

DOI: <https://www.doi.org/10.36719/2789-6919/08/227-235>

**Samir Namiq oğlu Qulamzadə**  
Azərbaycan Neft və Sənaye Universiteti  
magistrant  
samir.gulamzada@gmail.com

## ABŞERON YARIMADASINDA İSTİLİK TƏCHİZATI ÜÇÜN NƏZƏRDƏ TUTULAN GÜNƏŞ KOLLEKTORLARININ MÜQAYİSƏLİ ANALİZİ

### Xülasə

Məqalədə Abşeron yarımadasında istilik təchizatının təmin olunması üçün günəş kollektorlarının müqayisəli analizindən bəhs olunur. Araşdırma zamanı praktiki tətbiqi olan bir çox kollektor növləri, onların parametrləri, habelə, dövri dəyişiklikləri barədə məlumatlar nəzərə çarpır. Qeyd olunan məlumatlar Abşeron yarımadasının iqlimi, geoloji və digər xüsusiyyətlərinin fonunda analiz edilmişdir. Yekunda bütün verilənlər əsasında Abşeron yarımadası üçün ən uyğun kollektor növü təklif edilmişdir.

**Açar sözlər:** *Abşeron yarımadası, istilik təchizatı, günəş kollektorları*

**Samir Namiq Gulamzada**

### Comparative analysis of solar collectors for heating in the absheron peninsula

#### Abstract

The article discusses the comparative analysis of solar collectors to ensure heat supply in the Absheron Peninsula. The study provides information on many types of collectors with practical application, their parameters, as well as periodic changes. The mentioned data were analyzed against the background of climatic, geological and other features of the Absheron Peninsula. In the end, based on all the data, the most suitable type of collector for the Absheron Peninsula was proposed.

**Key words:** *Absheron peninsula, heating system, solar collectors*

#### Giriş

Günəş enerjisindən istifadə etmək üçün ən məşhur texnologiyalardan biri aşağı dərəcəli istilik almadır. 2016-cı ildə dünyada günəş kollektorlarının ümumi sahəsi 652 milyon m<sup>2</sup> [Weiss W., Spörk-Dür M., Mautnier F. Solar Heat Worldwide 2016] təşkil etmişdir ki, bunun da 93,5%-i müxtəlif təyinatlı su qızdırıcı qurğuların payına düşür (2015). 2015-ci ilin məlumatlarına görə, günəş kollektorlarının 71%-i Çində quraşdırılıb və bütün kollektorların 71,5%-i boru şəklində boşaldılıb. 2015-ci ildə istismara verilmiş günəş kollektorları üçün bu paylar müvafiq olaraq 75,8% və 75,1% təşkil edir. 2000-ci ildən 2016-cı ilə qədər dünyada quraşdırılmış günəş kollektorlarının ümumi sahəsi 7,3 dəfə dəfə artıb [Weiss W., Spörk-Dür M., Mautnier M. Solar F.2016].

Günəş su qızdırıcılarının əsas hissəsini fərdi evlər üçün isti su qurğuları təşkil edir. Bununla belə, son illər iri günəş mərkəzli istilik sistemlərinin sayı artıb. Dünyada sahəsi 500 m<sup>2</sup>-dən çox günəş kollektorları olan 300 qurğu var, onlarda kollektorların ümumi sahəsi 1648 min m<sup>2</sup>-dir. Bu sahədə lider Danimarkadır, burada 110 qurğu (1318 min m<sup>2</sup>) tikilmişdir [Weiss W., Spörk-Dür M., Mautnier F. 2016]. 2017-ci ilin əvvəlində dünyada sənaye ehtiyacları üçün istilik istehsal edən 50 günəş qurğusu da fəaliyyət göstərirdi (416 min m<sup>2</sup> günəş kollektoru).

Günəş kollektoru və saxlama anbarının məkan baxımından ayrıldığı və ayrı-ayrı qurğular olduğu ilk günəş su qızdırıcısı 1909-cu ildə ortaya çıxdı [Bailey W.J. 1910.]. O, ən çox yayılmış və bu gün fərdi termosifon günəş su isitmə qurğusunun bütün elementlərini ehtiva edirdi [Duffie J.A., Beckman W.A. Solar 2013]: - yastı günəş kollektoru və onun üstündə quraşdırılmış saxlama çəni. 1963-cü ildə [4, 5] boru şəklində boşaldılmış günəş kollektoru təklif edildi, burada soyuducunun vurulması üçün kanalları olan udma panelinin elementi boşaldılmış şüşə borunun içərisində yerləşdi ki, bu da yastı kollektor ilə müqayisədə belə istilik itkilərini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verdi. Belə kollektorların istehsalında əsas problem soyuducu ilə kanalların şüşə borunun divarından çıxarılması idi.

