texniki irəliləmənin təsirlərinə fərqlərə gətirir. Dünyada orqanik yanacaqın sübut edilmiş ehtiyatlarının qiymətləri əhəmiyyətli dərəcədə daha çox etibarlıdır.

Yer kürəsinin regionları üzrə orqanik yanacaqın sübut edilmiş ehtiyatlarının bölgüsü son dərəcə bir ölçüdə olmayandır — əgər kömürün sübut edilmiş ehtiyatları əsasən

Asiyada, Şimali Amerikada və MDB ölkələrində cəmlənmişdirsə, onda neft ehtiyatları — Yaxın Şərqdə, və təbii qaz ehtiyatları — Rusiyada və Yaxın Şərqdə. Neftin və qazın ənənəvi resurslarının XXI əsrinin ortası xaricində enerji təchizatı üçün kifayət etməyən ola bilər amma kömürün hazırlaması üçün, yeraltından onların çıxarılması üçün böyük investisiyalar karbohidrogenlərin qeyri-ənənəvi növləri lazım olacaq, emalı və keçirmə ətraf mühitin qorunması üzrə ölüdü ki, orqanik yanacağın dəyəri güclü artıracaq.

## 1.2. Enerji və qlobal ekosistem

Yer kürəsinin bir çox bölgələri ətraf mühitin qarşısı alınmaz məhv edilməsi faktı ilə qarşılaşmışdır. Təbii mühitin imkanları, təbiətin özünü bərpa etmək qabiliyyəti və təbiət qanunları ilə əlaqələndirilməyən sosial və iqtisadi sistemlərdə idarəetmə, planetin biosferinin uzun müddət davam gətirə bilməyəcəyi şəraitə gətirib çıxarmışdır: sürətli iqtisadi inkişaf ekoloji fəlakətə, bu isə öz növbəsində iqtisadi inkişafın resurs bazasına zərər vurulmasına və iqtisadi prosesin pozulmasına gətirib çıxarır.

Burada söhbət ayrı-ayrı böhranlardan deyil (ekoloji, iqtisadi, sənaye), “insan sivilizasiyası – təbii mühit” qlobal sisteminin vahid böhranından gedir. Yer kürəsinin homeostazının – bir-birindən asılı olan elementlər arasında, xüsusən də fizioloji proseslər tərəfindən qorunan nisbətən sabit tarazlığa doğru meylinin qorunmasına düzgün yanaşma təbiətin fəth edilməsi amillərindən ən vacibini, yəni enerji faktorunu nəzərdən qaçıra bilməz. İnsanın yaranması, bəşəriyyətin formalaşması və inkişafı tarixi enerjinin əldə edilməsi və istifadəsi ilə sıx bağlıdır. İnsanın bütün ehtiyacları yalnız enerji əldə edildikdə qarşılana bilər: enerji nə qədər əlçatan olarsa, insan həyatı bir o qədər uzun və daha keyfiyyətli olur.

Ətraf mühitdən enerjini əldə etmək və ondan doğru şəkildə istifadə etmək qabiliyyəti şüurlu insanı digər canlılardan fərqləndirən mühüm xüsusiyyətlərdən biridir. Enerjinin istifadəsində ilk addım, insan odu kəşf etdikdə, odu istifadə etməyi öyrəndikdə baş verdi. O dövrdə, əsas enerji mənbələri insanın öz əzələ gücündən, ağac və digər yanan bitki materiallarından ibarət idi.

Orta əsrlərə qədər insan heyvanların gücündən, külək enerjisi, su, odun, kömür və bəzi digər təbii, yanar mineral ehtiyatlardan - neft, şist və torfdan istifadə etməyi öyrənmişdir. İbtidai icmalarla müqayisədə orta əsrlərdə enerji istehlakı təxminən 10 dəfə artmışdır.

Müasir dövrdə insan cəmiyyəti ibtidai icmalarla müqayisədə dəfələrlə çox enerjiden istifadə edir, və hal-hazırda insan həyatı o dövrlə müqayisədə daha uzun və ölçüyəgəlməz dərəcədə daha rahatdır.

Müasir dünyada enerji bütün sənaye sahələrinin inkişafının əsasıdır: bütün inkişaf etmiş ölkələrdə energetika sahəsinin inkişaf tempi digər sahələrin inkişaf tempini qabaqlayır. Bütün bunlarla yanaşı, müasir energetika ətraf mühitə və biosferin bir hissəsi kimi insana təsir edən texnogen amillərdən ən güclü təsiri olanlardan biridir.

Təbiətdə artan texnogen təsir nəticəsində mövcud ekoloji vəziyyətin pozulması öz növbəsində texniki və tikinti komplekslərə “deformasiya etmiş” təbii mühitin əks təsirinə gətirib çıxarır və bunun nəticəsində müəyyən problemlər yaranır. Bir çox hallarda, bu əks təsir texniki komplekslərin və orada istifadə edilən avadanlıqların işinin pozulması və fəvqəladə vəziyyət və ya böhrana səbəb olaraq, bəzən texniki komplekslərin və tikinti obyektlərin dağılması ilə nəticələnir.

Böhran vəziyyətinin yaranması texniki kompleks və tikinti obyektlərin təbii mühitin deformasiyaya uğramamış dövründə layihələndirilib tikilməsi ilə əlaqədardır. Texnogen təsir nəticəsində isə, təbii mühitin parametrləri ciddi dəyişikliklərə məruz qalır. Bütün qeyd edilənlər, problemlərin digər, yeni bir sinfini – mühəndisi-ekoloji problemlərin nəzərdən keçirilməsi və həll edilməsi zərurətinə səbəb oldu. İstehsalatda çirklənmənin əsas axını (50%-dən çoxu) üzvü yanacaq növləri ilə əlaqədar olan enerjinin istehlakçıları və istehsalçıları tərəfindən yaradılır [9, 11, 12, 38, 55.74, 75, 90, 110]. Energetikanın uzunmüddətli inkişaf perspektivləri hazırda dünya ictimaiyyəti üçün xüsusi problem qrupundan əsas problemlərindən birinə çevrilməkdədir. Energetika - ətraf mühitə antropogen təsirin əsas amilidir [1, 6, 9, 11, 12,74,90, 131].

Eyni zamanda, energetikanın müasir sənayenin inkişafı üçün bir əsas olduğu da danılmazdır. XX əsrin texnoloji inqilabı elektrik enerjisinin kəşfi və böyük neft yataqlarının aşkarlanması ilə bağlıdır. İlkin enerji mənbələrindən istifadə səviyyəsi durmadan artır. Eyni zamanda, ümumi enerji istehlakı hər 20 ildən bir iki dəfə, neft və elektrik enerjisi istehlakı isə 10-12 ildən bir artmışdır. Bu artım istehsalın, kommunal xidmətlərin enerji ilə doyma səviyyəsinin artması və dünya əhalisinin demək olar ki, 75% kəskin artması ilə izah olunur. Son illərdə dünyada enerji resurslarının istehlakının artım tempi ildə 2-3% təşkil edir [6, 76]. Üzvi yanacaqların yanma prosesi qaçılmaz olaraq



atmosferə bərk tullantıların, karbon qazının və istiliyin atılması ilə bağlıdır. Eyni zamanda, xüsusi qurğuların istifadəsi ilə bərk tullantıların miqdarını azaltmaq mümkün olduğu halda, karbon qazı emissiyalarını və atmosferin istiliklə çirklənməsini isə nəzəri cəhətdən aradan qaldırmaq mümkün deyil.

Yerli səviyyədə yanacağın yanmasından yaranan emissiyalar dedikdə, (fotokimyəvi duman) insan sağlamlığına ciddi ziyan vurur. Bədənə nüfuz edən və qan axını ilə bütün orqanlara daşınan, və ya hər hansı bir orqanda toplanan, nəticədə isə bədənin məhvinə səbəb olan zəif həll olunan bərk və qaz halında olan maddələr xüsusilə təhlükəlidir.

Nəqliyyat vasitələrinin, sənaye obyektlərin və istilik elektrik stansiyalarının fəaliyyəti ilə əlaqədar üzvü yanacaqların yanması zamanı yaranan kükürd dioksidi, azot oksidləri və bərk hissəciklərin tullantıları insan və heyvanların tənəffüs orqanlarına xüsusilə güclü təsir göstərir. Kükürd dioksidi bitki örtüyü və su hövzələri sakinlərinin ölümünə, torpaqların məhvəinə səbəb olur.

Üzvi maddələrin yanması nəticəsində əmələ gələn antropogen mənşəli karbon qazı atmosferə atılan bütün qazların (86 milyard ton) təxminən 16%-ni təşkil edir, bərk hissəciklər – ümumilikdə 2,25 milyard tonun 11 faizini, kükürlü maddələr toplam 0,2 milyard tonun 32 faizini, azotlu maddələr isə ümumilikdə 1,43 milyard ton olan bütün təbii, birinci, ikinci və bu komponenti ehtiva edən antropogen emissiyaların 1 faizini təşkil edir [74, 78, 90, 114,118, 129, 130].

Qalıq yanacaqların yandırılması, təbii vəziyyətində planetin enerji (istilik) balansına təsir etməyən mənbələrin enerji dövriyyəsinə cəlb edilməsi deməkdir. Təbii proseslərə əlavə olaraq, Yer kürəsinin atmosferinə atılan istilik miqdarı son illərdə nəhəng həcmə çatmışdır və bizi, Yer kürəsinin termal çirklənməsi problemi haqqında ciddi düşünməyə vadar edir. Bu baxımdan, dünyanın bütün ölkələrində əlavəedilməyən (planeti əlavə olaraq isitməyən) enerji mənbələrinin istifadəsinə maraq artır.

İstilik balansında ən mühüm rol istixana qazları adlandırılan qazlara aid edilir. Bu qazların molekulları qısa dalğalı şüaları keçirmək və uzun dalğalı şüaları udmaq

qabiliyyətinə malikdir. Su buxarı və karbon dioksid ( $\text{CO}_2$ ) molekulları da həmçinin, bu xüsusiyyətə malikdir.  $\text{CO}_2$  yer səthinin infraqırmızı radiasiyasını 12-18 mkm dalğa uzunluğunda gecikdirir [11, 12, 74, 114, 130]. Spektrin bu bölgəsi Yer kürəsindən Kainata ötürülən maksimum enerji radiasiyası ilə səciyyələnir.

İstixana effekti nəticəsində, hazırda yerüstü radiasiyanın 78%-i atmosferdə saxlanılır, bundan 60%-i su buxarı, 18%-i isə karbon qazının payına düşür. Atmosferdə mövcud olan karbon qazının əsas təbii tənzimləyicisi okeanlardır ki, onların tərkibində atmosferdən 100 dəfə çox  $\text{CO}_2$  mövcuddur.

Henri qanununa görə, atmosferdə  $\text{CO}_2$  konsentrasiyası (və deməli, təzyiq) müəyyən edilmiş qiymətdən yüksək olarsa, artıq olan hissənin çoxunu okean udacaq və ya tam əksi (0 dərəcədə, 1 litr dəniz suyunda müvafiq olaraq 158,8 mm civə sütünü təzyiqində 50 sm karbon qazı və 8 sm oksigen mövcuddur).

Bu yaxınlarda atmosferlə okeanın səth təbəqəsi arasında karbon qazının mübadiləsinin sürəti kifayət qədər dəqiq hesablanmışdır: ildə 100 milyard ton  $\text{CO}_2$  okean tərəfindən udulur [74, 90]. Bununla belə, bu qabiliyyət qeyri-məhdud deyil və okean sularının kiçik sürətlə çökməsi və qarışması prosesi ilə müəyyən edilir. Antropogen çirklənmə, troposferə, karbon qazından əlavə, istixana effektinin digər əsas agentlərini - metan, azot oksidi, xlorftorkarbonları (freon) da gətirir.

Son onillikdə həm elmi, həm də ümumi ictimai şüurda enerji və iqlim arasında aşağıdakı qarşılıqlı əlaqə sxemi kifayət qədər möhkəm yer almışdır: qalıq yanacaqların (kömür, neft və qaz) yanması zamanı əmələ gələn karbon qazı atmosferdə toplanaraq, Yer səthindən əks olunan günəş radiasiyasının bir hissəsini saxlayır, bu da Yer kürəsi temperaturunun artmasına səbəb olur (istixana effekti). Belə qısa müddət ərzində temperaturun görünməmiş artması bütövlükdə iqlim sisteminin sabitliyi və ondan tamamilə asılı olan hidrosfer, biosfer və dünya iqtisadiyyatının vəziyyəti üçün əsaslı narahatlıq yaradır.

Dünya ictimaiyyəti iqlimin qorunmasının, yəni atmosferin istiləşməsinin qarşısı alınmasının vacibliyini və bununla əlaqədar karbon qazı emissiyalarının tamamilə

azaldılması zərurətini dərk edir və bu da yalnız qalıq yanacaqların istehlakının azaldılması ilə əldə edilə bilər. Ətraf mühitin termal çirklənməsi istixana effekti ilə sıx bağlıdır. İstixana effekti nə qədər güclü olarsa, atmosferdə daha çox əlavə istilik saxlanılır.

Yer kürəsinin tarixində adi istiləşmə ilə əlaqədar olan iqlim dəyişikliyi ən az narahat edən faktorlardan biridir: iqlimin növbəti istiləşməsi yalnız müvəqqəti çətinliklər törədir, və o, mütləq iqlimin soyuması ilə əvəz olunur. Mütəxəssislərin və alimlərin diqqətini cəlb edən isə əsasən istixana effektidir.

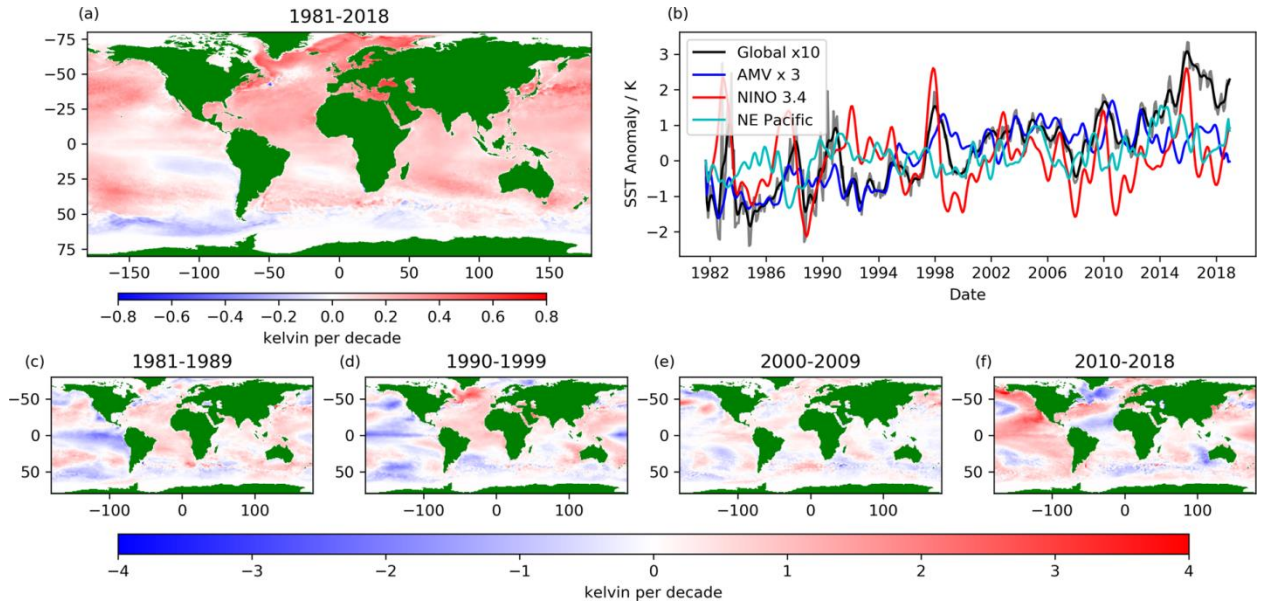
İnkişaf etmiş ölkələr karbon qazı, metan və digər istixana qazlarının emissiyalarını azaltmağa çağırır. İqlim dəyişikliyinə nəticələri çox fəlakətli ola bilər. Qlobal istiləşmə planetdə yağıntıların əhəmiyyətli dərəcədə yenidən bölüşdürülməsinə səbəb olacaq. Buzlaqların əriməsi səbəbindən Dünya Okeanının səviyyəsi 2050-ci ilə qədər 30-40 sm, XXI əsrin sonunda isə 60-dan 100 sm-ə qədər yüksələ bilər [38], qlobal temperaturun orta qiymətinin 1,5-5,5°C civarında artması okean səviyyəsinin 20 sm-dən 165 sm-dək dəyişməsinə gətirib çıxaracaq və buna səbəb olan əsas amil suyun termal genişlənməsi olacaqdır. Bu, sahilə yaxın ərazilərin əhəmiyyətli hissəsinin su altında qalması təhlükəsi deməkdir.

İqlim istiləşməsi müxtəlif nəticələr gətirib çıxara bilər: bəzi bölgələrdə yağıntıların çoxalması, digərlərində isə quraqlıq; yer üzündə, su səthində və qruntda mövcud olan buzlaqların əriməsi; kənd təsərrüfatı işləri üçün yararlı torpaqların su altında qalması ilə nəticələnən daşqınlar və dəniz səviyyəsinin qalxması; xüsusilə, atmosfer temperaturunun kəskin dəyişməsi səbəbindən baş verən təbii fəlakətlərin artması: infeksiyaların, xüsusən də malyariyanın yayılması və s. [115, 126, 128, 129, 131]. Mütəxəssislərin fikrincə, atmosferin temperaturu 10-15° yüksələrsə, o zaman Yer kürəsində hazırda inkişaf etmiş formalarda həyat qeyri-mümkün olacaqdır. Son onillikdə istilik 0,3-0,75°C yüksəlmişdir ([25, 38]-ə görə) və bu sürətlə artmaqda davam edərsə (Şəkil 1.1), onda inkişaf etmiş həyat formaları 130-200 il sonra məhv olacaq və qlobal fəlakətlər daha erkən başlayacaq. Hadisələrin bu cür inkişafı şəraitində qətiyyətli

addımlar atmaq üçün cəmi bir neçə onillik müddətimiz qalıb. Son illərdə atmosferin yer səthinə yaxın qatının istiliyi ildə təxminən  $0,0285^{\circ}\text{C}$  sürətlə artır [75]. Hazırda iqlim istiləşməsi faktı mübahisəli deyil, müzakirələr əsasən digər iki mövzuda aparılır.

İki istiləşmə faktoru var. Birincisi, hazırda baş verən proses Yer kürəsinin inkişafı tarixində dəfələrlə baş vermiş növbəti iqlim istiləşməsidirmi? Bu halda istiləşmənin ardınca iqlimin soyuması müşahidə olunacaq, və ya bu istiləşmə insan fəaliyyətinin nəticəsidir. Bu prosesdə antropogen amil mövcuddursa, onda onun payı nə qədərdir? İkincisi, insan amilinin rolu böyükdürsə, o zaman istixana effektinin payı nə qədərdir və ətraf mühitin istiliklə çirklənməsinin payı nə qədərdir? İnsanın əmələ gəlməsindən əvvəl Yer üzündə istilik balansı var idi: Yer Günəşdən aldığı istilik qədər istiliyi Kosmosa qaytarırdı. İnsan fəaliyyəti nəticəsində atmosferdə karbon qazı, metan, su buxarı və bəzi digər maddələrin miqdarı artaraq, infraqırmızı şüalara qarşı şəffaflığını itirir və istiliyin kosmosa qaytarılmasını çətinləşdirir. Bu isə məhz elə istixana effektidir. Digər tərəfdən, bəşəriyyətin əsrlər boyu toplanan təcrübəsi onu sübut edir ki, insan fəaliyyəti istiliyin əldə edilməsi ilə bağlıdır. İnsan nə etsə də, ona enerji lazımdır, və bu enerjini 1-dən daha kiçik səmərəlik əmsalı ilə istehlak edərək, dərhal enerjinin bir hissəsini istiliyə çevirir. Digər hissəsi də faydalı istifadədən sonra istiliyə çevrilir. Bu istilik “əlavəedicidirsə”, buna ətraf mühitin termal çirklənməsi deyilir.

Şəkildə 1981-2018-ci illərin norma qiymətləri ilə müqayisədə illik (a) və qış mövsümü (b) temperatur anomaliyaları 1981-1989 (c), 1990-1999 (d), 2000-2009 (e), 2010-2018(f): cihazlarla qeyd edilən göstəricilər və qurulmuş model əsasında hesablama nəticələri onillik üçün kelvin ilə göstərilmişdir. [21].



Şək.1.2. 2018-2026-ci illərin norma qiymətləri ilə müqayisədə illik (a) və qış mövsümü (b) temperatur anomaliyaları

## II Fəsil . Günəş qurğularının istifadəsi üsulları

### 2.1. Günəş qurğuları

#### 2.1.1. Ümumi məlumat

Günəş enerjisini istiliyə çevirmək üçün müxtəlif növ kollektorlardan istifadə olunur. Yüksək temperatur yaradan kollektorlarda Günəş işığını əks etdirən, toplayan və Günəşin istiqaməti üzrə hərəkət edən parabolik güzgülərdən istifadə olunur. Günəş enerjisinin daha səmərəli istifadəsi onun fotoelementlərdən asılıdır ki, bu da elektrik enerjisinə çevrilməsi ilə həyata keçirilir. Fotoelementlər işığa həssas yarımkeçirici materiallardan, yəni selen, silisium, qallium arsenidi, kadmium sulfidi və s. materiallardan hazırlanır.

Günəş enerjisindən passiv və aktiv qurğuların vasitəsi ilə istifadə etmək mümkündür. Passiv sistemlərdə Günəş enerjisi şüalanmanın, istilikkeçirmənin və təbii ventilyasiyanın köməyi ilə ötürülür. Bu sistemlər sadə olmaqla, istismar zamanı etibarlı və iqtisadi cəhətdən səmərəli işləyirlər. Aktiv sistemlərdə isə, Günəş şüaları ilə qızan səthin istiliyi istilik daşıyıcısının vasitəsilə digər qurğuya nəql edilir. Tətbiq edildikləri sahələrə görə termik Günəş qurğularından aşağıdakılara rast gəlmək olar:

- Üzgüçülük hovuzları üçün;
- İsti su təchizatı üçün;
- Duzlu suların şirinləşdirilməsi üçün;
- Otaqların isidilməsi üçün;
- Müxtəlif texnoloji proseslər üçün;
- Elektrik cərəyanı istehsal etmək üçün.

Bu zaman istiliyi qəbul etmək üçün Günəş kollektorlarından istifadə edilir ki, onlar da konsentratrorsuz (hamar səthli), konsentratörəli, açıq və bağlı

tipli növlərə ayrılır. Açıq tipli kollektorlar adətən üzgüçülük hovuzlarında (absorber), qapalı tipli kollektorlar isə isti su təchizatında, isitmədə və s. istifadə edilir. Günəş kollektorlarının aşağıdakı növləri var:

- Hamar Günəş kollektorları;
- Vakuumlu boru kollektorları;
- Konsentratorlu Günəş kollektorlar

Günəş elektrik stansiyası Fotovoltaik (PV) elektrik stansiyası kimi də tanınır. Bu, günəş radiasiyasından kütləvi elektrik enerjisi istehsal etmək üçün nəzərdə tutulmuş geniş miqyaslı PV zavodudur. Günəş elektrik stansiyası elektrik enerjisi istehsal etmək üçün günəş enerjisindən istifadə edir. Buna görə də adi elektrik stansiyasıdır.

Günəş enerjisi günəş PV panellərindən istifadə edərək elektrik enerjisi istehsal etmək üçün birbaşa istifadə edilə bilər. Və ya elektrik enerjisi istehsal etməyin başqa bir yolu var ki, günəş enerjisi cəmlənmişdir. Bu tip qurğularda günəşin radiasiya enerjisi əvvəlcə istiliyə çevrilir və bu istilik şərti generatoru idarə etmək üçün istifadə olunur. Bu üsul çətin və böyük miqyasda elektrik enerjisi istehsal etmək üçün səmərəli deyil.

Beləliklə, geniş miqyasda elektrik enerjisi istehsal etmək üçün günəş PV panellərindən istifadə olunur. Bu yazıda günəş PV qurğuları və PV panelləri haqqında təfərrüatları izah edəcəyik. Aşağıda fotovoltaik elektrik stansiyasının planı verilmişdir.

Foto Voltaik (PV) prinsipi ilə işləyən Silikon günəş batareyalarında ən çox istifadə olunan materialdır. Silikon yarımkeçirici materialdır. Bir neçə material fotoelektrik xüsusiyyətləri göstərir: kadmium, qallium arsenid və s.

Günəş batareyalarında elektron-deşik cütləri yaradılır. PV materialları günəş işığının fotonlarını udmaq xüsusiyyətinə malikdir. Yarımkeçirici materialın valentlik zolağının elektronları daha aşağı enerjidedə, keçiricilik zonasının elektronları isə daha yüksək enerji səviyyəsindədir. Bu enerji səviyyəsi arasındakı fərq bant aralığı enerjisi kimi tanınır.

Günəş işığı günəş batareyalarına düşdükdə, foton enerjisi  $E$  və bant enerjisi  $E_g$  arasındakı fərq batareya tərəfindən udulur. Və bəzi elektronları bant boşluğundan

tullanmaq üçün həyəcanlandırır. Bu elektronlar valentlik zolağından keçiricilik zonasına keçir və valentlik zolağında dəliklər yaradır.

Buna görə də, potensial fərq hüceyrə daxilində olarsa, keçiricilik zolağının elektronları və valans zolağının dəlikləri dövrədə cərəyan axını etdi.

**Maks Plantın** fikrincə, fotonların enerjisi şüalanma tezliyi ilə düz mütənasibdir.

$$E_p = h\nu = h \frac{C}{\lambda}$$

$E_p$  -Fotonun enerjisi

$h$  - Plank sabiti =  $6,62 \times 10^{-34}$  J s =  $4,135 \times 10^{-15}$  eV s

$\nu$  - şüalanma tezliyi (Hz)

$C$  - işığın sürəti  $\approx 3 \times 10^8$  m/s

$\lambda$  - Şüalanmanın dalğa uzunluğu ( $\mu\text{m}$ )

yuxarıdakı tənlikdə bu dəyərləri əvəz edib aşağıdakı düsturu alırıq;

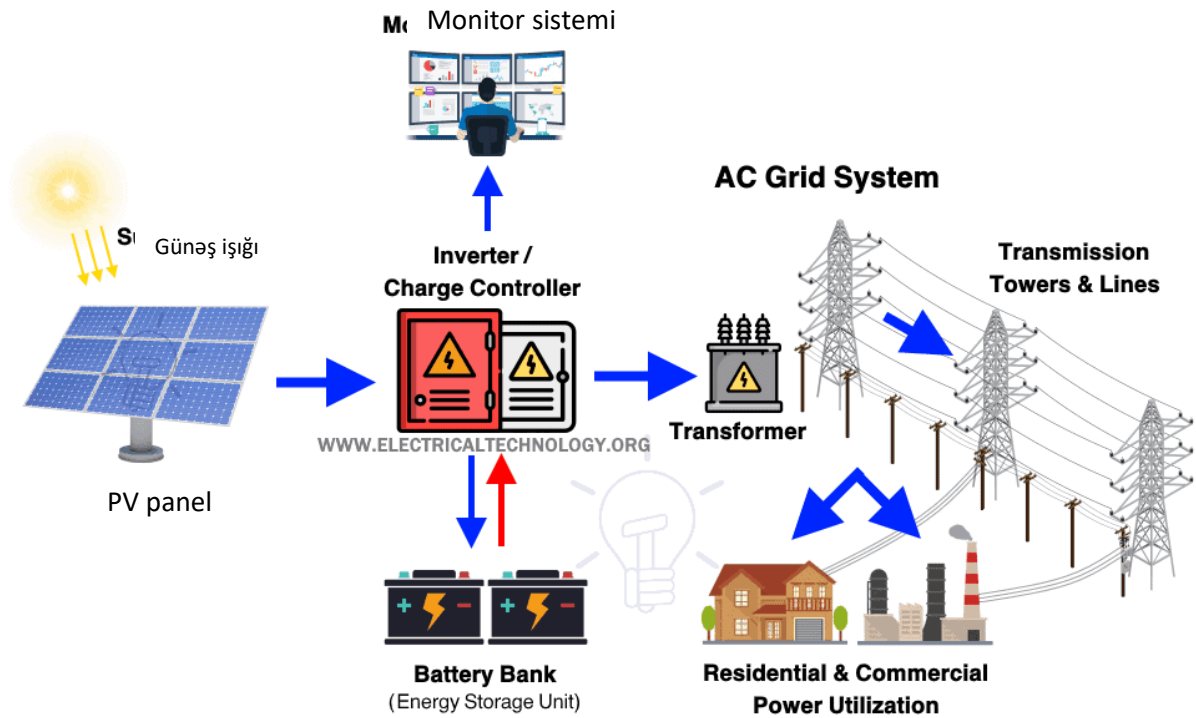
$$E_p = 4.135 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{\lambda \times 10^{-6}}$$

$$E_p \approx \frac{1.24}{\lambda} \text{ eV}$$

Günəş Elektrik Stansiyasının komponentləri-Günəş fotovoltaiq sisteminin əsas komponentləri aşağıda verilmişdir.

- Fotovoltaiq (PV) panel
- İnverter
- Enerji saxlama cihazları
- Şarj nəzarətçisi
- Sistemin balanslaşdırılması komponenti





**Şəkil 1..**

Fotovoltaik (PV) Panel- PV panellər və ya Fotovoltaik panel günəş elektrik stansiyasının ən vacib komponentidir. Kiçik günəş batareyalarından ibarətdir. Bu, günəş foton enerjisini elektrik enerjisinə çevirmək üçün istifadə edilən bir cihazdır.

Ümumiyyətlə, silikon günəş batareyalarında yarımkəçirici material kimi istifadə olunur. Silikon günəş batareyalarının tipik reytinqi 0,5 V və 6 amperdir buda 3 Vt gücə bərabərdir. Hüceyrələrin sayı ardıcıl və ya paralel olaraq bağlanır və modul edir. Modulların sayı günəş panelini təşkil edir.

Elektrik stansiyalarının gücünə görə, bir sıra lövhələr quraşdırılır və bir qrup panel də Fotovoltaik (PV) massiv kimi tanınır.

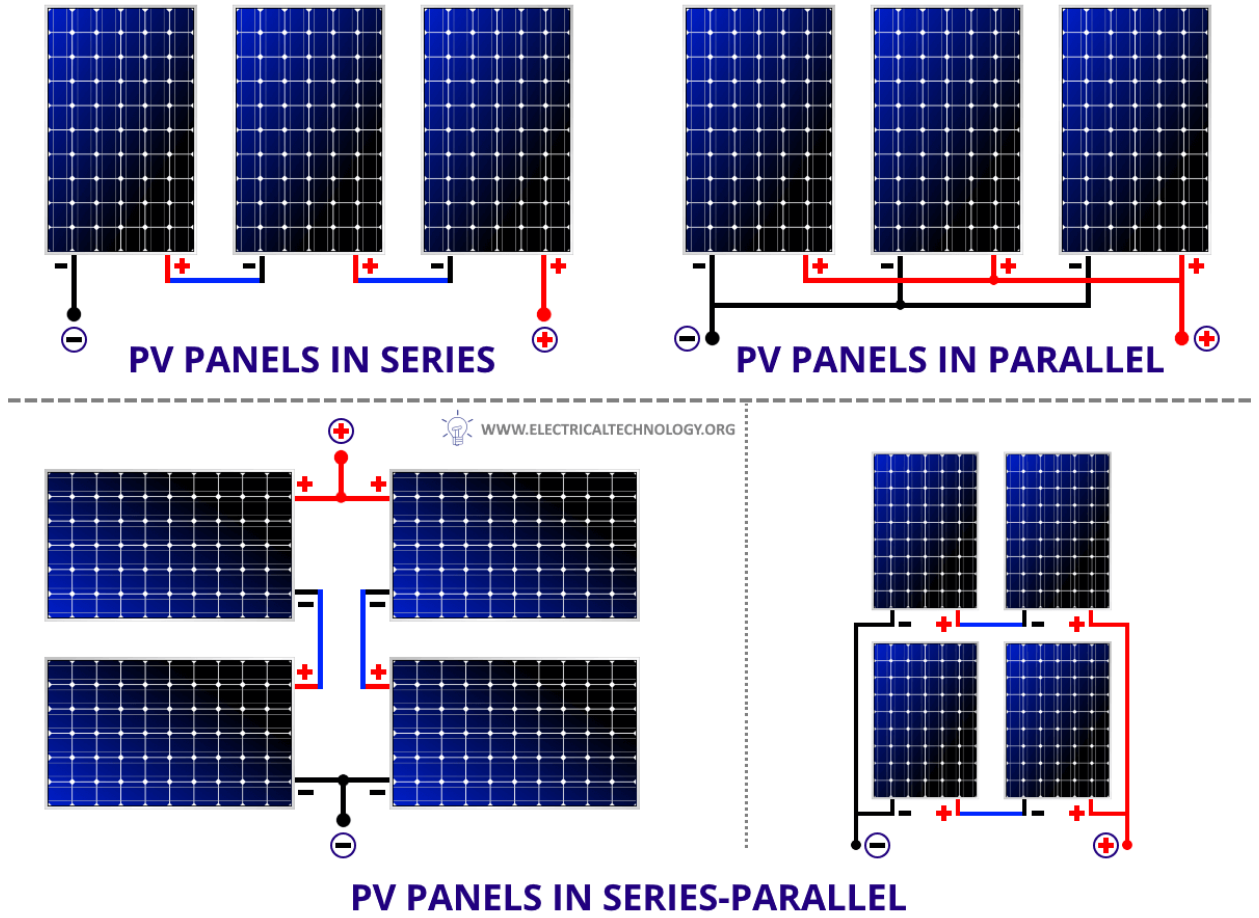
Günəş Fotovoltaik Array dedikdə, Günəş Fotovoltaik Modulu 3 WP ilə 300 WP arasında mövcuddur. Ancaq çox vaxt kVt-dan MVt-a qədər gücə ehtiyacımız var. Belə böyük gücə nail olmaq üçün N ədəd modulları ardıcıl və paralel birləşdirməliyik.

PV modulları sətri N-saylı PV modulları ardıcıl qoşulduqda. Seriyaya qoşulmuş modulların bütün sətri PV modul sətri kimi tanınır. Sistemdəki gərginliyi artırmaq üçün modullar ardıcıl olaraq birləşdirilir. Aşağıdakı şəkildə seriyalı, paralel və seriyalı paralel qoşulmuş PV modullarının sxemi göstərilir.

Cari N-sayı artırmaq üçün PV modulları paralel olaraq bağlanır. Modulların ardıcıl və paralel birləşmədə belə bir əlaqəsi "Günəş Fotovoltaik Array" və ya "PV Modul Array" kimi tanınır. Seriya-paralel konfigurasiyada birləşdirilmiş günəş PV modul massivinin sxematik diaqramı aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.

Günəş batareyası iki terminallı bir cihazdır. Biri müsbət (anod), digəri isə mənfi (katod). Günəş batareyası tənzimləməsi günəş modulu və ya günəş paneli kimi tanınır, burada günəş paneli tənzimləməsi fotovoltaik massiv kimi tanınır.

Qeyd etmək vacibdir ki, modulların seriya və paralel qoşulmalarının artması ilə modulların gücü də əlavə olunur.



Şək.1.2 2022-ci ildə Dünya ölkələrində Bərpa olunan enerjinin artımın faizlə ifadəsi

Modulların seriya qoşulması - Bəzən bir elektrik stansiyası üçün tələb olunan sistem gərginliyi tək bir PV modulunun istehsal edə biləcəyindən çox yüksək olur. Belə hallarda, tələb olunan gərginlik səviyyəsini çatdırmaq üçün N saylı PV modulları ardıcıl olaraq birləşdirilir. PV modullarının bu seriyalı əlaqəsi tələb olunan gərginlik səviyyəsini əldə etmək üçün moduldakı N sayda batareyaların birləşməsinə bənzəyir. Aşağıdakı şəkildə ardıcıl konfigurasiyada qoşulmuş PV panelləri göstərilir.

Bu seriyalı əlaqə ilə yalnız gərginlik deyil, həm də modulun yaratdığı güc də artır. Buna nail olmaq üçün bir modulun mənfi terminalı digər modulun müsbət terminalına qoşulur.

Modulun açıq dövrə gərginliyi  $V_{OC1}$  20 V, digəri isə 20 V  $V_{OC2}$ -ə malikdirsə, o zaman simin ümumi açıq dövrəsi iki gərginliyin cəmidir.

$$V_{OC} = V_{OC1} + V_{OC2}$$

$$V_{OC} = 20 \text{ V} + 20 \text{ V} = 40 \text{ V}$$

Qeyd etmək vacibdir ki, maksimum güc nöqtəsində gərginliklərin cəmi PV massivində də tətbiq olunur.

Seriyalarda tələb olunan modulların sayının və onların ümumi gücünün hesablanması üçün ardıcıl olaraq birləşdiriləcək PV modullarının sayını hesablamaq üçün PV massivinin tələb olunan gərginliyi verilməlidir. PV massivinin yaratdığı ümumi gücü də görəcəyik. Qeyd edək ki, bütün modullar eyni modul parametrlərinə malik eynidir.

Günəş Fotovoltaik Modulu - Gündəlik yüklərimizin tələb etdiyi güc bir neçə vatt və ya bəzən kilovatlarla dəyişir. Tək bir günəş batareyası belə bir yük tələbini yerinə yetirmək üçün kifayət qədər güc istehsal edə bilməz, hüceyrə sahəsindən asılı olaraq 0,1 ilə 3 vatt arasında güc istehsal edə bilməz. Şəbəkəyə qoşulmuş və sənaye elektrik stansiyaları vəziyyətində, biz Meqavat və ya hətta Gigavat diapazonunda güc tələb edirik.

Beləliklə, tək bir PV hüceyrəsi belə yüksək tələbat qadir deyil. Beləliklə, bu yüksək tələbləri ödəmək üçün günəş batareyaları düzülür və elektrikle bağlıdır. Günəş batareyalarının belə bir əlaqəsi və düzülüşü PV modulları adlanır. Bu PV modulları bir hüceyrənin təmin edə biləcəyindən daha böyük tələbat təmin etməyə imkan verir.

Günəş radiasiyası tək bir günəş hüceyrəsinə düşdükdə onun üzərində iki terminal anod və katod yaranır (yəni anod müsbət terminal, katod isə mənfi terminaldır). Tələb olunan güc potensialını artırmaq üçün N sayılı hüceyrələr ardıcıl olaraq bağlanır. Bir hüceyrənin mənfi terminalı digər hüceyrənin müsbət terminalına qoşulur.

Günəş batareyalarının N sayını ardıcıl olaraq birləşdirdikdə iki terminal alırıq və bu iki terminaldakı gərginlik sıra ilə bağlanmış hüceyrələrin gərginliklərinin cəminə

bərabərdir. Məsələn, bir hüceyrənin gərginliyi 0,3 V-dirsə və 10 belə hüceyrə ardıcıl olaraq bağlanarsa, simdəki ümumi gərginlik  $0,3 \text{ V} \times 10 = 3 \text{ Volt}$  olacaqdır.

0,6 V-lik 40 hüceyrə ardıcıl olaraq bağlanarsa, ümumi gərginlik  $0,6 \text{ V} \times 40 = 24 \text{ Volt}$  olacaqdır. Qeyd etmək vacibdir ki, hüceyrələr ardıcıl olaraq birləşdirildikdə, cərəyan eyni qalarkən gərginlik əlavə olunur.

Eynilə, hüceyrələr paralel bağlandıqda, ayrı-ayrı hüceyrələrin cərəyanı əlavə olunur. Bir hüceyrənin anod terminalı növbəti hüceyrənin anod terminalına qoşulur və eyni şəkildə, katod terminalı növbəti hüceyrənin katod terminalına qoşulur.

Serial əlaqədən fərqli olaraq, paralel qoşulmada simin ümumi gərginliyi dəyişməz qalır. Məsələn, hüceyrənin 2 A cərəyan istehsal gücü varsa və 5 belə günəş batareyası paralel bağlanır. Sonra hüceyrənin ümumi cərəyan istehsal gücü  $2 \text{ A} \times 5 = 10 \text{ A}$  olacaqdır.

PV modulunun parametrləri istehsalçılar tərəfindən Standart Sınaq Şərti (STC), yəni 25 °C temperatur və 1000 Wt/m<sup>2</sup> şüalanma altında qeyd edilir. Əksər vaxtlarda və yerlərdə STC-də göstərilən şərtlər baş vermir. Bu, günəş radiasiyasının həmişə 1000 Wt/m<sup>2</sup>-dən az olması və hüceyrənin işləmə temperaturunun 25 °C-dən yüksək olması səbəbindən baş verir, bu qeyri-müəyyənlik PV modulunun çıxış gücünün azalması ilə nəticələnir.