Sonralar iki qatlı termos borularından istifadə edərək iki qatlı boru kollektorlarında (Sidney-tubekollektorlar) [Meyer J.P. 2003.. pp. 40–46.] həll edildi.

Əsas diqqəti iki qatlı borulara yönəldən Çin istehsalçıları artıq 2003-cü ildə 2,5 milyon m<sup>2</sup> boru (15 milyon ədəd) [Meyer J.-P.2003. p. 40–46.] istehsal etmişlər. 2009-cu ildə yalnız 6 ən böyük Çin firması 10 milyon m<sup>2</sup>-dən çox boru ərsəyə gətirmişdir [EppB. 2010. N 12.pp. 42–61.]. Nəticədə, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, dünyada quraşdırılmış günəş kollektorlarının 70%-dən çoxu vakuumlu boru şəklindədir [Weiss W., Spörk-Dür M. 2016], onların əksəriyyəti Çin istehsalı olan iki qatlı borulardan istifadə edir.

Avropa günəş kollektorları bazarında bir neçə ildir ki, durğunluq hökm sürür: kollektorların istismara verilməsi 2009-cu ildən azalır. [Meyer J.P. 2013 pp. 34-45.]. O vaxtdan bəri Avropa günəş mühəndisliyi elminin əsas vəzifəsi günəş kollektorlarının və ümumilikdə sistemlərin xərclərini azaltmaq yollarını tapmaq olmuşdur. Ardıcıl dördüncü ildir ki, Çində günəş kollektorlarının istehsalı azalır [13], 2015-ci ildə 17% [1,12], 2016-cı ildə 9% [Weiss W., Spörk-Dür M., Mautnier F.Solar Heat Worldwide 2016], 2017-ci ildə azalma 6% [13] olaraq qiymətləndirilir. Çində istehsalın azalması mənzil tikintisinə investisiyaların əhəmiyyətli dərəcədə azalması və kənd yaşayış binalarının günəş enerjisi ilə işləyən su qızdırıcıları ilə təchiz edilməsinə dövlət dəstəyinin dayandırılması və buna bənzər şəhər proqramları ilə bağlıdır <http://www.solarthermalworld.org/content/china-challenges-and-opportunities-worlds-largest-solar-thermal-market>.]. Çin, Avstraliya (2015-ci ildə 10%) və Yaxın Şərqdə (2015-ci ildə 19%) günəş kollektorlarının istehsalının azalması qlobal kollektor bazarının artım tempinin 2011-ci ildəki 18%-dən aşağı düşməsinə səbəb olub. 2015-ci ildə 6% və 2016-cı ildə 5%.

Beləliklə, son illərdə günəş kollektorları bazarının vəziyyəti və perspektivləri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdi. Bu şəraitdə günəş kollektorlarının texniki inkişaf tendensiyalarını müəyyən etmək, həmçinin yerli günəş kollektorlarının texniki səviyyəsini xaricilərlə müqayisə etmək vacibdir.

**Abşeron yarımadasının xarakteristikaları.** Abşeron yarımadası Xəzər dənizinin qərb sahilində yerləşir. Yarımada Bakı, Sumqayıt və Xırdalan şəhərləri və bununla yanaşı, 32 kənd-qəsəbə tipli coğrafi vahidlər yerləşir. Yarımada sahəsi 2110 km<sup>2</sup>, əhalisi təqribən 4,6 milyon nəfər təşkil edir.

Abşeron yarımadasının iqlimi əsasən mülayim isti və quru subtropikdir. İl ərzindəki günəşli saatların həcmi 2200 – 2400-a bərabərdir. Ən soyuq ayın orta temperaturu ərəzi üçün yumşaq (0 – 5°C), çox yumşaq (2.5 – 0°C) və həddən çox yumşaq (5–2.5°C) şəraitdə keçir. Azərbaycan Respublikasının ən az yağıntılı (200–400 mm) və ən küləkli ərəzilərdən hesab olunur. İsti-qızmar dövrlərdəki (aprel-oktyabr) mümkün buxarlanma təqribi 1000 mm həddində olur. İyun - sentyabr aylarında quraq keçmiş günlərin sayı 5 – 25 gün ətrafında dəyişir.