Daha əvvəl müzakirə etdiyimiz kimi, PV modulu günəş batareyalarının sayından ibarətdir, buna görə də onun parametrləri və elektrik enerjisinin istehsalına təsir edən amillər əvvəlki məqaləmizdə artıq əhatə etdiyimiz günəş elementininə bənzəyir. Ona görə də biz bu hissəni burada bir daha əhatə etməyəcəyik.

Modulda Hüceyrələrin Sayısının Müəyyən edilməsi-PV modulunun əsas tələblərindən biri gündəlik günəş radiasiyası altında müxtəlif gərginlik səviyyələrinin batareyalarını doldurmaq üçün kifayət qədər gərginlik təmin etməkdir. Bu o deməkdir ki, aşağı günəş radiasiyası və yüksək temperatur zamanı batareyaları doldurmaq üçün modulun gərginliyi daha yüksək olmalıdır.

PV modulları 12 V, 24 V, 36 V, 48 V və s. olan çoxlu 12 V batareya səviyyəsində gərginlikləri təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. 12 V batareyanı PV modulu ilə doldurmaq üçün bizə VM-i 15 V olan modul lazımdır və 24 V batareya üçün 30 V və s. modul lazımdır. PV sistemində istifadə olunan digər cihazlar batareya gərginliyi səviyyəsi ilə işləmək üçün uyğunlaşdırılıb.

Lazımi gərginlik səviyyəsini təmin etmək üçün hüceyrələri ardıcıl olaraq birləşdirməliyik. PV hüceyrəsində istifadə olunan müxtəlif texnologiyalardan asılı olaraq, ardıcıl olaraq qoşulmaq üçün tələb olunan hüceyrələrin sayı fərqli olacaq. Ardıcıl olaraq birləşdiriləcək hüceyrələrin sayı maksimum güc nöqtəsindəki gərginliyə, yəni fərdi hüceyrənin VM-inə və hüceyrənin temperaturunun STC-dən yuxarı artması səbəbindən baş verən gərginliyin azalmasına bağlıdır.

Günəş panelinin çıxışı DC şəklindədir. Enerji sistemi şəbəkəsinə qoşulan yükün böyük hissəsi AC şəklindədir. Buna görə DC çıxış gücünü AC gücünə çevirməliyik. Bunun üçün günəş elektrik stansiyalarında invertor istifadə olunur.

İnvertor- Geniş miqyaslı bir şəbəkəyə bağlı elektrik stansiyası üçün çevirici xüsusi qoruyucu cihazlarla birləşdirilir. Standart təchizatına uyğun olaraq çıxış gərginliyini və tezliyini təmin etmək üçün transformator da çevirici ilə birləşdirilir.

Enerji saxlama cihazları- Batareyalar günəş elektrik stansiyalarının istehsal etdiyi elektrik enerjisini saxlamaq üçün istifadə olunur. Saxlama komponentləri yükün tələbatını və dəyişməsinə qarşılaşmaq üçün elektrik stansiyasında ən vacib komponentdir. Bu komponent xüsusilə günəş işığı bir neçə gün olmadıqda istifadə olunur.

Batareyanın tutumu onun nə qədər elektrik enerjisi saxlaya biləcəyidir. Batareyaların tutumu Amper-saat (AH) ilə ölçülür.

Məsələn, 100 AH batareyası olan bir batareya 100 saat ərzində 1 Amper cərəyan və ya 1 saat ərzində 100 Amper cərəyan verə bilər.

Batareyanın uzun ömürlü olması üçün heç vaxt batareyanı tam boşaltmayın. Batareya tam boşalmışsa, heç vaxt tam boşalmış batareyanı uzun müddət saxlamayın.

Batareyanın tutumu temperaturdan təsirlənir. Temperaturun 25°C-dən yuxarı hər dərəcə Selsi yüksəlməsi üçün tutumun 0,6% azalması müşahidə olunur.

Günəş elektrik stansiyasında iki növ batareya istifadə olunur;

- Qurğuşun-turşu batareyası
- Nikel-kadmium batareyası

Batareyanın doldurulması və boşaldılmasına nəzarət etmək üçün şarj tənzimləyicisi istifadə olunur. Şarj tənzimləyicisi batareyanın həddindən artıq yüklənməsinin qarşısını almaq üçün istifadə olunur. Batareyanın həddindən artıq doldurulması korroziyaya səbəb ola bilər və boşqab artımını azalda bilər. Və ən pis vəziyyətdə, batareyanın elektrolitinə zərər verə bilər.

Bəzən şarj tənzimləyicisi günəş batareyası şarj cihazı adlanır. Şarj tənzimləyicisini hazırlamaq üçün istifadə olunan bir çox texnologiya var. Məsələn, ən məşhur texnika "Maksimum Güc Nöqtəsinin İzənməsi" kimi tanınan MPPT şarj nəzarətçisidir. Bu alqoritm PV hüceyrələrinin istehsalını optimallaşdırmaq üçün istifadə olunur.

Sistemin balanslaşdırılması komponenti- Sistemdə gücü idarə etmək, qorumaq və paylaşmaq üçün istifadə olunan komponentlər toplusudur. Bu qurğular sistemin lazımı vəziyyətdə işləməsinə və enerjinin lazımı istiqamətdə istifadəsini təmin edir. Və günəş elektrik stansiyasının digər komponentlərinin maksimum çıxışını və təhlükəsizliyini təmin edir.

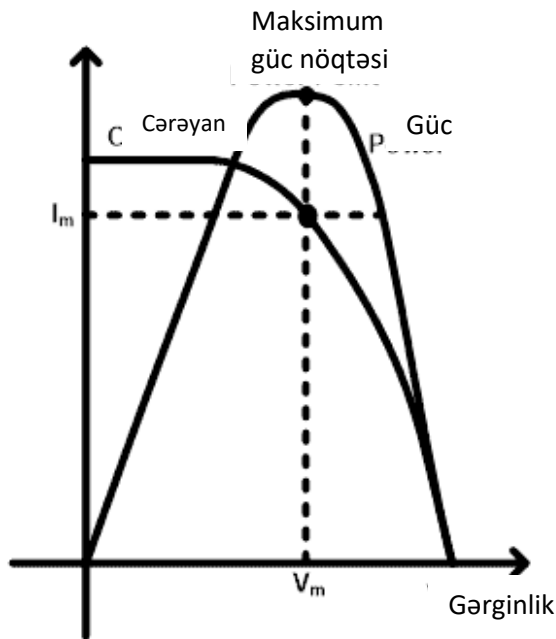
Bloklama diodu- Günəş PV panelləri bir batareya ilə birləşdirilir. Və bu panellər günəş işığı zamanı batareyanı doldurmaq üçün istifadə edilə bilər. Akkumulyatorun doldurulması zamanı cərəyan paneldən batareyaya keçir. Ancaq günəş işığı olmadıqda, cərəyan tərs istiqamətdə axa bilər və günəş panelinə zərər verə bilər. Beləliklə, bloklama

diodu batareyadan panelə qarşı elektricləşmənin qarşısını almaq üçün batareyə ilə panel arasında birləşdirilən bir dioddur.

Gərginlik tənzimləyicisi- Günəş panellərinin çıxışı günəş işığından asılıdır və günəş işığı daim mövcud deyil, davamlı olaraq dəyişir. Eynilə, günəş panelinin çıxışı da günəş işığına görə dəyişir. Bu, yük cərəyanının dəyişməsi ilə nəticələnir. Gərginlik tənzimləyiciləri dalğalanmaları məqbul diapazonda saxlamaq üçün istifadə olunur.

Günəş batareyasının performansı- Günəş batareyası PN qovşağından başqa bir şey deyil. Qısaqapanma cərəyanı (ISC) və açıq dövrəli gərginlik (VOC) qrafiki günəş elementinin işini təsvir edir (Şəkil 2.1.).

Qısaqapanma cərəyanı (ISC) və açıq dövrəli gərginlik (VOC) qrafiki:



Şəkil .2.1.

Yuxarıdakı qrafikdə göstərilədiyi kimi, əvvəlcə qısaqapanma cərəyanı gərginliyin artması ilə sabit qalır. Və gərginliyin daha da artması cərəyanın sürətlə azalması ilə nəticələnir.



Günəş batareyasının yaratdığı güc cərəyan və gərginliyin çarpılması ilə hesablanır. Və buradan işlənmiş gücün qrafikini çəkə bilərik. İnkişaf etmiş gücün qrafikində göstərildiyi kimi, P nöqtəsində güc maksimumdur. Və bu nöqtədə paneli işlətməyə çalışırıq. Bu nöqtə maksimum güc nöqtəsi kimi tanınır. Və bu nöqtəni izləmək üçün istifadə edilən alqoritm maksimum güc nöqtəsi izləmə (MPPT) kimi tanınır.

Günəş batareyalarının səmərəliliyinə təsir edən amillər – nəzəri olaraq, günəş batareyaları maksimum səmərəliliklə işləmək üçün istifadə olunur. Günəş batareyalarının səmərəliliyinə təsir edən əsas amillər aşağıda verilmişdir.

- Temperatur
- Günəşin intensivliyi
- Günəş kölgəsi
- Refleksiya

Temperatur - Yarımkeçirici materialın özünəməxsus xüsusiyyətlərinə görə, günəş elementlərinin səmərəliliyi temperaturdan çox təsirlənir. Günəş batareyaları daha yüksək temperaturda səmərəli işləyə bilməz. Günəş batareyalarının səmərəliliyi aşağı temperaturda yüksəkdir.

Günəşin intensivliyi - Günəşin intensivliyi gün ərzində dəyişir. Günortadan sonra günəşin intensivliyi maksimumdur. Bu müddət ərzində günəş batareyalarının səmərəliliyi maksimumdur. Axşam və səhər saatlarında günəşin intensivliyi pik səviyyədə deyil. Beləliklə, bu müddət ərzində səmərəlilik günorta vaxtı ilə müqayisədə aşağı olur.

Günəş kölgəsi - Günəş batareyalarının səmərəliliyi günəş şüalarından çox asılıdır. Buludlu bir atmosfer zamanı günəş hüceyrələri daha çox enerji istehsal edə bilmir. Yağışlı mövsümdə günəş elementlərinin səmərəliliyi kölgələnmə səbəbindən azalır.

Refleksiya - Günəş hüceyrəsi foton enerjisini toplayır. Ancaq hüceyrələr işığı səthdən əks etdirsə, hüceyrələrin səmərəliliyi azalacaq. Təmizlənməmiş silikon səthi gələn işığın 30%-nə qədər işığı əks etdirir. Bu vəziyyətdən yayınmaq üçün günəş

batareyalarının səthində əks etdirməyə qarşı bir örtük istifadə olunur. Bu örtük sayəsində günəş batareyaları tünd mavi və ya qara görünür.

Günəş Elektrik Stansiyasının növləri-Günəş elektrik stansiyası yükün bağlanma üsuluna görə iki növə bölünür.

- Bağımsız sistem
- Şəbəkəyə qoşulmuş sistem

Bağımsız Sistem - Stend sistemi müstəqil elektrik stansiyasıdır. Bir şəbəkə ilə əlaqəli deyil. Bu birbaşa yüklə bağlıdır. Bu növ bitki meşə, dağlıq ərazi və s. kimi şəbəkənin mövcud olmadığı yerlərdə istifadə olunur.

Bu tip qurğular şəbəkənin gücü olmadıqda ehtiyat elektrik stansiyası kimi istifadə oluna bilər, bu qurğu yükü təmin etmək üçün istifadə olunur. Batareya və **şarj** tənzimləyicisi bu sistemin istəyə bağlı hissəsidir. Ancaq əksər hallarda etibarlılığı artırmaq üçün batareya və **şarj** tənzimləyicisi bu sistemlə birlikdə istifadə olunur.

SC yükləri bu qurğu ilə birbaşa əlaqə qura bilər. Ancaq DC yükü vəziyyətində, çevirici SC gücünü DC gücünə çevirmək üçün tələb olunur. Ümumiyyətlə, bu tip sistem toplu miqdarda elektrik enerjisi istehsal etmək üçün istifadə edilmir. Bu tip qurğular kiçik yükləri və ya yalnız fəvqəladə vəziyyətlərdə işləmək üçün istifadə olunur.

Müstəqil sistem aşağıdakı kimi təsnif edilə bilər.

- Birbaşa qoşulmuş müstəqil sistem
- Batareyanın saxlanması ilə müstəqil sistem
- Batareyalar və **şarj** tənzimləyicisi ilə müstəqil sistem
- DC və SC yükləri ilə müstəqil sistem
- Hibrid müstəqil sistem

Birbaşa birləşdirilən müstəqil sistem - Bu tip sistemlərdə günəş panelləri birbaşa yüklərlə bağlıdır. Bu sistem DC yükü üçün uyğun deyil, çünki bu sistemdə çevirici yoxdur. Beləliklə, SC yükləri birbaşa günəş paneli tərəfindən təmin edilir.

Bu sistem gecə vaxtı və ya günəş işığı olmadıqda işləyə bilməz. Ümumiyyətlə, bu tip sistem kənd təsərrüfatı məqsədləri üçün nasos qurğularını və kənd təsərrüfatında istifadə olunan digər köməkçi qurğuları idarə etmək üçün istifadə olunur.

Batareya Saxlama ilə Bağlı Sistem - Bu tip sistem günəş işığı olmadıqda işləyə bilər. Gündüz günəş işığı mövcud olduqda, batareyanı doldurmaq üçün günəş paneli istifadə olunur. Batareya isə gecə vaxtı enerji təchizatı üçün istifadə olunur. Bu sistem **şarj** tənzimləyicisindən istifadə etmədiyi üçün ucuzdur. Ancaq bu sistemdə batareya həddindən artıq doldurula və ya tam boşalda bilər və bu, batareyanın ömrünü azaldır. Bu sistemin blok diaqramı aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.

Batareya və Şarj Nəzarətçisi ilə Bağlı Sistem - Şarj tənzimləyicisi batareyanın doldurulması və boşaldılmasına nəzarət etmək üçün istifadə olunur. Bu sistemin qiyməti yüksəkdir. Ancaq bu sistemin ömrü yüksəkdir. Şarj tənzimləyicisi sayəsində batareya şarj tənzimləyicisi olmayan müstəqil sistemlə müqayisədə səmərəli işləyir. Bu sistemin blok diaqramı aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.

SC və DC yükləri ilə müstəqil system - Günəş panelinin çıxışı SC gücü şəklindədir. Beləliklə, SC yükü birbaşa günəş sistemi ilə əlaqələndirilə bilər. Ancaq DC yükünü birləşdirmək lazımdırsa, SC gücünü DC gücünə çevirmək üçün çevirici lazımdır. Ümumiyyətlə, bu **zavod** digər DC mənbələri ilə də bağlıdır. Və bu mənbə günəş işığı olmadığı zaman batareyanı doldurmaq üçün istifadə olunur.

Hibrid Bağımsız Sistem - Bu tip sistemlərdə yüklə birdən çox mənbə bağlıdır. Bu mənbələr dizel generatoru, kiçik su turbinləri, yanacaq elementləri və s. ola bilər. Bu, sistemin etibarlılığını artıracaq və batareyanın tutumunu azaldacaq. Hibrid müstəqil sistemin blok diaqramı aşağıdakı şəkildə göstərildiyi kimidir.

Şəbəkəyə qoşulmuş system - Bu tip sistem toplu enerji yaratmaq və onu şəbəkə vasitəsilə yükə ötürmək üçün istifadə olunur. Beləliklə, bu zavod şəbəkəyə qoşulmuş

elektrik stansiyası kimi tanınır. Bu sistemdə daha çox enerji istehsal etmək üçün daha çox sayda günəş panelindən istifadə edilir. Və elektrik stansiyasının tikintisi üçün böyük ərazi tələb olunur.

Şəbəkə gücü DC şəklindədir. Şəbəkəyə enerji vermək lazımdırsa, şəbəkənin gücünə bənzər günəş stansiyalarının çıxışına ehtiyacımız var. Bu sistemdə ən vacib şərt çıxış tezliyinin və gərginliyin şəbəkənin tezliyi və gərginliyi ilə uyğunlaşdırılmasıdır.

**Həmçinin, enerji keyfiyyəti şəbəkə standartını qoruyur.**

Günəş panellərinin növləri - Günəş panelləri üç əsas növə bölünür;

- Monokristal Günəş Panelləri
- Polikristal Günəş Panelləri
- İncə günəş panelləri

Monokristal Günəş Panelləri - Bu günəş panelinin ən **qədim növüdür**. Monokristal günəş paneli ən inkişaf etmiş və çox səmərəli panel növüdür. Ən son monokristal panelin səmərəliliyi 20%-ə çatır.

Batareyalar saf silikondan hazırlanır və bu, günəş panelinin ən təmiz formasıdır. Bu panellər tünd rəngdə vahid görünür. Bu panelin hüceyrələri oval formalı görünüşü ilə tanınır. Bu tip panel yüksək gücə malikdir və polikristal panellə müqayisədə daha az yer tutur. Lakin bu panellərin qiyməti yüksəkdir.

Bu panelin əsas üstünlüyü polikristal panellə müqayisədə yüksək temperaturda bir qədər az reaksiya verməsidir.

Polikristal Günəş Panelləri - Polikristal panellər ərinmiş silikondan istifadə edir. Bu proses monokristal panellərlə müqayisədə daha sürətli və daha ucuzdur. Günəş hüceyrəsinin forması kəskin küncü olan düzbucaqlıdır. Ümumiyyətlə, bu panel silikona əlavə olunan çirklər səbəbindən mavi rəngdə görünür.

Bu tip panellərin səmərəliliyi monokristal panellə müqayisədə bir qədər azdır. Effektivlik təxminən 15% -dir. Və bu panelin ömrü monokristal panellə müqayisədə daha azdır.

İncə günəş panelləri - Bu tip günəş paneli **fotovoltaik** materialdan bir və ya bir neçə filmlə istehsal olunur. Polikristal panel daha ucuzdur, çünki bu paneli hazırlamaq prosesi asandır. Bu panelin əsas üstünlüyü onun elastik panel olmasıdır. Adından da görüldüyü kimi nazik təbəqəli bu panel növü monokristal və polikristal panellərə nisbətən təxminən 350 dəfə nazikdir.

Bu panelin əsas çatışmazlığı daha çox yer tələb etməsidir. Və bu problem bu paneli yaşayış tətbiqləri üçün yararsız edir. Bu panelin xidmət müddəti monokristal və polikristal panellərlə müqayisədə qısaadır.

Günəş elektrik stansiyalarının üstünlükləri aşağıda verilmişdir.

- Günəş enerjisi tükənməmiş enerji mənbəyi olan təmiz və bərpa olunan enerji mənbəyidir.
- Quraşdırıldıqdan sonra günəş elektrik stansiyası demək olar ki, sıfır xərcə elektrik enerjisi istehsal edir.
- Günəş zavodunun ömrü çox yüksəkdir. Günəş panelləri 25 ilə qədər işləyə bilər.
- Bu bitki çirklənməyə səbəb olmur.
- Günəş batareyalarında hərəkət edən hissələr yoxdur. Beləliklə, günəş enerjisi zavodunun işləməsini təmin etmək üçün texniki xidmət tələb olunmur.
- Heç bir səs-küy yaratmır.
- Toplu nəsil üçün bu bitki istənilən torpaqda quraşdırıla bilər. Beləliklə, istilik və su elektrik stansiyaları kimi xüsusi sahə seçim meyarları yoxdur.
- Günəş elektrik stansiyası evdə və ya mənzildə quraşdırıla bilər. Beləliklə, yük mərkəzinin yaxınlığında enerji istehsal etdiyi üçün ötürmə xərclərini azaldır.
- Şəbəkəyə bağlı elektrik stansiyasında elektrik enerjisi birbaşa şəbəkəyə ötürülə bilər və bu, adi elektrik stansiyalarının yükünü azaldacaq.
- Günəş elektrik stansiyalarının çatışmazlıqları aşağıda verilmişdir.
- Günəş panelinin ilkin qiyməti çox yüksəkdir.
- Kütləvi miqdarda elektrik enerjisi istehsal etmək üçün böyük torpaq tələb olunur.
- Günəş stansiyası yalnız günəş işığının səmərəli olduğu ölkələrdə quraşdırılır.

- Buludlu atmosfer zamanı günəş stansiyası səmərəli işləyə bilməz.
- Günəş panelinin səmərəliliyi çox azdır.
- Bu zavod günəş işığı mövcud olduqda elektrik enerjisi istehsal edir. Gecə vaxtı bu stansiya elektrik enerjisi istehsal edə bilmir. Beləliklə, gecə elektrik enerjisindən istifadə etmək lazımdırsa, batareya və şarj tənzimləyicisi quraşdırmalısınız. Bu, batareyanın ömrü çox qısa olduğu üçün zavodun xərclərini və texniki xidmətini artırır.
- Şəbəkə elektrik stansiyasında inverter tələb olunur ki, bu da baha başa gəlir və şəbəkənin enerji keyfiyyəti ilə sinxronizasiya etmək üçün ixtisaslı işçi qüvvəsi və yeni texnologiya tələb edir.

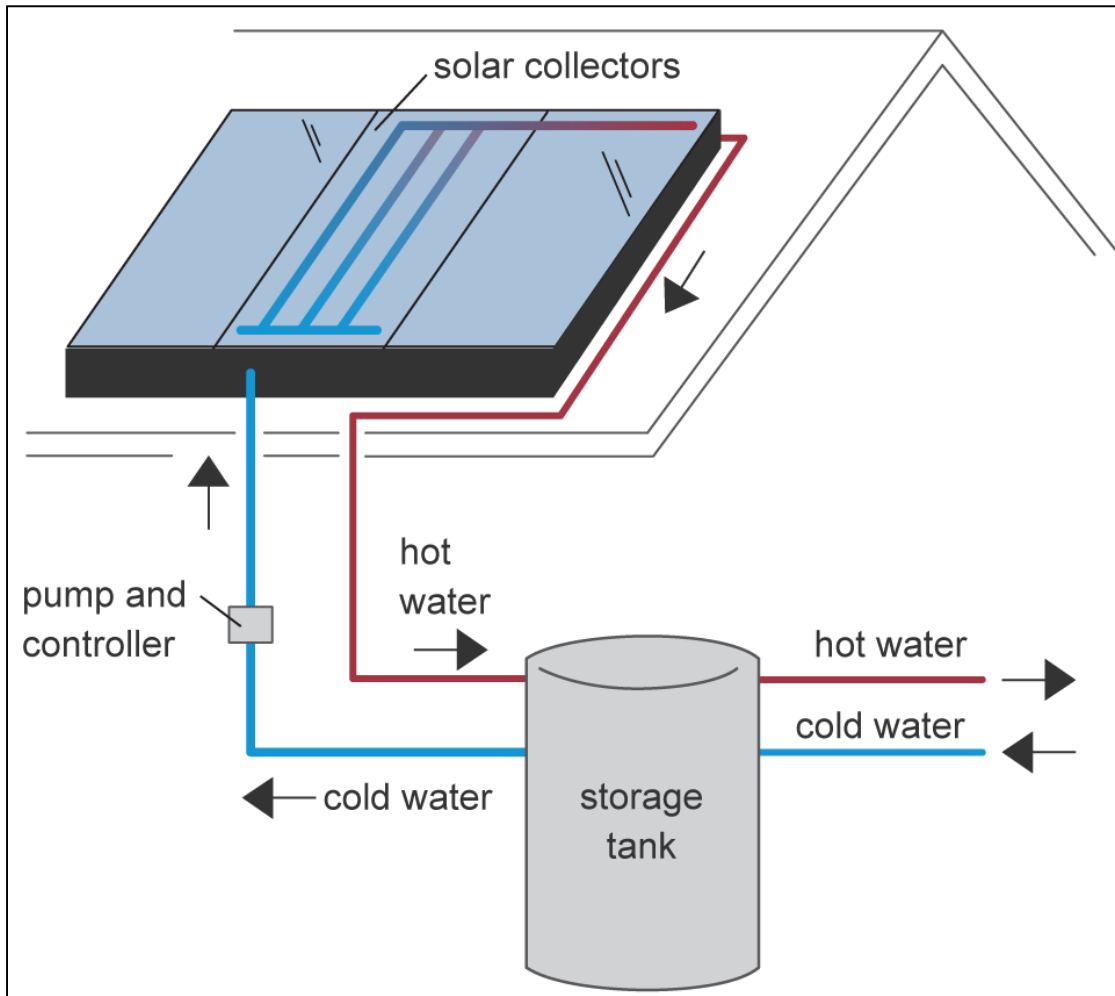
## 2.2. Günəş kollektorları

### 2.2.1. Yastı günəş kollektorları

Günəş enerjisi ilə isitmə - İnsanlar günəş istilik enerjisindən suyun, havanın, binaların daxili hissəsinin qızdırılması və elektrik enerjisi istehsalı daxil olmaqla bir çox məqsədlər üçün istifadə edirlər. Günəş istilik sistemlərinin iki ümumi növü var: passiv sistemlər və aktiv sistemlər.

Passiv günəş **kosmosunun** isitilməsi günəşin binanın pəncərələrindən düşdüyü və içərini isitdiyi zamandır. Passiv günəş istiliyini optimallaşdıran bina dizaynları adətən günəşin binanın günəş istiliyini udma divarlarına və ya döşəmələrinə işıq saçmasına imkan verən cənuba baxan pəncərələrə malikdir. Günəş enerjisi tikinti materialları tərəfindən udulur və təbii şüalanma, konveksiya ilə binaların içini qızdırır. Pəncərənin çıxıntıları və ya kölgələri yayda binanı sərin saxlamaq üçün günəşin pəncərələrə daxil olmasına mane olur.

Aktiv günəş istilik sistemləri qızdırılan mayeni (hava) binanın daxili hissəsinə və ya istilik saxlama sisteminə köçürür, lazım olduqda istilik buraxılır. Ventilator və ya nasoslar mayeni qızdırılmaq üçün kollektorlar vasitəsilə, sonra binanın içərisinə və ya istilik saxlama sisteminə, sonra isə yenidən qızdırılmaq üçün kollektora köçürür. Aktiv günəş suyu isitmə sistemlərində adətən günəş enerjisi ilə qızdırılan suyun saxlanması üçün bir çən var.



Şək.2.2 Günəş suyunun istilik sisteminin əsas komponentləri

Günəş kollektorları konsentrasiya etməyən və konsentrasiya edən günəş kollektorları növləri vardır.

Konsentrasiya olunmayan günəş kollektorları - Binalarda suyu və ya havanı qızdıran günəş enerjisi sistemlərində adətən konsentrasiya olunmayan kollektorlar olur ki, burada kollektor sahəsi – günəş radiyasını kəsən sahə, absorber sahəsi – günəş enerjisini udan sahə ilə eynidir. Yastı kollektorlar binalarda su və yerin isitilməsi üçün konsentrasiya olunmayan kollektorların ən çox yayılmış növüdür və 200°F-dən aşağı temperatur kifayət olduqda istifadə olunur.

Yastı günəş kollektorları adətən üç əsas komponentdən ibarətdir:



- Günəş enerjisini kəsən və udan düz metal lövhə
- Günəş enerjisinin örtükdən keçməsinə imkan verən və absorberdən istilik itkisini azaldan şəffaf örtük
- İstilik itkisini azaltmaq üçün absorberin arxasındakı izolyasiya təbəqəsi

Günəş enerjisi ilə su qızdıran kollektorlarda absorberə bərkidilmiş metal borular var. Absorberdən istiliyi çıxarmaq və istiliyi saxlama anbarındakı suya ötürmək üçün uducu borular vasitəsilə istilik ötürücü maye vurulur. Üzgüçülük hovuzunun suyunun qızdırılması üçün günəş sistemlərində adətən uducu üçün örtük və ya izolyasiya olmayan düz lövhəli kollektorlar olur və hovuz suyu hovuzdan kollektorlar vasitəsilə dövr edir və yenidən hovuzda qayır.

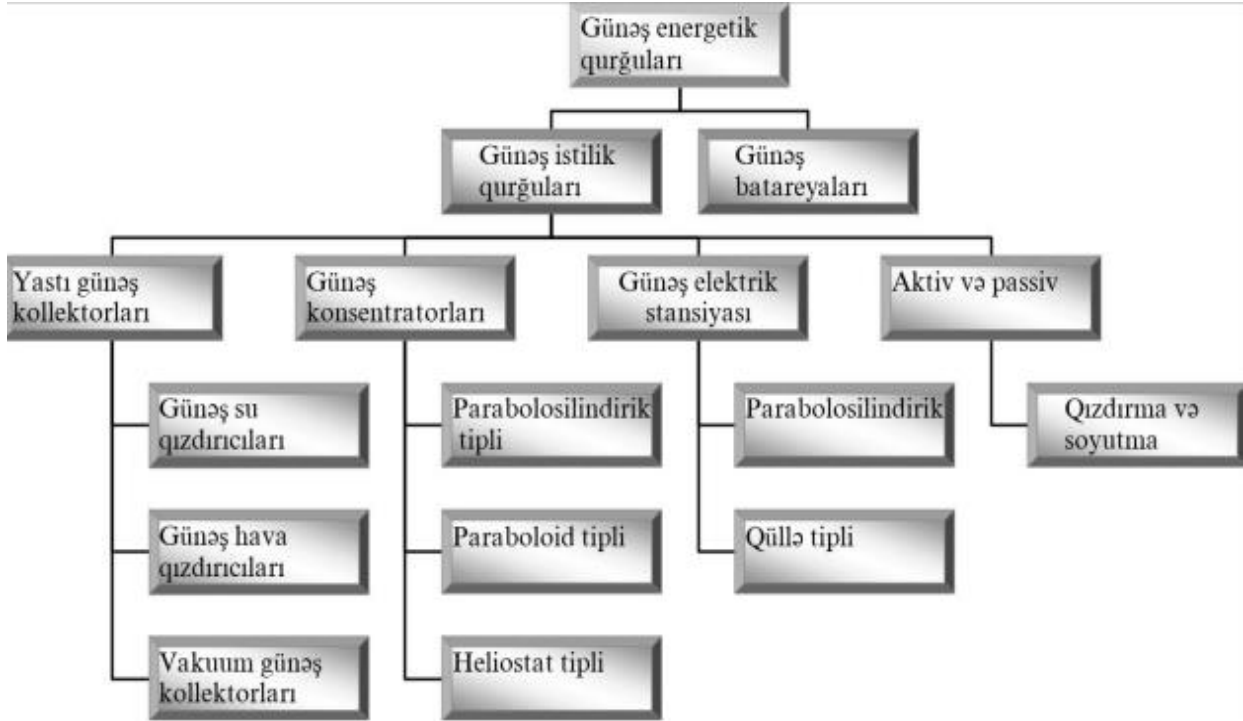
Günəş hava istilik sistemləri havanı düz lövhəli kollektorlar vasitəsilə və binanın içərisinə köçürmək üçün ventilyatorlardan istifadə edir.

Konsentrasiya edən günəş kollektorları - Konsentrasiya edən kollektorlarda günəş radiyasını kəsən sahə absorber sahəsindən daha böyükdür, bəzən yüzlərlə dəfə böyükdür. Yüksək əks etdirmə gücünə malik kollektor günəş enerjisini absorberə cəmləşdirir. Kollektor adətən gün ərzində hərəkət edir ki, absorberdə yüksək konsentrasiyanı saxlasın. Günəş istilik elektrik stansiyaları konsentrasiyalı günəş kollektor sistemlərindən istifadə edir, çünki onlar elektrik enerjisi istehsal etmək üçün lazım olan yüksək temperaturlu istiliyi istehsal edə bilirlər.

Hamar Günəş kollektorları– Hamar konsentratorsuz Günəş kollektorları hazırda ən çox istifadə edilən avadanlıqlardandır. Bunlar, əsasən, suyu qızdırmaq üçün istifadə edilir. Bu kollektorlar, əsasən, üç elementdən ibarətdir:

- Kollektorun örtüyü;
- Kollektorun gövdəsi;
- Absorber.

Şəkildən görüldüyü kimi, günəş energetika qurğuları, əsasən, günəş istilik qurğularına və günəş batareyalarına bölünür.



Şək.2.3 Günəş energetik qurğularının təsnifat bölgüsü

Günəş kollektorları isti suyla bağlı aşağıdakıları təmin edir:

- Böyük Britaniyada ümumi milli enerji istehlakının təxminən 6%-i məişət suyunun isitilməsi hesabına həyata keçirilir.
- 20-ci əsrin sonlarında orta hesabla 3 otaqlı yarım otaq ildə təxminən 4200 kq CO<sub>2</sub> emissiyasına cavabdehdir. Bunun 864 kq-ı isti sudan məsuldür.
- Günəş kollektorları yaxşı sınaqdan keçmiş texnologiyadır.
- Onlar həm yeni tikili, həm də yenidən qurma üçün uyğundur.
- Sistem adətən illik isti su tələbatınının 40-50%-ni təmin edəcək.

Günəş kollektoru texnologiyası - Günəş enerjisi ilə işləyən su isitmə sisteminin əsas komponenti kollektordan ibarətdir. Kollektorun funksiyası günəşin üzərinə düşən enerjini istilik şəklində kollektordakı mayeyə tutmaqdır. "Dolaylı" dövriyyə sistemi ən çox yayılmışdır: Günəş kollektorlarının əsas ümumi komponenti absorber lövhəsidir.

Üzəri örtülmüş metal lövhə günəş radiyasını udur və ətraf mühitin normal temperaturunun yuxarı qalxmasına səbəb olur. Bundan sonra boşqab radiasiya və konveksiya yolu ilə enerjini yaxın ətrafına buraxır. Beləliklə, istilik öz növbəsində isti su sistemini qidalandıran istilik ötürücü mayeyə ötürülür.

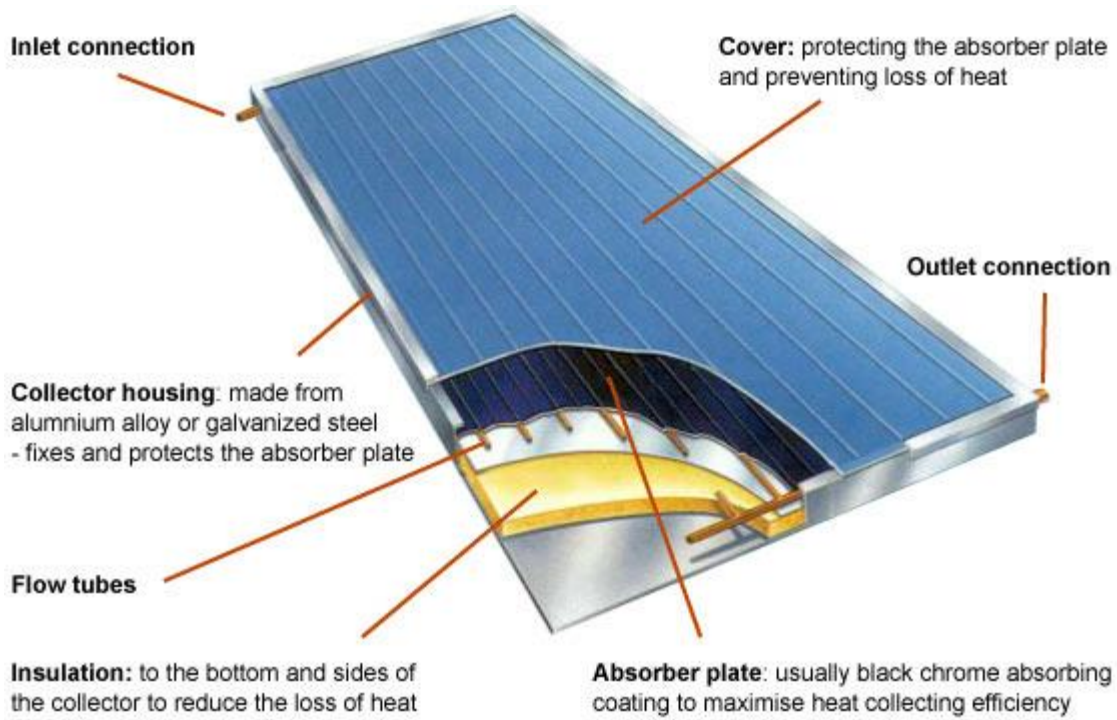
Düz lövhəli kollektor absorberdən, şəffaf örtükdən, çərçivədən və izolyasiyadan ibarətdir. Şəffaf örtük kimi adətən dəmirdən zəif günəş qoruyucu şüşədən istifadə olunur, çünki o, qısa dalğalı işıq spektrinin çox hissəsini ötürür.

Absorber tərəfindən buraxılan istiliyin yalnız çox az hissəsi örtükdən çıxır (istixana effekti). Bundan əlavə, şəffaf örtük külək və küləklərin yığılmış istiliyi (konveksiya) daşmasının qarşısını alır. Çərçivə ilə birlikdə örtük absorberi mənfi hava şəraitindən qoruyur. Tipik çərçivə materiallarına alüminium və sinklənmiş polad daxildir; bəzən fiberglasla gücləndirilmiş plastıkdən istifadə olunur.

Absorberin arxa tərəfindəki və yan divarlardakı izolyasiya keçiricilik vasitəsilə istilik itkisini azaldır. İzolyasiya ümumiyyətlə poliuretan köpük və ya mineral yun vasitəsilə həyata keçirilir.

Evakuasiya edilmiş boru kollektorları - Bu tip vakuum kollektorunda absorber zolağı boşaldılmış və təzyiqə davamlı şüşə boruda yerləşir. İstilik ötürücü maye birbaşa U-boruda və ya boru içərisindəki sistemdə əks cərəyanda absorberdən keçir. Serial olaraq bir-birinə bağlı olan bir neçə tək boru və ya manifold vasitəsilə bir-birinə bağlanan borular günəş kollektorunu təşkil edir. İstilik borusu kollektoru aşağı temperaturda belə buxarlanmağa başlayan xüsusi mayedən ibarətdir. Buxar ayrı-ayrı istilik borularında yüksəlir və istilik dəyişdiricisi vasitəsilə magistral boruda daşıyıcı mayeni qızdırır. Qatılaşıdırılmış maye daha sonra yenidən istilik borusunun altına axır.

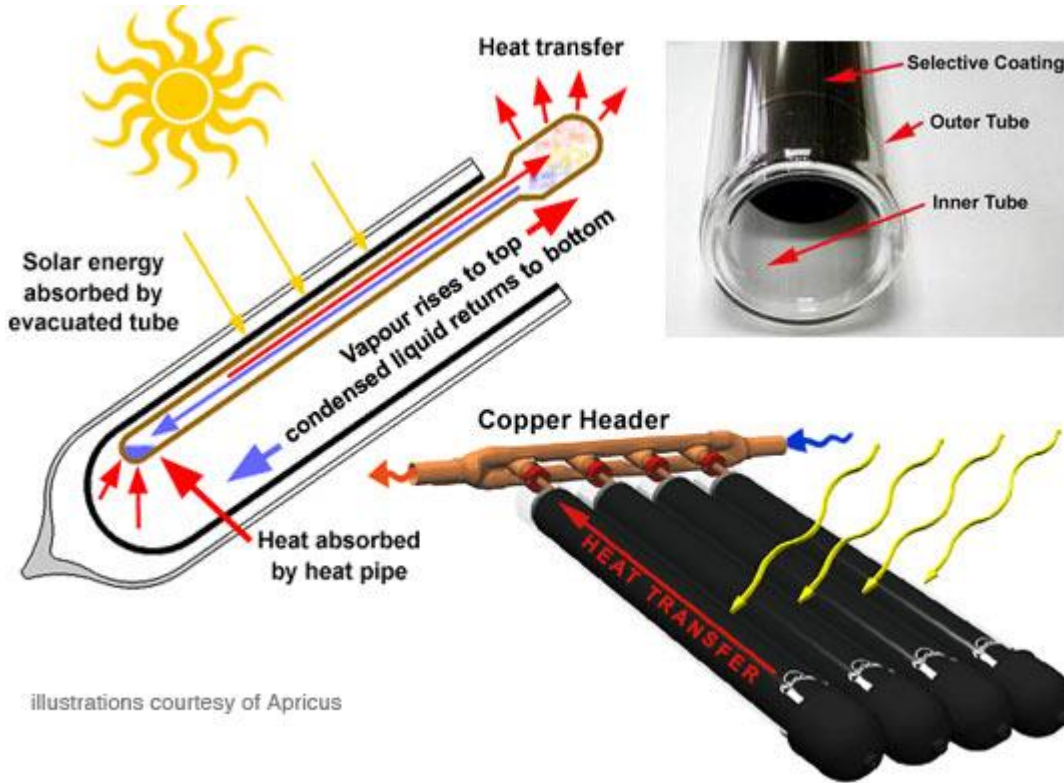
Borular üfüqi yuxarıda müəyyən dərəcədə bucaq altında olmalıdır ki, buxarlanma və kondensasiya prosesi funksiyalarını yerinə yetirsin. Günəş sirkulyasiya sisteminə iki növ kollektor qoşulması var. Ya istilik dəyişdiricisi birbaşa manifolda uzanır ("yaş



Şək.2.4 Düz boşqab kollektorlarının hissələri

əlaqə") və ya istilik keçirici materialla ("quru əlaqə") manifoldla birləşdirilir. "Quru əlaqə" mayesinin bütün sistemini boşaltmadan fərdi boruları dəyişdirməyə imkan verir. Evakuasiya edilmiş boruların üstünlüyü yüksək absorber temperaturu və aşağı radiasiya ilə səmərəli işləmələridir. Düz lövhə və Evakuasiya edilmiş boru arasında müəyyən qədər fərqlər var.