#### **Müasir günəş kollektorlarının parametrləri haqqında məlumat mənbələri.**

Günəş kollektorları haqqında məlumatların standartlaşdırılması ehtiyacı 1970-ci illərin ortalarında müxtəlif dizaynı bir sıra günəş kollektorlarının bazarda (ilk növbədə ABŞ-da) görünməsi ilə əlaqədar yaranmışdır [Duffie J.A.,Beckman W.A.Solar Engineering of Thermal Processes. 4th ed.–Hoboken,NJ: Wiley. 2013.]. Eyni zamanda, günəş kollektorlarının sınaqdan keçirilməsi üçün ilk üsullar, bir az sonra isə bu sınaqlar üçün milli standartlar ortaya çıxdı. Hazırda günəş kollektorlarının parametrləri və onların təyini üsulları Avropada EN12975 standartı [16-17], ABŞ-da ASHRAE/ANSI93 standartı [Duffie J.A.,Beckman W.A.Solar Engineering of Thermal Processes. 4th ed.–Hoboken,NJ: Wiley. 2013.] ilə tənzimlənir. ISO 9806 standartı da mövcuddur ki, onun növbəti versiyası 2017-ci ildə qəbul edilmişdir [18]. Qeyd olunan standartlar günəş kollektorları üçün müvafiq sertifikatlaşdırma sistemlərinə daxildir.

ABŞ-da günəş kollektorlarının sertifikatlaşdırılmasına Solar Rating & Certification Corporation (SRCC) tərəfindən baxılır, onun verilənlər bazası [1] əsas məlumatları və 481 günəş kollektoru üçün hazırda qüvvədə olan sertifikatlara keçidləri ehtiva edir. 2003-cü ildən Avropada Yalnız Avropada deyil, həm də Çində (üç), Kanadada və Avstraliyada yerləşən 12 sertifikatlaşdırma mərkəzi və 25 sınaq laboratoriyasını özündə birləşdirən SolarKeymark sertifikatlaşdırma sistemi mövcuddur. SolarKeymark verilənlər bazasında 3136 günəş kollektoru üçün 1188 sertifikata keçidlər var. Sertifikatların maksimum sayı (təxminən 1800) 2013-cü ildə verilmişdir. SolarKeymark əsasında qlobal günəş sertifikatlaşdırma şəbəkəsinin (GlobalSolar Certification Network, GSCN) yaradılmasına cəhd edilir [22]

İstehsal olunan günəş kollektorlarının geniş əhatə dairəsinə baxmayaraq, SolarKeymark verilənlər bazasında çatışmazlıqlar var. Verilənlər bazasında sertifikatlaşdırılmış kollektorlar haqqında son dərəcə məhdud məlumatlar var, istehsalçıların veb saytlarına keçidlər çox vaxt müəyyən bir modelin səhifəsinə

deyil, saytın əsas səhifəsinə aparır, sertifikatlar bir-birindən formaca fərqlənir və bütün kollektor məlumatlarını ehtiva etmir. Günəş kollektorları üçün SolarKeymark sistemində fəaliyyət göstərən sınaq mərkəzlərindən biri olan Günəş Texnologiyası İnstitutu (Institut für Solartechnik, SPF, İsveçrə) [26] tərəfindən təqdim edilən və sınaqdan keçirilmiş kollektorlar haqqında hərtərəfli məlumatları özündə əks etdirən məlumat cədvəlləri daha çox maraq doğurur.

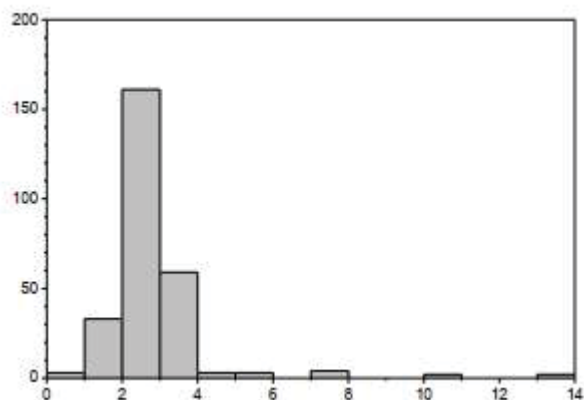
Bu günə qədər SPF müxtəlif tipli 542 günəş kollektoru haqqında məlumat toplayıb. SPF məlumatları [Popel’O.S.2006. V. 53. N 3.pp. 175–180.]-də istifadə edilmişdir (2004-cü ilin əvvəlinə 203 günəş kollektoru). Bu yazıda SolarKeymark məlumatlarının əvəzinə biz SPF xəbər bülletenlərindən də istifadə edəcəyik. Eyni zamanda, əksər SPF məlumat bülletenlərində sınaq tarixlərinin olması müxtəlif vaxt intervalları üçün rezervuar parametrlərini statistik emal etməyə imkan verir. 2009-cu ilə qədər (Avropa bazarının aktiv artım dövrü) və 2009-cu ildən. 2017-ci ilə qədər (bu dövrdə Avropada günəş kollektorlarının illik istismara verilməsi azalır [Weiss W., Spörk-Dür M., Mautnier F.Solar Heat Worldwide 2016] olan dövrləri nəzərdən keçirəcəyik.