Düz boşqab və evakuasiya edilmiş boru kollektorlarının nisbi performansları ilə bağlı müzakirələr davam edir - hər iki tərəf "qatil" arqumentini çatdıra bilmir. Ümumiyyətlə, əminliklə söyləmək olar ki, müəyyən bir uducu sahəsi üçün boşaldılmış borular ətraf mühitin temperaturu və istilik tələblərinin geniş diapazonunda öz səmərəliliyini daha çox qoruyur. Daimi günəşli iqlimlərdə düz lövhəli kollektorlar daha səmərəlidir, halbuki daha buludlu şəraitdə onların enerji çıxışı boşaldılmış borularla müqayisədə sürətlə azalır.



Şək.2.5 Evakuasiya edilmiş boru kollektorları hissələri

İstilik paylanması - Günəş istiliyinin ilkin dövrləri istiliyi günəş kollektorlarından əvvəlcədən istilik silindrinə ötürür. Onlar "Birbaşa" və ya Böyük Britaniyada daha adi "Dolaylı" ola bilər.

Birbaşa paylamanın xassələri aşağıdakılardır:

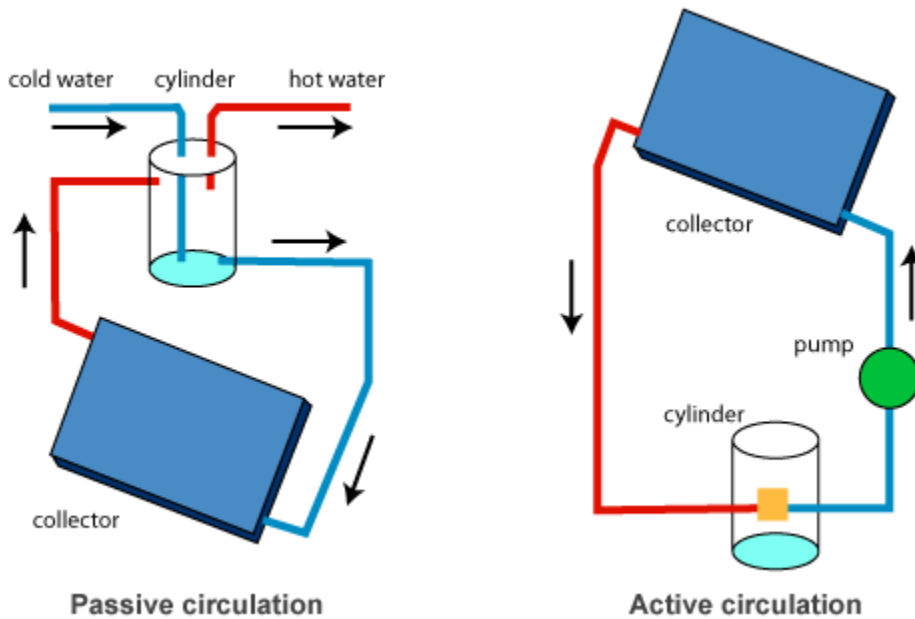
1. İstilik ötürmə itkisini azaltmaqla ikinci dövrlər üzərində sadəlik və artan səmərəlilik
2. Nasos söndürüldükdə su geri çəkilmədikcə donmağa məruz qalır ki, bu da kollektorların qidalanma çəni ilə bağlı yerləşdirilməsinə məhdudiyətlər qoyur.
3. Kollektorlardan davamlı olaraq yeni su axdıqca, onlar kollektorun su yollarında 'tükənməyə' meyilli ola bilər ki, bu da səmərəliliyin itirilməsi ilə nəticələnir.

"Dolaylı" paylama - İngiltərədəki dövriyyə sistemlərinin əksəriyyəti dolaylıdır. Dolaylı dövrlərdə istiliyi kollektorlardan əvvəlcədən qızdırılan silindrə ötürmək üçün ayrıca "istilik ötürən maye" sxemindən istifadə edilir. Onların əsas üstünlüyü ondan

ibarətdir ki, onlar dövriyyənin bir hissəsi kimi geniş çeşiddə material və mayelərdən istifadə edə bilirlər. İstifadə edilə bilən müxtəlif dövriyyə növləri var:

“Dolaylı” paylama üçün dövriyyə sistemləri - Passiv dövriyyə ("Gravitasiya dövrəni") bir sözlə, Passiv sistemlər cazibə qüvvəsinə və suyun qızdırıldığı zaman təbii dövriyyəyə meylinə əsaslanır, bu da suyun və ya istilik ötürən mayenin nasoslar olmadan sistemdən keçməsinə imkan verir. Onların tərkibində elektrik komponentləri olmadığı üçün passiv sistemlər ümumiyyətlə aktiv sistemlərdən daha etibarlı, saxlanması asan və bəlkə də daha uzun ömürlüdür.

1. İstilik ötürücü mayenin dövriyyəsi üçün elektrikle işləyən nasoslar tələb olunmur.
2. Performansı optimallaşdırmaq üçün diqqətli planlaşdırma lazımdır. Sistemlər zəif işləməyə meyillidir və isitməyə zəif nəzarət var.
3. İsti su anbarının kollektor səviyyəsindən yuxarı yerləşdirilməsinə ehtiyac var.



Şək.2.6 Aktiv və Passiv dövriyyələr

Aktiv dövriyyə ("Nasoslu dövriyyə") - Antifriz və korroziya inhibitoru daxil olmaqla, istilik ötürmə mayesini özündə birləşdirən nasoslu dolaylı sxemlərdir. Böyük Britaniyada ən populyar sistem növüdür.

Diferensial temperatur tənzimləyicisi tərəfindən idarə olunan nasos, istilik ötürücü mayeni kollektor panellərindən isti su silindrindəki istilik dəyişdiricisi vasitəsilə dövr edir və yenidən qızdırmaq üçün günəş kollektorlarına qaytarır. Diferensial temperatur tənzimləyicisinin temperatur sensorları günəş kollektorunda və isti su silindrində yerləşir. Həmin sensorlar yalnız kollektorlardakı maye silindrindəkindən daha isti olduqda mayenin dövriyyəsinə təmin edirlər. Mənfi və müsbət xarakterlərini aşağıda göstərmişik

- Donmaya qarşı inteqral qorunma
- Həddindən artıq qızdırmaya nəzarət
- İstilik kollektordan optimal sürətlə verilir
- Kollektor və boru sxeminin daha böyük seçimi
- Borular vasitəsilə istilik itkisini azaldır
- Artan mürəkkəbliyə
- Nasos elektrik tələb edir (baxmayaraq ki, bu, PV təchizatı ilə yüngülləşdirilə bilər)
- Daha bahadır.

Saxlama tankının konfigurasiyası - Tipik günəş enerjisi ilə su isitmə sistemi üçün ilkin istilik konfigurasiyası iki yolla əldə edilə bilər, mövcud soyuq su təchizatı ilə normal isti su anbarı arasında ayrıca əvvəlcədən isitmə silindri yerləşdirilə bilər və ya mövcud isti su anbarı silindri dəyişdirilə bilər. daha böyük ikiqat istilik mübadilə rulonlu silindr ilə. Hansı dizayn seçilirsə, əlavə saxlama həcmi tələb olunur. Bu əlavə saxlama tutumunu yerləşdirmək üçün mövcud yer çox vaxt sistemin seçimində və həmçinin saxlama silindrinin yerləşdiyi yerdə müəyyənədicə amil olacaqdır.

Günəş isti su sisteminin layihələndirilməsi mərhələləri haqqında danışaq, bunlar aşağıdakı kimidir:

1) Saxlama silindrinin ölçüləri - 40 - 60 litr / adam / gün üçün icazə verin. Kollektorun hər m<sup>2</sup> üçün minimum 80 və istəyə uyğun 100 litr saxlamağa icazə verin. Dörd nəfərlik bir ailə üçün tipik ölçü 200 ilə 300 litr arasında olacaq.

2) Saxlama silindrinin növünün seçilməsi - Havalandırılmalı, elektrik təzyiqi və ya istilik anbarı. Şəbəkə təzyiqi (havasız) silindrlər və istilik anbar silindrləri daha bahalıdır, lakin onlar isti suyun elektrik təchizatı ilə eyni təzyiqdə saxlanmasına imkan verir.

3) Kollektor növünün və sisteminin seçilməsi şərtləri:

- Kollektor tipini seçin - adətən düz lövhə və ya boşaldılmış boru.
- Birbaşa və ya dolaylı paylama sistemini seçin (Böyük Britaniyada adətən dolaylı)
- Qravitasiya və ya pompalanan dövriyyəni seçin
- Əvvəlcədən isitmə saxlama strategiyasını müəyyənləşdirin – əsasən seçim ikiqat rulonlu tək silindr və ya adi silindrdən əvvəl fərqli bir ön qızdırıcının yerləşdirilməsi arasındadır.

4) Kollektorun yerləşdirilməsi - Bütün il boyu optimal enerji toplamaq üçün kollektor mövqeyi təxminən cənuba baxır və üfüqi 35 dərəcə meyldədir. Orientasiya və əyilmə bucağı adətən damın bucağı ilə müəyyən edilir. Kollektorlar cənub, cənub-şərq və cənub-qərb arasında istənilən yerə baxa bilər və optimal illik enerji yığımının 5%-dən çoxunu itirmədən adətən Böyük Britaniya evlərinin damında görülən əyilmə bucaqlarına malikdir, yəni 15 – 50 dərəcə. Bununla belə, yaz və payız məhsuldarlığını yay artıqlığı hesabına optimallaşdırmaq üçün daha dik bucaq nəzərə alın bilər. Ağaclardan, binalardan və s. kölgə salmaq sistemin səmərəliliyində əhəmiyyətli itkilərə səbəb ola bilər və bunun qarşısını almaq lazımdır.

5) Boru xəttinin ölçüləri - Günəş altsisteminin müxtəlif komponentləri arasında istilik ötürücü mayenin axınının istiqamətləndirilməsi və idarə edilməsi üçün boru kəmərləri tələb olunur. Boru kəmərlərinin dizaynının məqsədi minimum parazit enerji tələbləri və minimum kapital xərcləri arasında ən yaxşı kompromislə bütün bu funksiyaları yerinə yetirməkdir. Boru ölçüsü günəş istilik sistemi üçün tələb olunan axın sürətinə, maksimum icazə verilən axın sürətinə və iqtisadi aspektə uyğun olaraq müəyyən edilməlidir.

İstifadə olunan borular geniş ola biləcəyi üçün adi günəş enerjisi ilə su isitmə sistemində çoxlu istilik itirilə bilər. Burada nəzərə alınacaq məsələlərə həm səth sahəsi,



həm də boru həcmi daxildir. Səth sahəsinin azaldılması istilik itkilərinin azaldılması deməkdir. Daha geniş borular əvəzinə dar mikrobura borularının aşağı axın nasosları ilə birlikdə istifadəsi borulardan istilik itkisini adətən 50%-dən çox azaldacaq.

6) Sirkulyasiya nasosunun ölçüləri - Nasoslar istilik ötürücü mayeni minimum elektrik enerjisi sərf etməklə dizayn axını sürətində dövr etməlidir. Tam boru işinin təhlili sistemin ümumi təzyiq düşməsinin əməliyyat axını ilə dəyişməsinə təsvir edərək ümumi sistem başlığını təyin etməyə imkan verəcəkdir. Uyğun nasos ən yaxşı səmərəlilikdə və ya ona yaxın işləyərkən tələb olunan başlanğıc axın sürətini təmin etməlidir. [23].

Dizayn planında bu tələblər verilir:

- Ümumi sistem konfigurasiyası və yüklər və köməkçi enerji mənbələri ilə **interfeyslər**.

- Əsas sistem komponentləri və onların nisbi yerləri (kollektorlar, istilik dəyişdiriciləri, nasoslar, isti su silindrləri/saxlama çənləri)

- Müxtəlif boru iş komponentlərinin nisbi yerləri (klapanlar, havalandırma dəlikləri, genişləndirici çən, relyef klapanlar və s.)

- Tələb olunan sensorların və cihazların nisbi yeri.

Bəzi dizayn mülahizələri isə bu şəkildədir:

- Günəş kollektoru sistemini quraşdırmadan əvvəl enerji səmərəliliyi tədbirlərinin həyata keçirildiyinə əmin olun. Xüsusilə, ilk addım kimi “Mərkəzi İstilik Sisteminin Xüsusiyyətləri” (CHeSS) nəşrinə (CE51/Year 2008) müraciət edin.

- Çox güman ki, isti su təchizatı çatışmazlığı olan yerlərdə, adətən qışda, günəş isti suyundan təmin etmək lazımdır. Elektrik müqavimətindən tutmuş qaz və ya bioyanacaqqla işləyən qazanlara qədər dəyişən bir sıra seçimlər olacaq. Elektrikli isitmə üçün seçim etsəniz, şəbəkə təchizatının karbon dəyəri nəzərə alınmalıdır.

- İsti su silindrinin ətrafında ən azı 100 mm izolyasiya olduğundan əmin olun.

- Bütün boru kəmərləri izolyasiya edilmişdir - təxminən 25 mm tövsiyə olunur

- Termosifonlamanın qarşısını almaq üçün geri dönməyən klapan quraşdırın.

- Hava sızmasının qarşısını almaq üçün bütün parça keçidlərinin möhürləndiyinə əmin olun.

- Kollektorlar dam səviyyəsində quraşdırılıbsa, suyun daxil olmasının qarşısını almaq üçün dam örtüyünün daxilolmaları diqqətlə araşdırılmalıdır. [22].

Müvafiq standartlar və müstəqil performans məlumatları

Bütün kollektorlar BS EN 12975 və ya BS EN 12976 standartlarına uyğun olaraq istilik performanslarına görə müstəqil şəkildə sınaqdan keçirilməlidir. Xüsusi kollektorların performans xüsusiyyətləri haqqında daha çox məlumat əldə etmək üçün [www.estif.org/solarkeymark/](http://www.estif.org/solarkeymark/) ünvanında Günəş Termal məhsulları üçün CEN Keymark Scheme veb saytına daxil olun.

Xərclərə gəldikdə, ilkin kapital qoyuluşu məişətdə isti suyun istiləşməsinin adi formaları ilə müqayisədə yüksək olsa da, yanacaq, əlbəttə ki, pulsuzdur və ümumi xərclər çox aşağıdır.

Nasoslu bir sistem elektrik tələb edəcək. Bu, “yaşıl” tarif və ya işıq sensoru ilə birlikdə kollektorun yaxınlığında quraşdırılmış kiçik PV modulu ilə təmin edilə bilər.

Orta ailə evi üçün cari quraşdırma xərcləri düz bir boşqab üçün 4119 azn ilə 6181 azn arasında və boşaldılmış boru quraşdırılması üçün 6181 azn ilə 10286 azn arasında olacaq.

### III FƏSİL. GÜNƏŞ RADİASİYASININ İZLƏNİLMƏSİ VƏ HESABLANMASI

#### 3.1. Günəş radiasiyasının iqlimdən asılı xüsusiyyətləri

Yer səthinə yaxın günəş radiasiyası 6000 ° K temperaturu, bucaq diapazonu  $\approx 0,5^\circ$  olan qara cismin spektrinə yaxın spektrə malikdir. Atmosfer günəş radiasiyasından kənarında radiasiyanın intensivliyi Yer in illik hərəkəti ilə bir qədər dəyişir və orta hesabla  $10 = 1353 \text{ Vt/m}$  (günəş sabiti) təşkil edir. Yer in səthində günəş radiasiyası aşağıdakı komponentləri daxil edir:

-birbaşa günəş radiasiyası, intensivliyi  $I_{bl}$ ,  $\text{Vt/m}$  və atmosferdən kənar radiasiyadan daha kiçik olan və əsasən, atmosferdən keçid zamanı radiasiyanın udulması nəticəsində yaranan spektrin qısa dalğalı hissəsinin tükənməsi ilə bağlı dəyişilmiş spektr tərkibli;

-səpələnmiş diffuz günəş şüalanması, intensivliyi  $I_{di}$ ,  $\text{Vt/m}$  və atmosferdə radiasiyanın səpələnməsi ilə müəyyən edilən və səmanın və ya buludların parlaqlığının dəyişməsinə özünü göstərən radiasiya;

- (albedo)  $\rho$  əksolunma əmsalı ilə müəyyən edilən  $10T$  intensivliyi ilə yer səthindən əks olunan radiasiya

$$I_{0T} = \rho(I_{di} + I_{bl}) . \quad (3.1.)$$

Günəş radiasiyası bir nöqtənin coğrafi enindən, dəniz səviyyəsindən hündürlüyü, fəsildən və vaxtdan, buludluluq səviyyəsindən asılıdır. Yer səthində müəyyən A nöqtəsinin (şəkil 3.1, a, b) müəyyən bir zamanda günəş şüalarına nisbətən mövqeyi üç əsas bucaq ilə xarakterizə olunur:  $\varphi$  - nöqtənin yerləşdiyi coğrafi en ilə (A nöqtəsinin yerin mərkəzi ilə birləşdirən xətt və onun ekvator müstəvisinə proyeksiyası arasında bucaq), dər.;

$\omega$ - saat bucağı (yerin mərkəzindən və A nöqtəsindən keçən xəttin proyeksiyası ilə yerin və günəşin mərkəzlərini birləşdirən xəttin proyeksiyası arasında ekvator müstəvisində ölçülən bucaq), dər.;

$\delta$  - günəşin meyli (yerin və günəşin mərkəzlərini birləşdirən xətt və onun ekvator müstəvisinə proyeksiyası arasındakı bucaq), dər.

Üç əsas bucaqla yanaşı ( $\varphi$ ,  $\omega$ ,  $\delta$ ) yanaşı günəş radiasiyasının hesablamalarında üç əlavə bucaqdan istifadə edilir:

Z - zenit bucağı (günəş şüası ilə A nöqtəsində üfüqi müstəviyə qarşı normal xətt arasındakı bucaq), dər.;

ac - günəş hündürlüyü bucağı (günəş şüası və onun üfüqi müstəvidə proyeksiyası arasında şaquli müstəvidə bucaq), dər.;

ac - Günəşin azimutu (günəş şüasının proyeksiyası ilə cənub istiqaməti arasında üfüqi müstəvidə bucaq), dər.;

və həmçinin aşağıdakı bucaqlar:

ah - maili səthin azimutu, dər.;

Y - Günəş enerjisi kollektorunun maili səthinə günəş şüalarının düşmə bucağı, dər.;

$\beta$  - Günəş enerjisi kollektorunun səthinin üfüqi müstəviyə meyl bucağı, dər.

Radiasiya intensivliyinin ən yüksək dəyəri 1000 Wt/m-dən artıq ola bilər. Buludsuz səmada birbaşa günəş radiasiyasının xarakterik xüsusiyyəti kimi atmosferdə radiasiyanın keçdiyi məsafənin uzunluğu ilə bağlı olan “atmosfer kütləsi” anlayışından istifadə olunur.

Atmosfer kütləsinin vahidi radiasiyanın yerin üfüqi səthinə perpendikulyar istiqamətdə keçdiyi yola uyğundur. Atmosfer kütləsi M aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

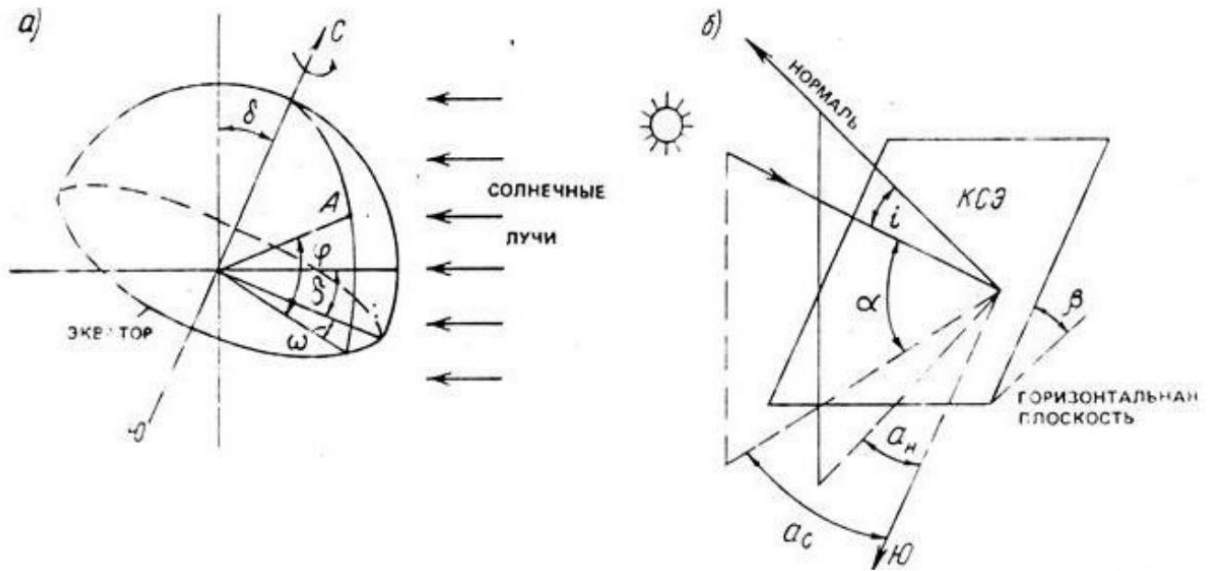
$$M = \frac{2}{\left(\sqrt{\cos^2 Z + \frac{2 \cdot H}{R_3} + \cos Z}\right)} = \frac{2}{\left(\sqrt{\cos^2 Z + 0,06 + \cos Z}\right)} \quad (3.2)$$

burada Z - zenitlə Günəş istiqamətlər arasındakı bucaq, H atmosfer qatının qalınlığı, R3 - Yerin radiusudur.

Bu təriflə atmosferdən kənar günəş radiyası ( $M = 0$ ) AMO kimi təyin olunur, açıq bir hava şəraitində dəniz səviyyəsində cənub coğrafi enliklərdə yerüstü günəş radiyası - təqribən AMI kimi, və birbaşa günəş radiyasının intensivliyi  $I_i = 1000 \text{ Vt/m}$  uyğundur.

Üfüqün ( $\cos Z = 0$ ), yaxınlığında günəşin yerləşməsinə uyğun gələn atmosfer kütləsinin maksimum dəyəri aşağıdakıya bərabərdir

$$M_M = \frac{2}{\sqrt{\frac{2H}{R_3}}} \approx 8 \quad (3.3)$$



Şəkil 3.1. Yer səthində bir nöqtənin mövqeyini xarakterizə edən bucaqlar (a) və günəş enerjisi kollektorunun (b) günəş şüalarına nisbətən maili müstəvisi.

Radiasiya udma əmsalının atmosferdə dəyişməsi və onun Yer səthindən yüksəkliyinin asılılığını nəzərə almasaq, atmosfer kütləsi  $M$  üçün günəş radiasiyasının intensivliyini təxmini dəyərlə ifadə etmək olar:

$$I_M = I_1 \left( \frac{I_1}{I_0} \right)^{M-1} = 1000 \left( \frac{1000}{1360} \right)^{M-1}; \text{Vt/m}^2 \quad (3.4)$$

Bu halda, əslində, nəzərə almaq lazımdır ki, atmosfer kütləsinin artması ilə nəinki günəş radiasiyasının intensivliyi azalır, hətta onun spektral tərkibi dəyişir və bu əsasən spektrin qısa dalğalı hissəsinin daha güclü tükənməsi hesabına baş verir.

Praktik hesablama metodu bir saatda yer səthi səviyyəsində üfüqi bir sahəyə gələn ümumi günəş radiasiyası axınının sıxlığı (intensivliyinin) orta qiymətinə əsaslanır və aşağıda göstəriləyi kimi hesablanır:

$$I_1 = K_T \cdot I_0 \cdot \cos Z, \text{Vt/m}^2 \quad (3.5)$$

$$I_1 = I b_1 + I d_1; \text{Vt/m}^2 \quad (3.6)$$

burada:  $i$  -  $i = 1$ -dən  $i = 24$ -ə qədər günün saatının sıra nömrəsi;

- $K_T$  atmosferin aydınlıq əmsalı, yəni yer səthində yerləşən üfüqi sahəyə müəyyən müddət ərzində (saat, gün, ay və s.) daxil olan günəş radiasiyasının orta axınının eyni zaman müddətində atmosferdən kənar yerləşən üfüqi sahəyə daxil olan günəş radiasiyasının tam axınına nisbəti ( $K_T$  uzunmüddətli müşahidə məlumatlarından müəyyən edilərək gün və ay ərzində orta qiymətləri ifadə edir və iqlimə dair məlumat kitablarında əks olunur).

Günəş zenit bucağının dəyəri Günəşin, Yerin və Yer səthində öyrənilən sahənin bir-birilərinə nisbətən mövqeylərinin həndəsi nisbətləri əsasında müəyyən edilir,

$$\cos Z = \cos \omega_1 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta + \sin \varphi \cdot \sin \delta \quad (3.7)$$

burada:  $\delta$  meyl bucağıdır, yəni ekvator müstəvisinə nisbətən günorta vaxtı günəşin bucaq mövqeyi;  $\varphi$  ərazinin coğrafi enidir;  $\omega$ - günorta saatlarında 0-a bərabər olan günəşin

saatlıq hərəkət bucağı;  $t$  vaxtının hər saati  $15^\circ$  uzunluğa uyğundur və günortadan əvvəl saat bucağının dəyərləri müsbət, günortadan sonra isə mənfi hesab olunur:

$$\omega = (12 - i) - 15 + 7,5 \quad (3.8)$$

Günəşin meyl bucağının qiyməti Kuper düsturu ilə müəyyən edilə bilər [43]:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (3.9)$$

burada  $n$  - yanvarın 1-dən hesablanan il ərzində günün sıra nömrəsidir.

Cədvəl 3.1

Günəşin meyl bucaqlarının  $5^\circ$  orta aylıq dəyərləri verilmişdir

Ay	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$5^\circ$	-21,1	-14,1	-2,8	9,2	18,7	+23,1	+21,3	+13,5	+2,0	-9,6	-18,7	-23,5

Birbaşa günəş radiyasiyası intensivliyinin ölçmələri standart termoelektrik AT-50 aktinometr adlanan cihazlarla aparılır; ümumi radiasiya intensivliyi (birbaşa və səpələnmiş) - M-80 tipli ballometrik piranometr adlanan cihazla ölçülür. Günəş radiyasiyasının daxil olmasını hesablamaq üçün həmçinin dolaylı üsul istifadə edilir ki, bu da Angstrom düsturundan [113] istifadə edərək yaxınlıqdakı stansiyalarda və qonşu ərazilərdə radiasiyaya dair məlumatlara əsaslanaraq, Peyc tərəfindən təkmilləşdirilmiş və [77]-də təqdim edilmişdir:

$$E = E_0 \cdot \left(a + b \cdot \frac{t_c}{t_0}\right) \quad (3.10)$$

burada:  $E$ ,  $\text{kWt-s/m}^2$  - müəyyən bir zaman müddəti ərzində (saat, gün, ay, il) üfüqi səthə düşən günəş radiyasiyasının ümumi sıxlığıdır;

$E_0$ ,  $\text{kWts/m}$  - müəyyən bir zaman müddəti ərzində buludsuz hava şəraitində günəş radiyasiyasının ümumi sıxlığıdır;

$a, b$  - empirik əmsallardır və:

$$a + b = 1 \quad (3.11)$$

$t_c$ , saat — müəyyən bir zaman müddəti ərzində öyrənilən məkanda günəş radiasiyasının empirik müddəti.

$t_0, s$  - öyrənilən sahə üçün astronomik cəhətdən mümkün olan günəş radiasiyası.

Günəş enerjisi sahəsində proqnozlaşdırma məqsədləri üçün təkə günəş enerjisi axınları cəminin orta qiymətləri deyil, həm də onların ildən-ilə dəyişməsi vacibdir ki, bu da ilk növbədə bu qiymətlərin uzunmüddətli ortakvadratik sapması ilə xarakterizə olunur.

[94]-də müşahidələrin neçə il aparıldığından asılı olaraq geliotexnikada tətbiq edilən günəş enerjisi axınlarının orta qiymətlərinin tapılmasının dəqiqliyinə dair qiymətləndirmə aparılmışdır.

[77]-də günəş enerjisinin ümumi daxilolmalarının ortakvadratik sapma xəritələri əks edilmişdir. Eyni zamanda, müəyyən edilmişdir ki, günəş enerjisinin illik ümumi daxilolmaları aylıq, hətta gündəlik daxilolmalarla müqayisədə daha sabitdir və birinci halda bu, böyük miqdarda statistik məlumatlarla kifayət qədər izah olunur.

Həmçinin göstərilmişdir ki, gündəlik ümumi günəş enerjisi axınlarının paylanması, ümumiyyətlə, normal paylanmadan, o cümlədən asimmetriya və eksedən fərqlənir və üstəlik, onları dəqiqliklə 6 növ paylanmaya qruplaşdırmaq mümkündür.

Ərazinin rayonlaşdırılması aşağıda qeyd edilən prioritetlər üzrə sıralanma prinsipinə əsaslanır: günəş enerjisinin ümumi axını, birbaşa radiasiyanın cəm radiasiya axınına töhfəsi, şüalanma enerji axınlarının gündəlik cəm qiymətlərinin təkrarlanma tezliyi, intensivliyi 600 Vt/m artıq olan günəş radiasiyasının il ərzində saatlarının sayı, radiasiya enerjisi axınlarının illik cəm qiymətlərinin dəyişmə əmsalı.

### 3.2. Maili səthə düşən günəş enerjisi axınının hesablanması

Əvvəlki fəsildə təqdim olunan ölçmə və hesablama məlumatları üfüqi səthə düşən günəş enerjisi axınına aiddir. Günəş elektrik stansiyalarını layihələndirərkən, günəş radiasiya



qəbuledicisinin meyilli səthinə daxil olan enerjinin hesablanması zəruri olur, və bununla əlaqədar bu səthlərə düşən günəş enerjisi axınları arasında nisbəti müəyyənləşdirmək məsələsi yaranır.

Ümumi halda, maili səthə ümumi günəş radiasiyasının yuxarıda qeyd edilən hər üç komponenti daxil olur: intensivliyi  $I_{bi}$  olan birbaşa günəş radiasiyası, intensivliyi  $I_{di}$  olan səpələnmiş diffuz günəş radiasiyası və müxtəlif bucaq xüsusiyyətlərinə malik olan  $I_{ot} = \rho'(I_{bi} + I_{di})$  intensivliyi ilə Yer səthindən əks olunan günəş radiasiyası. Birbaşa radiasiya, demək olar ki, paralel bir axın formasında olaraq biristiqamətlidir.

Diffuz komponent demək olar ki, izotrop bucaq paylanmaya malikdir, əks olunan komponentin bucaq paylanması isə yer səthindən əksin optik xüsusiyyətləri ilə müəyyən edilir və öyrənilən ərazi və relyefdən, qar və ya su örtüyünün mövcudluğundan, bitki örtüyündən və ərazidə tikililərin olmasından asılıdır. Üfüqi səthə düşən diffuz günəş radiasiyası ilə eyni səthə düşən ümumi günəş radiasiyası arasında asılılıq ümumi və diffuz günəş radiasiyasının eyni vaxtda qeydə alındığı meteoroloji stansiyalarda uzunmüddətli aktinometrik müşahidə məlumatlarının statistik emalı nəticəsində müəyyən edilir.

Əvvəlki tədqiqatlarda  $I_{di}/I_i$  nisbəti ilə  $K_t$  dəyəri arasında korrelyasiya asılılığı müəyyən edilmişdir, bütün məlumat massivinin statistik emalı nəticəsinə görə, diffuz radiasiya payını təyin etmək üçün aşağıdakı korrelyasiya təklif edildi:

$$f_{di} = \frac{I_{di}}{I_i} = 1,191 - 1,783K_T + 0,862 \cdot K_T^2 - 0,324K_T^3 \quad (3.12)$$

Müəlliflərin [53] qeyd etdiyi kimi, əldə edilən tənlik (3.12)  $K_t$  0,1-dən 0,8-ə qədər dəyişdikdə  $f_{di}$ -nin bütün enlik diapazonunda asılılığını bərabər şəkildə təsvir edir.

Bu halda,  $f_{di}$  qiymətlərini müəyyən edərkən orta-kvadratik xəta 11-15% -dən çox deyil və bu da digər müəlliflərin müəyyən etdikləri empirik asılılıqları ilə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə azdır [17, 97] və bizə (3.12) tənliyini sonrakı təcrübi hesablamalar üçün tövsiyə etməyə imkan verir. (3.12) tənliyindən görüldüyü kimi:

$$I_{ai} = f_{ai} \cdot I_i, \quad \text{Vt/m}^2 \quad (3.13)$$

$$I_{b1} = (1 - f_{d1}) \cdot I_1 \quad (3.14)$$

Maili səthə düşən birbaşa günəş radiasiyası intensivliyinin üfüqi səthə düşən günəş radiasiyasının hər hansı bir anda nisbəti aşağıdakılara əsaslanaraq:

$$I_{bi} = I_M \cdot \cos Z, \quad (3.15)$$

$$I_{H1} = I_M \cdot \cos y \quad (3.16)$$

(3.17) ifadəsindən hesablanır.

$$\frac{I_{H1}}{I_{b1}} = \frac{\cos y}{\cos Z} \quad (3.17)$$

Səpələnmiş günəş radiasiyasının səma üzərində paylanması bərabər olduqda (günəş diski istisna olmaqla, səmanın parlaqlığı eynidir), o cümlədən səma buludlarla örtüldükdə, sıx duman olduqda, maili səthə düşən səpələnmiş radiasiyanın intensivliyi qəbuledicinin yalnız səmanın hansı hissəsini "görməsindən" asılıdır və aşağıda qeyd edildiyi kimidir [43]:

$$I_{H2} = I_{d1} + \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (3.18)$$

Eyni qayda ilə, meylli səthdə əks olunan radiasiyanın intensivliyinin dəyəri hesablanır, və bu, Yer səthinin meylli səthin "gördüyü" hissəsi ilə müəyyən edilir:

$$I_{H3} = \rho(I_{b1} + I_{d1}) \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (3.19)$$

Maili səthə düşən günəş radiasiyasının ümumi intensivliyi yuxarıda göstərilən üç komponentin birləşməsidir:

$$I_{T1}^K = I_{H1} + I_{H2} + I_{H3} = I_{b1}^H \cos y + I_{d1} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho(I_{b1} + I_{d1}) \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (3.20)$$

burada:  $\beta$  - kollektor səthinin üfəqə meyl bucağıdır ( $\beta = 0$  olduqda

- üfəqi yerləşmə), dər.;

-  $\rho$  - yer səthinin və günəş enerjisi kollektorunu əhatə edən cisimlərin əksətdirmə əmsalı (albedo). Qeyd edilən  $\rho$  əmsalının dəyəri yay fəslində 0,2-dən qış fəslində qar örtüyünün nisbi sahəsindən asılı olaraq 0,7 şərti vahid qiymətinə qədər dəyişir;

$y_i$  – bir saat ərzində günəş şüalarının günəş enerjisi kollektorunun maili səthinə düşən orta bucağıdır, yəni günəş şüasının istiqaməti ilə kollektorun müstəvisinə perpendikulyar arasındakı bucaq, dər.;

$I_{bi}^H$  – kollektor müstəvisində günəş şüası istiqamətində birbaşa günəş radiasiyasının orta saatlıq intensivliyi,  $Vt/m^2$ .

(3.20) tənliyinə daxil olan kəmiyyətlərin qiymətləri Günəşin, Yerin və maili müstəvinin bir birinə dair yerləşməsinin həndəsi nisbətlərindən müəyyən edilir.

$I_{bi}^H$ ,  $Vt/m$  dəyəri maili sahəyə birbaşa günəş radiasiyasının düşməsi nisbətindən (3.17) müəyyən edilir:

$$I_{bi} = I_{bi}^H \cos Z_i \quad (3.21)$$

və buradan:

$$I_{bi}^H = \frac{I_{bi}}{\cos Z_1} \quad (3.22)$$

Günəş şüalarının maili bir səthə düşmə bucağının dəyəri aşağıdakı nisbət ilə müəyyən edilir:

$$\cos yi = \sin \beta \cdot [\cos \delta (\sin \varphi \cdot \cos a_K \cdot \cos \omega i + \sin a_K \cdot \sin \omega i) - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos a_K] + \cos \beta \cdot (\cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega i + \sin \delta \cdot \sin \varphi) \quad (3.23)$$

burada:  $a_K$  – günəş enerjisi kollektorunun maili səthinin azimutudur, yəni cənub istiqaməti ilə günəş enerjisi kollektorunun müstəvisinə perpendikulyarın üfüqi müstəviyə proyeksiyası arasındakı üfüqi müstəvidəki bucaq ( $a_K = 0^\circ$  cənub istiqamətində,  $+90^\circ$  - qərb istiqamətində,  $-90^\circ$  - şərq istiqamətində, şimal yarımkürəsi üçün), dər.

Yuxarıdakı (3.5), (3.13), (3.14) və (3.22) tənliklərdən istifadə etməklə

(3.20) tənliyini çevirək:

$$I_{Ti}^K = (1 - f_{di}) \cdot K_T \cdot I_0 \cos \varphi_i + 0,5f_{di} \cdot K_i I_0 \cos Z_i \cdot (1 + \cos \beta) + 0,5K_T I_0 \cos Z_i \cdot (1 - \cos \beta) \rho \quad (3.24)$$

sadələşdirmədən sonra:

$$I_{Ti}^K = K_T I_0 \cos Z_i \left[ (1 - f_{di}) \frac{\cos \varphi_i}{\cos Z_i} + 0,5f_{di}(1 + \cos \beta) + 0,5\rho(1 - \cos \beta) \right], \text{ Vt/m}^2 \quad (3.25)$$

Müəyyən edilmiş vaxt intervallarında maili səthə daxil olan günəş enerjisinin miqdarı aşağıdakı ifadələrə əsasən müəyyən edilir:

-cari (i) saat üçün günəş enerjisi kollektorunun səthinə daxil olan günəş enerjisinin ümumi miqdarı bərabərdir

$$H_i^K = I_{Ti}^K \cdot 3,6, \text{ kJ/m}^2 \quad (3.26)$$

-cari gün üçün (n) günəş kollektorunun müstəvisinə daxil olan ümumi günəş enerjisi:

$$H_h^K = \sum_{i=ibx}^{i=i3x} H_i^K, \text{ kJ/m}^2 \quad (3.27)$$

burada:  $i3x$  və  $ibx$  -  $\cos Z, > 0$ ; (3.28) şərti ilə üfüqi müstəvi üçün müəyyən edilən günəşin çıxması və batması vaxtlarıdır

-cari ay üçün (m) kollektorun müstəvisinə daxil olan ümumi günəş enerjisi bərabərdir

$$H_m^K = \sum_{n=n_m}^{n=n_{m+1}-1} H_n^K, \text{ kJ/m}^2 \quad (3.29)$$

burada:  $n_m$  u  $n_{m+1}$ - cari ayın ( $m$ ) və növbəti ayın ( $m+1$ ) başlandığı günün sıra nömrələri, yanvar üçün: ( $m=1$ ),  $n_m=1$ ,  $n_{m+1}=31$ ; fevral üçün ( $m=2$ ):  $n_m=32$ ,  $n_{m+1}-1=59$  və s.  
- kollektorun səthinə günün işıqlı vaxtında daxil olan günəş enerjisinin orta aylıq ümumi miqdarı

$$\left(\overline{H_n^K}\right)_m = \frac{H_m^K}{n_{m+1}-n_m}, \text{ kJ/m}^2 \quad (3.30)$$

-günəş enerjisi kollektorunun səthinə il ərzində daxil olan ümumi günəş enerjisinin miqdarı

$$H_{2og}^K = \sum_{m=1}^{m=12} H_m^K, \text{ kJ/m}^2 \quad (3.31)$$

### 3.3. Radiasiya qəbuledici səthin meyl bucağının optimallaşdırılması

Günəş radiasiyasının intensivliyi saat bucağının  $\omega$ (3.8) zamandan asılılığını təyin edən Yerin gündəlik fırlanması səbəbindən, həmçinin birbaşa günəş radiasiyasının intensivliyinin zamandan təsadüfi asılılığı səbəbindən zamanla dəyişir.

Faktiki günəş enerjisi daxilolmalarını nəzərə almaqla optimal meyl bucağının  $\beta$  daha dəqiq müəyyən edilməsi məsələsi müxtəlif meyl bucaqlarına görə, (3.20) tənliyini zamana görə inteqrallaşdıraraq müəyyən bir müddət ərzində (məsələn, bir ay ərzində) maili səthdə ümumi günəş enerjisi axınının təyin edilməsini əhatə edir. Sonrakı mərhələdə  $\beta$ -nin ən uyğun qiyməti seçilir.

Bununla belə, axının zamandan asılılığı təsadüfi olduğundan, nəzərdən keçirilən vaxt və öyrənilən sahə üçün optimal bucağın dəyəri təsadüfidir. Həqiqətən də, birbaşa günəş radiasiyasının enerji axını üçün optimal  $\beta$  dəyərinə dair şərt aşağıdakı kimi yazıla bilər: (3.32)

Значения  $I_{H1}/I_{B1} = \cos y / \cos Z$  для широты  $\varphi = 53^\circ$

Таблица 3.2

$\delta^\circ$	Местное время, ч/часовой угол $\omega^\circ$										
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	75	60	45	30	15	0	-15	-30	-45	-60	-75
1) при $\beta=53^\circ$											
-20	0,5	0,9	1,07	1,15	1,19	1,2	1,19	1,15	1,07	0,9	0,5
-13,5	0,8	1,08	1,22	1,3	1,33	1,34	1,33	1,3	1,22	1,08	0,8
-10	0,8	1,08	1,22	1,3	1,33	1,34	1,33	1,3	1,22	1,08	0,8
0	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
+10	0,88	1,16	1,29	1,35	1,38	1,44	1,38	1,35	1,29	1,16	0,88
+13,5	0,83	1,11	1,25	1,32	1,35	1,36	1,35	1,32	1,25	1,11	0,83
+20	0,58	0,86	1,0	1,09	1,13	1,16	1,13	1,09	1,0	0,86	0,58
+23,5	0,4	0,77	0,92	1,01	1,06	1,08	1,06	1,01	0,92	0,77	0,4
2) при $\beta=45^\circ$											
+10	0,98	1,21	1,32	1,37	1,37	1,41	1,38	1,37	1,32	1,21	0,98
+20	0,71	0,96	1,07	1,16	1,2	1,2	1,2	1,16	1,07	0,96	0,71
+23,5	0,65	0,88	1,01	1,09	1,12	1,13	1,12	1,09	1,01	0,88	0,65
3) при $\beta=35^\circ$											
+10	1,0	1,2	1,3	1,34	1,36	1,37	1,36	1,34	1,3	1,2	1,0
+20	0,82	1,1	1,12	1,18	1,21	1,22	1,21	1,18	1,12	1,1	0,82
+23,5	0,79	0,98		1,14	1,17	1,17	1,17	1,14	1,07	0,98	0,79

В некоторых проекционных системах можно считать безразличными

Şəkil 3.2. birbaşa günəş radiasiyasının enerji axını üçün optimal  $\beta$  dəyərinə dair şərt cədvəli.

Birbaşa günəş radiasiyasının enerji axını üçün  $\beta$  dəyərinə dair optimal şərt aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\frac{d((\cos y) \cdot \Delta\omega)}{d\beta} \quad (3.32)$$

burada orta qiymət  $(\cos y)$  saatlıq bucaqların gündəlik intervalında Günəş tərəfindən maili səthin işıqlandırılmasının səthə düşən günəş enerjisinin orta axınını müəyyən edir,

$\Delta\omega$ :

$$(\cos y) = \cos(\varphi - \beta) \cos \delta (\cos \omega) + \sin(\varphi - \delta) \sin \delta \quad (3.33)$$

Həmçinin,  $(\cos \omega)$  dəyəri gündüz saatlarında Günəşin saatlıq bucağının orta kosinusunu müəyyən edir.

«Qış» yarımilliyi üçün ( $\delta < 0$ )

$$\Delta \omega = 2\omega_s \quad (\cos \varphi) = \frac{\sin \omega_s}{\omega_s} \quad (3.34)$$

burada  $\omega_s$  — günəşin çıxması-batması bucağıdır ki, bu da  $\beta_{0\pi}$  optimal meyl bucağı üçün aşağıdakı tənliyi müəyyən edir

$$tg(\varphi - \beta_{0\pi}) = \frac{tg \delta \omega_s}{\sin \omega_s} \quad (3.35)$$

«Yay» yarımilliyi üçün ( $\delta > 0$ )

$$\Delta \omega = 2\omega_c \quad \cos \omega = \frac{\sin \omega_c}{\omega_c} \quad (3.36)$$

burada  $\omega_s$  — günəşin saatlıq bucağıdır,  $\cos y=0$  şərtinə cavab verir və nəticə etibarilə

$$\cos \omega_c = -tg \delta \cdot tg(\varphi - \beta) \quad (3.37)$$

Bu halda,  $\Delta \omega$  və  $(\cos \omega)$  dəyərləri  $\beta$  meyl bucağından asılıdır, bu da  $(\cos y)$   $\Delta \omega$ -nin maksimum dəyərini axtararkən nəzərə alınmalıdır.

Qış fəslində yaz gecə-gündüz bərabərliyindən əvvəl və payız gecə-gündüz bərabərliyindən sonra, günəş enerjisinin ümumi daxiloma dəyərinin əsas hissəsini günortaya yaxın saatlar təşkil edir və günəşin çıxması və batmasının  $\omega$  saat bucaqları  $90^\circ$ -dən əhəmiyyətli dərəcədə az olur. Buna görə də (3.35) ifadəsində bu hallarda  $\cos = 0$  qəbul edə bilərik.

Bu halda sadə ifadə əldə edirik

$$\beta_{0\pi} = \varphi - \beta \quad (3.38)$$

və bu da səthin tək cənuba doğru istiqamətinə deyil, həm də günorta vaxtı birbaşa günəş radiasiyasının maksimum intensivliyinin istiqamətinə uyğundur.

Bu zaman maili səthə düşən birbaşa günəş radiasiyasının intensivliyi üfüqi səthə düşən birbaşa günəş radiasiyasının intensivliyinə nisbəti aşağıdakı kimi olur:

$$\frac{I_{Hi}}{I_{bi}} = \frac{\cos \varphi}{\cos \gamma} = \frac{(\cos \delta) \cdot \cos \omega + (\sin \delta)^2}{\sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega} \quad (3.39)$$

$t$  vaxtlarında, günortaya yaxın olması şərtinə uyğun gəldiyi halda,  $1 - \cos \omega \ll 1$ , və

$$I_{H1}/I_{b1} = 1/\cos(\varphi - \delta) - \frac{tg(\varphi - \delta) \sin 2\delta_x}{2} (1 - \cos \omega) \quad (3.40)$$

İntensivliklər də müvafiq dəyərlər əldə edir (3.18),(3.19).

Yay dövrü üçün (3.33), (3.36), (3.37) tənliklərindən müəyyən edilən  $\beta_{0n}$ -nin optimal dəyəri (3.38)-nin qiymətindən kiçik olduğu ortaya çıxır.

Qeyd edilən (3.38) ifadəsi il ərzində günəş eneji daxilomasının maksimum qiymətinin təxmini hesablanması üçün uyğundur.

Reallıqda, birbaşa günəş radiasiyasının  $I_M$  intensivliyi günün vaxtından zəif asılı olduğundan, (3.15), (3.16) tənliklərini istifadə edərək, gündüz vaxtı radiasiya intensivliyinin uzunmüddətli orta gündəlik (və ya orta aylıq) qiymətləri üçün aşağıdakı nisbətləri qeyd edə bilərik.,

$$I_{bi} = I_M \cos Z = I_M \left[ \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \frac{\sin \omega_s}{\omega_s} \right] \quad (3.41)$$

$$I_{Hi} = I_M \cdot \cos \varphi = I_M \cdot [\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta] \quad (3.42)$$

Beləliklə, üfüqi və maili səthə düşən günəş radiasiyası intensivliyinin orta dəyərləri arasındakı nisbət belə ifadə edilir:

$$I_H = I_{bi} \cdot \frac{\cos y}{\cos z} + I_{d1} \frac{(1 + \cos \beta)}{2} + \rho \cdot I_{bi} + I_{di} \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (3.43)$$

Buna uyğun olaraq, çoxillik müşahidələrə əsasən maili səthin vahidi  $E_n$ -ə düşən günəş enerjisinin gündəlik orta dəyəri,  $Vts / (m^2 \text{ gün})$  aşağıdakı kimidir:

$$E_H = I_H \cdot 12 \left( \frac{2\omega_s}{\pi} \right) \delta \leq 0$$

$$E_H = I_H \cdot 12 \left( \frac{2\omega_s}{\pi} \right) \delta \geq 0 \quad (3.44)$$

burada  $12'(2\omega_s/\pi)$  və ya  $12-(2\omega_s/\pi)$ , saat/gün, - gündüz vaxtı saat sayıdır.

Üfüqi və maili səthlərə günəş enerjisinin orta gündəlik daxilolmaları arasındakı nisbət bu formada alınır:

$$E_H = E_{bi} \frac{\cos y}{\cos z} + E_{d1} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho(E_{bi} + E_{di}) \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (3.45)$$

burada  $E_n$  və  $E_d$  müvafiq olaraq  $(I_p)$  və  $(I_d)$  ifadələri ilə əlaqələndirilir (3.44).



Aylıq enerji daxilolmaları eyni şəkildə, müvafiq orta günəş radiasiyası intensivliyinin bir ayda gündüz saatlarının sayına hasili kimi müəyyən edilir.

[43]-də buludluluğun empirik göstəricisindən istifadə edərək maili səthə düşən günəş enerjisinin hesablanması üçün başqa bir universal hesablama üsulu təqdim olunur.

### 3.4. Günəş enerjisinin fototermal çevrilməsi

Günəş enerjisini istilik enerjisinə çevirmək üçün sistem [89, 96, 95] günəş kollektoru, o cümlədən qəbuledici panel, həmçinin boru kəmərlərini, mayenin vurulması üçün nasosları və qızdırılan mayenin saxlama çənlərini daxil edir.

Kollektorların quruluşunda əsas hissəni düz qəbuledici səth təşkil edir ki, o əks tərəfindən (işçi səthin əks tərəfindən) istilik izolyasiyası ilə örtülmüşdür və beləliklə, kollektorun ətraf mühitlə enerji mübadiləsi yalnız işıqlandırılmış səth vasitəsilə baş verir.

Həqiqətən, müasir kollektorların dizaynlarında, kollektor ilə ətraf mühit arasında istilik fərqi  $1^{\circ}\text{C}$  olduqda, arxa səthdən və kənarlardan istilik axınlarının cəmi panellərin bir kvadrat metri üçün  $0,5 - 0,75 \text{ Vt}$  təşkil edir və bu da işıqlandırılan səthdən gələn axından 10 dəfədən çox azdır, yəni axınların cəmi praktiki olaraq əhəmiyyətsizdir.

Bu halda, kollektorda udulmuş və itirilmiş enerjinin bütün axınları panelin sahəsinə mütənasibdir.

Kollektor sahəsinin vahidindən ayrılan faydalı güc  $P$ ,  $\text{Vt/m}^2$ , aşağıdakı kimi ifadə edilə bilər:

$$P = I - (\tau\alpha) - F - AP \quad (3.50)$$

burada:  $I$ ,  $\text{Vt/m}^2$  — kollektorun müstəvisində ümumi radiasiyanın intensivliyi;

$\tau$  - kollektorun şəffaf örtüklərinin ötürmə qabiliyyəti;

$\alpha$  - kollektor səthinin günəş radiasiyasını udma qabiliyyəti;

$(\tau\alpha)$  — kollektorun optik səmərəliliyi və ya kollektor səthinin udma qabiliyyəti;

$F$  —uducu səthin səmərəlilik əmsalı, hansı ki, istiliyin kollektordan işçi mayeyə ötürülməsini xarakterizə edir;

$\Delta P$ ,  $\text{Vt/m}^2$ , - kollektorun istilik enerjisi itkisinin sıxlığı.

Kollektorun optik səmərəliliyi örtük materialların strukturundan və optik xüsusiyyətlərindən asılıdır və ən müasir qurğularda 1-ə yaxındır (0,85-dən çoxdur).

Uducu səthin səmərəlilik əmsalı  $F$ , uducu panelin konstruksiyası (qızdırılan maye üçün olan kanalların ölçüsü, panelin materialı və qalınlığı), mayenin xassələri və onun kollektorda axma sürətindən asılıdır. Müasir dizaynlarda  $F$ -in dəyəri 1-ə yaxındır (0,9-dan çoxdur).

Eksperimental olaraq müəyyən edilmiş dəyər, tipik dəyərləri təxminən 0,75 olan və 0,9-a qədər yüksələ bilən iki parametrin ( $\alpha$ ) $F$  hasilidir. İstilik enerjisi itkiləri əsasən iki amillə müəyyən edilir: panelin ətraf mühitdə konvektiv soyuması və səthdən ayrılan istilik radiasiyası:

$$P = F \cdot [h - (T - T_0) + \varepsilon - \delta - \{T_4 + T_0^4\}] \quad (3.51)$$

burada:  $T$ , K, —kollektor panelinin orta temperaturu;

$T_0$ , K, — ətraf mühitin temperaturu;

$A$ ,  $\text{Vt}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ , — mühitlə konvektiv istilik mübadiləsi əmsalı;

$s$  —səthin qaralığ dərəcəsinin effektiv əmsalı;

$\sigma = 5,672 \cdot 10^{-8}$ ,  $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ , — Stefan-Bolsman sabiti.

İstilik müqavimətinin mövcud olması səbəbindən kollektor panelinin orta temperaturu işçi cismin (maye, hava) orta istilik temperaturundan yüksək olacaq. Lakin mayenin qızdırılması sistemlərində bu temperatur fərqi azdır.

Qızdırılan mayenin orta temperaturu adətən iqtisadi ehtiyaclardan, iqlim şəraitindən və ümumi daxil olan günəş enerjisindən asılı olaraq seçilir.

$h$  əmsalı səth örtüklərinin mövcudluğundan asılıdır və, həmçinin iqlim şəraitindən asılı olaraq, küləyin sürəti artdıqca bu əmsalın dəyəri də artır.

Bu əmsala xas dəyərlər  $h = 5 - 10 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Xüsusilə, qaralığ dərəcəsi əmsalları  $\varepsilon$  və  $\varepsilon_2$  olan iki təbəqəli səthlər üçün effektiv qaralığ əmsalı aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$\varepsilon^{-1} = \varepsilon_1^{-1} + \varepsilon_2^{-1} - 1 \quad (3.52)$$

yəni, əsasən ən kiçik  $\varepsilon$  dəyəri olan təbəqə ilə müəyyən edilir.

İstilik itkisini azaltmaq məqsədlərilə kollektor örtüklərinə qarşı qoyulan tələblərdən biri  $\varepsilon$ -dəyərinin azaldılmasından ibarətdir. Radiasiya ilə istilik itkisi kollektor panelinin artan temperaturu ilə, xüsusən də ətraf mühitin temperaturu yüksək olduqda kəskin şəkildə artır. Artıq olan dəyər kiçik olduğu halda,

$T - T_0 \ll T$ , (3.51)-dəki xətti approksimasiyadan istifadə etmək olar:

$$\Delta P = F \cdot [h \cdot (T - T_0) + 4\varepsilon\sigma T^3(T - T_0)] = FU_1 \cdot (T - T_0)$$

$$\Delta P = F \cdot [h - (T - T_0) + 4 - s - a - T_3 - (T - T_0)] = F - UL - (T - T_0) \quad (3.53)$$

burada  $UL$ ,  $Wt/(m \text{ } ^\circ C)$ , —ümumi istilik itkisi əmsalıdır.

(3.50), (3.53) ifadələrindən belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, kollektorun faydalı gücü temperatur fərqi  $T - T_0$  artıqca xətti azalır və birbaşa asılılığın maillik  $FU_i$  dəyəri ilə müəyyən edilir,  $T - T_0 = 0$  olduqda isə güc dəyəri  $I \cdot (\tau a) \cdot F$  dəyərini verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, bu, günəş radiasiyasından istilik enerjisinin alınmasının uzunmüddətli göstəricilərini hesablamaq məqsədi ilə xüsusi kollektor konstruksiyalarının eksperimental təyini üsulları üçün əsasdır [95].

Kollektor panelinin orta temperaturu  $T$  və ya bu dəyərə demək olar ki bərabər olan mayenin orta temperatur dəyəri, o cümlədən kollektorun çıxışında isti mayenin temperaturu  $T_v$ , kollektorun konstruksiyasına və xüsusiyyətlərinə, habelə daxil olan  $I$  radiasiyasının intensivliyinə görə,

girişdə soyuq mayenin temperaturu  $T_x$  və kollektorun iş sahəsinin vahidinə düşən mayenin kütlə sərfiyyatı  $G$ ,  $kq/(m > x)$ , mayenin qızdırılması tənliyi ilə müəyyən edilir

$$P = C - cp(T_r - T_x) \quad (3.54)$$

burada  $cp$ ,  $J/(kg^\circ C)$ , - mayenin xüsusi istilik tutumu.

Buradan biz mayenin sərfiyyatı və daxil olan enerji, mayenin temperaturu və ətraf mühitin temperaturu arasında olan asılılığı əldə edirik.

Sabit enerji axını olduqda mayenin sərfiyyatı çıxışda onun temperaturunun artması ilə azalır.

Mayenin qızdırılmasının maksimum əldə edilə bilən temperaturu ilə maye axınının olmamasına ( $P = 0$ ) uyğun gələn ətraf mühit temperaturu ilə fərq aşağıdakı kimidir:

$$T_M - T_0 = I \frac{(\tau\alpha)}{U_L} \quad (3.55)$$

və  $I = 1000 \text{ Vt/m}^2$ ,  $(\tau\alpha) = 1$ ,  $U_L = 10 \text{ Vt/(m}^2\text{-}^\circ\text{C)}$  olarsa, bu halda:

$$T_M - T_0 = 100 \text{ }^\circ\text{C},$$

yəni, yuxarıda göstəriləyi kimi, panellərin arxa və uclarından istilik izolyasiyası mövcud olması şərtilə, hətta ətraf mühitin aşağı temperaturlarında belə, günəş kollektorları mayenin kifayət qədər yüksək temperaturunun əldə edilməsini təmin edə bilər.

(3.50), (3.53)-dən istifadə edərək  $P/I$  nisbətində bərabər olan günəş kollektorunun səmərəliliyi  $\eta$  üçün aşağıdakı ifadə alınır.

$$1211 \text{ v } I\{\tau\alpha\}-ULT-T^{\bullet}$$

$$\eta = \frac{P}{I} = (\tau\alpha) \cdot F - \frac{\Delta P}{I} = F \left[ (\tau\alpha) - U_L \frac{T-T_0}{I} \right] \quad (3.56)$$

Kollektorların dizaynından və iş şəraitindən asılı olaraq, onların səmərəliliyi geniş şəkildə dəyişə bilər, bir qat şüşə örtüklü kollektorlar üçün -0,4 dəyərlərinə və iki qat örtüklü kollektorlar üçün -0,6 dəyərlərinə çata bilər.

Qəbul edilmiş enerjini hesablamaq üçün aşağıdakı hesablama metodologiyasını nəzərdən keçirək.

Günəş kollektorunun  $i$ -ci saat ərzində dövrdə udduğu enerji, dövrdə saxlama çəninin olmadığını, istiliyin ayrılmasının qeyri-bərabər olduğunu və geri qaytarma və tədarük borularında temperaturların gün ərzində daim dəyişdiyini nəzərə alsaq, iki hissəyə bölünür:

$$H_{\text{общ}i} = H_{\text{КОИ}i} + H_{\text{НАК}i}$$

$$H_{\text{общ}i} = H_{\text{ком}} + H_{\text{нам}}, \text{ kJ}, \quad (3.57)$$

burada  $H_{\text{общ}i}$  —  $i$ -ci saat ərzində konvektor səthi və borular tərəfindən otağa verilən istilik, kJ.

$$H_{\text{КОИ}i} = g_{\text{Ki}}(i_{1i} - i_{2i}), \text{ kJ}$$

$$H_{\text{КОИ}i} = S_{\text{Ki}} \cdot (h'_i h_i), \text{ KJ} \quad (3.58)$$

burada  $g_{\text{Ki}}$  —  $i$ -ci saat ərzində dövrdən keçən suyun miqdarı, kq.

Su sayğacının su istehlakının qeydlərini m-lə saxladığını nəzərə alaraq, çevirmə düsturundan istifadə edirik:

$$S_{Ki} = S_{Ki}' P_i, \text{ kq} \quad (3.59)$$

burada:  $S_{Ki}$  — ölçülən dəyər, l;

$P_i$  — i-ci saat ərzində dövrdə orta temperaturda suyun sıxlığı, kg / m, aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\begin{aligned} t &= h_i + h_{icp} K_{i2}, \text{ }^\circ\text{C}, \\ t_{cp.Ki} &= \frac{t_{1i} + t_{2i}}{2}, \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (3.60)$$

burada:  $t_{1i}$  və  $t_{2i}$  ölçülən qiymətlərdir, müvafiq olaraq i-ci saat ərzində tədarük və geri qaytarma borularında orta temperatur,  $^\circ\text{C}$ ;

$I_M$  və 2- i-ci saat ərzində müvafiq olaraq tədarük və geri qaytarma borularında suyun orta entalpiyası, kJ/kq;

$H$  — i-ci saat ərzində orta temperaturun artması səbəbindən dövrdə yığılan istilikdir, kJ:

$$\begin{aligned} H_{Hak1} &= m_{e.k.'C} \cdot (*cp.k.M \sim Kp.kl), \text{ kJ} \\ H_{Haki} &= m_{b.k} C (t_{cp.ki+1} - t_{cp.ki}), \text{ KJ} \end{aligned} \quad (3.61)$$

burada  $m_{v.k.}$  - dövrdə suyun kütləsi, onun daxili həcmində görə qəbul edilir;

C - kollektordakı istilik daşıyıcı mayenin orta istilik tutumu

$$C = 4,17 \text{ kJ/kq-}^\circ\text{C}.$$

Nəzəri olaraq qəbul edilən xüsusi istilik axını müəyyən edirik:

$$TT \approx \text{общи} H \sim f \sim, \text{ KJ/m}^2,$$

$$h = \frac{H_{\text{общи}}}{F_k}, \text{ kJ/m}^2 \quad (3.62)$$

burada  $F_K$  - günəş kollektoru səthinin sahəsidir,  $\text{m}^2$ .

Günəş kollektoru səthinin  $1 \text{ m}^2$  üçün qəbul edilən radiasiyanın sıxlığını təyin edirik:

$$h / \text{ B c} = - 4 0 0 0 \text{ з B T / м}^2 ;$$

$$I_{bc} = \frac{h}{r} \cdot 1000 \text{ Vt/m}^2 \quad (3.63)$$

burada  $r$  - zaman intervalıdır,  $s$ ; bu intervalın əvvəlində və sonunda sərfiyyatın qiymətləri qeyd olunur. Aqreقاتın səhər işə başladığı və axşam işin bitdiyi anlar istisna olmaqla, əsasən  $r=3600$  s.

Qəbul edilən ümumi enerji miqdarının nəzəri olaraq kollektor səthinə düşən ümumi enerji miqdarına nisbətini təyin edirik, yəni kollektorun orta nəzəri istilik səmərəliliyi:

$$\eta_K = \frac{\sum_{i=n}^{i=m} I_{bci} \cdot 3,6}{\sum_{i=n}^{i=m} H_i^K} \cdot 100\% \quad (3.64)$$

### 3.5. Günəş kollektorlarının xüsusiyyətlərinə iş şəraitinin təsiri

Göründüyü kimi, mayenin qızdırılması və ətraf mühitin sabit temperatur fərqiində, günəş radiasiyasının intensivliyi artdıqca səmərəlilik artır.

Bu, (3.54) ifadəsinə uyğun olaraq maye sərfiyyatının artması ilə özünü göstərir.

Günəş enerjisi kollektorunun səthinin vahidindən ayrılan istilik enerjisi radiasiya intensivliyinin artması ilə xətti artır. Üfüqə  $P$  bucağı ilə meyilli kollektor üçün o, aşağıdakı kimi ifadə olunur

$$PH=IH-7J, \quad (3.65)$$

burada günəş radiasiyasının ümumi intensivliyi  $I_n$  (3.20) ifadəsi ilə müəyyən edilir və tamamilə günəşə yönəldilmiş kollektorun vahid səthinə düşən güc maksimal olaraq aşağıdakı qiymətlə ifadə olunur

$$P_{OP}=I_{OP}'T> \quad (3.66)$$

burada günəş radiasiyasının ümumi intensivliyi  $I_{op}$ , (3.47) ifadəsi ilə müəyyən edilir.

Bu baxımdan kollektor panellərində günəş enerjisi konsentrasiyasından istifadə etmək daha məqsəduyğundur.

Müəyyən bir zaman dövründə (gün, ay, il) kollektor sahəsinin vahidindən əldə edilən ümumi istilik enerjisi  $E$ , müvafiq dövr ərzində (3.65) və ya (3.66) ifadələrinin inteqrallını təmsil edir.

İsti mayenin  $T_r$  sabit temperaturunda, onun sərfiyyatının həcmi  $G$  və səmərəliliyi ətraf mühit temperaturunun  $T_0$  artması ilə xətti olaraq artır:

$$\frac{F(I \cdot (\tau\alpha)) - U_L(T - T_0)}{G} = cp \cdot (T_r - T_x)$$

$$G = \frac{F(I \cdot (\tau\alpha)) - U_L(T - T_0)}{cp \cdot (T_r - T_x)} \quad (3.67)$$

Bu, günəş enerjisi kollektorlarının isti iqlim şəraitində istifadəsinin üstünlüyünü təsdiqləyir.

Əldə edilən isti mayenin temperaturunun  $T_r$  artması ilə, onun sərfiyyatı (3.67) daha sürətlə azalır, və  $T_r$  qiymətinə əks mütənəsb olur. Eyni zamanda kollektorun səmərəliliyi xətti olaraq azalır.

### 3.6. Günəş enerjisi qurğusundan əldə edilən istilik enerjisinin hesablama alqoritmi

Daxil olan günəş enerjisinin hesablama üsulları ilə tanış olarkən, biz hesablama əsası kimi Yer səthi səviyyəsində üfüqi panelə bir saat ərzində düşən ümumi günəş radiasiyası axınının orta sıxlığını qəbul etmək qərarına gəldik (132).

Günəşin zenit bucağının dəyəri  $Z$  (3.7) ifadəsinə uyğun olaraq günəşin, yerin və yer səthində nəzərdən keçirilən sahənin nisbi mövqeyinin həndəsi nisbətləri əsasında müəyyən edilir, və burada günəşin  $\delta$ - meyli (3.9) tənliyinə uyğun olaraq hesablanır.

İstənilən saat ərzində günəşin orta saat bucağını,  $\omega$ , dər., (3.8) ifadəsi ilə hesablayırıq.

Üfüqi səthə düşən diffuz günəş radiasiyası və həmin səthə daxil olan ümumi günəş radiasiyası arasında asılılığı (3.12) korrelyasiya asılılığı ilə hesablamaq lazımdır.

Diffuz günəş radiasiyası (3.13) və birbaşa (3.14) günəş radiasiyası (3.14) qiymətlərini hesablayırıq.

Yer səthinə nisbətən maili olan günəş kollektoru səthinə daxil olan ümumi günəş enerjisinin bir saat ərzində orta sıxlığı (3.20) formulu ilə təyin edilir.

(3.20) tənliyinə daxil olan kəmiyyətlərin qiymətlərini günəşin, yerin və günəş enerjisi kollektorunun bir birinə nisbətən yerləşməsinin həndəsi nisbətindən müəyyən edirik. 1n qiymətini (3.22) tənliyi vasitəsilə təyin edirik.

(3.23) ifadəsinə əsasən günəş enerjisi kollektorunun maili səthinə düşən günəş şüalarının bucağını müəyyən edirik.

Cari saat ərzində günəş enerjisi kollektorunun səthinə daxil olan ümumi günəş enerjisini (3.26) ifadəsi ilə təyin edirik. Cari gün ərzində günəş enerjisi kollektorunun səthinə daxil olan ümumi günəş enerjisini (3.27) ifadəsi ilə təyin edirik. Günəş enerjisi kollektorunun faydalı istilik hasilatını (3.27) ifadəsi ilə təyin etmək olar.

Günəş kollektorunun  $1\text{m}^2$  səthində qəbul edilmiş günəş radiasiyası (3.63) ifadəsi ilə hesablanır. Kollektorun orta nəzəri istilik səmərəliliyi (3.64) tənliyi ilə müəyyən edilir.

3.7. Düz lövhəli günəş kollektorlarının bina divarına quraşdırıldıqda onların istilik səmərəliliyinin hesablanması; optimal bucaq qiymətinin seçilməsi.

Binanın divarına quraşdırılmış günəş kollektorlarının səmərəliliyini hesablayarkən, yalnız günəş enerjisinin görünən axını deyil, həm də binanın divarından mümkün əks olunan radiasiya nəzərə alınmalıdır.

Bildiyiniz kimi, kollektorun kardinal nöqtələrdə optimal yeri cənub istiqamətidir. Bu şərt nəzərə alınmırsa, o halda bütün digər mümkün dəyişənlər nəzərə alınmalıdır:

**ce "f** - nöqtənin yerləşdiyi yerin coğrafi eni (A nöqtəsini Yerın mərkəzi ilə birləşdirən xətt və onun ekvator müstəvisi üzərinə proyeksiyası arasındakı bucaq), dər.;

**•^ o** - günəşin meyli' (Yerın və günəşin mərkəzlərini birləşdirən xətt və onun ekvator müstəvisində proyeksiyası arasındakı bucaq), dər.

Bu, (3.9) ifadəsi ilə müəyyən edilir və n-dən – ildə günün sıra sayından asılıdır.

Əslində, meylin optimal bucağı elə olmalıdır ki, birbaşa günəş radiasiyası kollektor səthinə perpendikulyar düşsün. Maili səthə şüaların düşməsinə xarakterizə edən bucaq,  $Y$  - günəş şüasının istiqaməti ilə kollektor müstəvisinə perpendikulyar arasındakı bucaqdır, dər. Ən əlverişli bucaq  $Y = 0^\circ$ .



Bu halda, kollektor müstəvisinin cənub istiqamətini fərz etsək, düstur (3.27) belə görünəcək:

$$\cos y_i = \sin \beta_i \cdot (\cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega - \sin \delta \cdot \cos \varphi) + \cos \beta \cdot (\cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi) \quad (4.4)$$

Bundan əlavə, günəşin saatlıq izlənməsi həyata keçirilmədiyi halda, Günəşin *CO*-saatlıq meyl bucağını - ekvator müstəvisində Yer in mərkəzindən və A nöqtəsindən keçən xəttin proyeksiyası ilə Yer in və Günəşin mərkəzlərini birləşdirən xəttin proyeksiyası arasında ölçülən bucağı,  $0^\circ$  -ə bərabər qəbul edərək, (4.4) ifadəsini sadələşdirmək mümkündür. (3.8) ifadəsini nəzərə alaraq, bu, saat 12.30-da olacaq (bu zaman maksimal günəş radiasiyası miqdarı yerə çatır). Bu halda,  $\cos y$  aşağıdakına bərabər olacaq:

$$\cos y_i = \sin \beta (\cos \delta \cdot \sin \varphi - \sin \delta \cos \varphi) + \cos \beta (\cos \delta \cos \varphi + \sin \delta \sin \varphi) \quad (4.5)$$

ifadəsində  $\cos 0^\circ$  əvəz edərək; bir naməlum kəmiyyəti olan tənlik əldə edirik; yəni  $p$  bucağı. Müəyyən bir ərazi ( $q >$ ) üçün meyl bucağını təyin etmək lazımdırsa, aşağıdakıları müəyyən etməlisiniz:

1. Sistem hansı müddət ərzində çalışacaq.
  2. Seçilən zaman intervalının ortasına uyğun olan günün sıra nömrəsini müəyyən edərək, onun üçün bucağın dəyərini hesablamaq.
  3. Bütün bu dəyərləri (4.5) ifadəsinə daxil edərək, istənilən optimal bucağı əldə edirik.
- Günəşin mövqeyini izləyən günəş sistemlərinin quraşdırılması mümkündür.
- Bu halda, (4.4) ifadəsi ilə,  $\omega$  saat bucağından istifadə edərək, hər saat və ya digər zaman intervalı üçün optimal bucaq eyni şəkildə hesablanır.

### 3.8. Günəş kollektorunun istilik səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi

Mümkün olduğu halda, binanın divarından və ya digər konstruksiyalardan əks olunan enerjiden istifadə etmək lazımdır. Şəxsi evlərdə kollektor sistemləri quraşdırarkən, şüa qəbul edən səthlərin kiçik ölçülü olduğu halda, bu məqsədəuyğundur.

Yayda kollektorlar üfugə 45-15° bucaq altında quraşdırıldıqda və qurğunun əks etdirmə qabiliyyəti 0,7 olduqda, səmərəliliyi 4-10,4% artırmaq mümkündür. Bunlar yayda isti su üçün istifadə olunan mövsümi qızdırıcılardır, o zaman divar örtüyünün cüzi modernləşdirilməsi ilə, sadəcə ağ rəngə boyamaqla, ümumi kollektor sahəsini eyni 4% azaltmaq və ya artıq quraşdırılmış sistemin potensialını artırmaq mümkündür.

Nəzərə almaq lazımdır ki, şüa qəbuledici panelləri bina divarlarına quraşdırarkən (istər istilik və ya fotoelektrik elementlər olduqda) və bu divarın əks etdirmə əmsalını artıraraq, yayda binalara istiliyin daxil olmasını azaldırıq, bununla da daha rahat şərait yaradır, kondisionerlərin soyuq hava istehsalı üçün sərf etdiyi enerjiyə qənaət edirik.

Bu komponentin dəyəri qoruyan konstruksiyaların nə dərəcədə böyük olmasından asılıdır.

### 3.9. Günəş kollektorlarının geokoloji səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi

Günəş sistemlərinin özəl tikinti sektorunda kompleks istilik təchizatı üçün tətbiqindən geo-ekoloji səmərəlilik göz qabağındadır. Birincisi, yandırılan yanacağın miqdarı azalır, yəni yanacaq ehtiyatlarına qənaət edilir ki, bu da indiki dövrdə çox vacibdir. İkincisi, yanacaq ehtiyatlarının yanması ilə əlaqədar emissiyalar, o cümlədən ətraf mühitin istilik çirklənməsi azalır.

Geokoloji effekti rəqəmlərə çevirmək üçün aşağıda göstərilən misaldan istifadə edək. Hər birində orta hesabla 3 nəfərlik ailənin yaşadığı 100 evdən ibarət kottec qəsəbəsini nəzərdən keçirək. [63]-də təsvir olunan metodologiyaya uyğun olaraq, isti su təchizatı üçün qeyri-istilik dövründə tələb olunan istilik və yanacaq sərfini təyin edirik:

İstehlakçıların sayı 300 nəfərdir.

Adambaşına bir saatda maksimum isti su sərfi -10 l/saat.

Adambaşına gündəlik maksimum isti su istehlakı 120 l/gün təşkil edir.

Adambaşına saatda istilik istehlakı

$$Q_{r-B,maxsaat} = 1,2 \cdot 10 \cdot (55-15) = 4\ 8\ 0\ \text{kkal/s} = 560\ \text{Vt.}$$

Adambaşına gündəlik istilik istehlakı

$$Q_{r-B-maxgün} = 1,2 \cdot 120 \cdot (55-15) = 5760 \text{ kkal/gün} = 6700 \text{ Vt/gün}$$

Kollektorların gündəlik saxlama çəni ilə quraşdırılması məqsədəuyğundur ki, bu da su sərfiyyatının pik rəqəmlərini azaldaraq kollektorların vahid gücünü azaldır. Bir nəfər üçün lazım olan kollektor sahəsini 2,3 m<sup>2</sup> kimi qəbul edirik.

Sentyabr, oktyabr aylarında, istilik təchizatı dövrünün astanasında, orta aydınlıq əmsalı 0,7 olduqda, günəş radiasiyasının sıxlığı, binalardan əks olunan enerji nəzərə alınmaqla və birbaşa cənuba istiqamətləndirilməklə, gün ərzində 7300 Vt/ m olacaqdır.

Kollektorun səmərəliliyi 45% -dir, buna görə də kollektordan gündə 2,3 m<sup>2</sup> əldə edirik.

$$Q_{\text{кол. max. gün}} = 7300 \cdot 2,3 \cdot 0,45 = 7556 \text{ Vt/gün.}$$

Bu, bir insanın ehtiyaclarını qarşılamaq üçün kifayətdir. Üç nəfərin yaşadığı bir ev üçün ümumi sahəni 6.9 m<sup>2</sup> kimi qəbul edirik.

Quraşdırılmış kollektorların ümumi sahəsi 690 m<sup>2</sup> olacaq.

Qeyri-istilik dövrü 151 gün davam edir. Bu müddət ərzində istilik qənaəti:

$$Q_{\text{эк.т.}} = 6700 \cdot 151 \cdot 300 = 303,51 \text{ MBт} = 261,650 \text{ Гкал/ил}$$

Təbii qaza qənaət:

$$B = 261650000 / (8000 \cdot 0,92) = 35550 \text{ m}^3/\text{il.}$$

Təbii qazın yandırılması zamanı hətta müasir istilik avadanlıqlarında belə atmosfərə 3,6 q/m karbon qazı, 2 q/m azot oksidi və 0,00000074 q/m benzaperen buraxılır. Ayrılan qazlarla istilik itkiləri təxminən 6-7% təşkil edir. Atmosferə atılan tullantıların miqdarı ildə aşağıdakı qaydada azalır:

$$M_{\text{CO}_2} = 35550 \cdot 3,6 = 128 \text{ kq,}$$

$$M_{\text{nox}} = 35550 \cdot 2,0 = 71,1 \text{ kq,}$$

$$M_{\text{benz.p}} = 35550 \cdot 0,00000074 = 0,026307 \text{ qr,}$$

$$Q_{\text{itki}} = 0,07 \cdot 261,65 = 18,3 \text{ Гкал/ил.}$$

Yer səthinin bir kvadrat metrinə il ərzində təxminən 2200 kVt • saat günəş enerjisinin daxil olmasını qəbul etsək, kollektorun səmərəliliyi bu enerjinin təxminən 60% -ni mənimsəməyə imkan verir. Mövsümi akummulyator-çəninin olduğu halda bütün bu

enerji istifadə edilə bilər. Bu halda ildə 1 m<sup>2</sup> quraşdırılmış kollektor üçün emissiyanın azaldılmasının xüsusi göstəriciləri aşağıdakılardır:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,562 \text{ kq/ m}^2,$$

$$M_{\text{NO}_x} = 0,312 \text{ kq/ m}^2,$$

$$M_{\text{benz.p}} = 0,00011544 \text{ q/ m}^2,$$

$$Q_{\text{itki}} = 92,4 \text{ KVt} \cdot \text{saat / (il} \cdot \text{m}^2 \text{)} .$$

Bu rəqəmlər ekoloji cəhətdən ən təmiz yanacaq növü - təbii qaz üçün hesablanmışdır. Digər yanacaq növlərinin emissiyaları daha çox olacaq. Eyni zamanda, bu emissiyaların 3,74% -i (kollektorun 45 ° meyl bucağı ilə) yalnız divarın əksətdirmə əmsalını artırmaqla azalır.

## Nəticə

1. Kollektorun istilik səmərəliliyinin müxtəlif amillərdən, insandan asılı olan və olmayan, asılılıqları aşkar edilmişdir. Xüsusilə, kollektorun üfüqə meyl bucağı və divarın əks etdirmə qabiliyyəti insandan asılı amillərdəndir, ətraf mühitdə havanın temperaturu, atmosferin aydınlıq əmsalı və küləyin sürəti isə müstəqil amillərdəndir.

2. Düz lövhəli günəş kollektorunun səmərəliliyinə təsir edən amillər (onların əhəmiyyətinə görə):

- kollektorun üfüqə meyl bucağı;
- radiasiya qəbuledici səthin quraşdırıldığı divarın əks etdirmə əmsalı;
- açıq havanın temperaturu;
- atmosferin aydınlıq əmsalı;
- küləyin sürəti.

3. Yerli enerji mənbələri kimi günəş kollektorlarının ekoloji və iqtisadi səmərəliliyi əsaslandırılmış, maili səthə daxil olan günəş enerjisinin miqdarı hesablanmışdır.

## Ədəbiyyat