### Çəki və ölçü parametrlərinin inkişaf tendensiyaları.

[14, 15]-də olduğu kimi, günəş kollektorunu, ilk növbədə, SCA-nın elementi kimi nəzərə alaraq, təhlilimizi yalnız maye soyuducu ilə şüşələnmiş kollektorlarla məhdudlaşdırırıq. [Popel’O.S. et al.// Thermal Engineering.2006. V. 53. N 3.pp. 175–180.]-də aparılan tədqiqatlar 174 yastı lövhəli kollektor üçün SPF fakt vərəqlərinə əsaslanırdı. Hal-hazırda yastı şüşə istilik dəyişdiricisi maye kollektorları üçün 362 bülleten (onlardan 315-i sınaq tarixləri ilə), eləcə də belə kollektorlar üçün 270 SRCC sertifikatı mövcuddur. Şəkil 1 və 2-də sınaqdan keçirilmiş modellərin sayına görə nəzərdən keçirilən günəş kollektorlarının ümumi sahəsinin və xüsusi kütləsinin paylanmasını göstərir.

a)

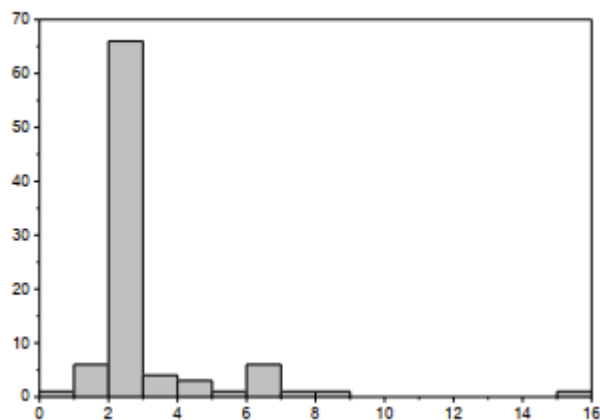
Modellərin sayı



Ümumi sahə, m<sup>2</sup>

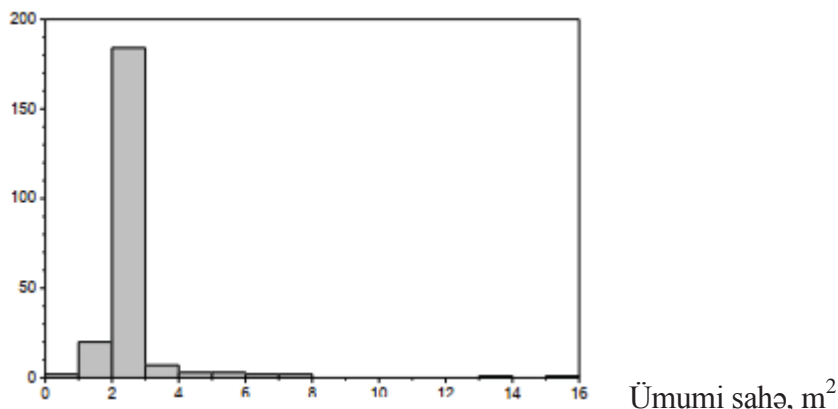
b)

Modellərin sayı



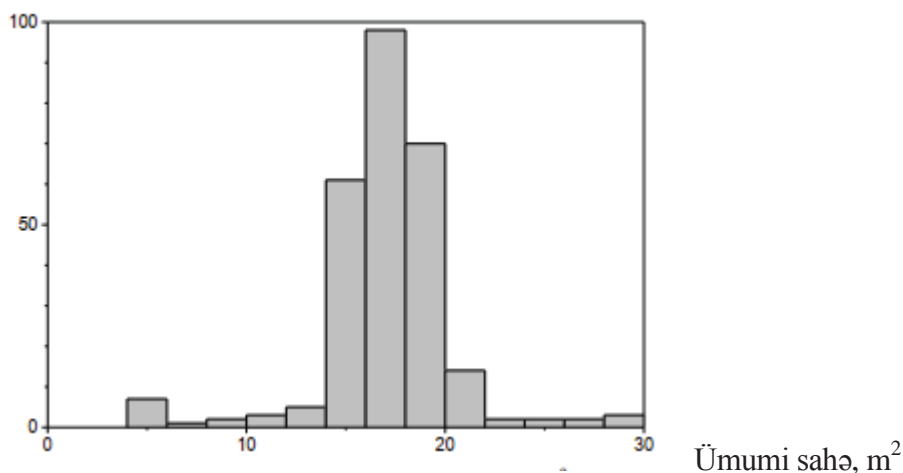
Ümumi sahə, m<sup>2</sup>

c)  
Modellərin sayı

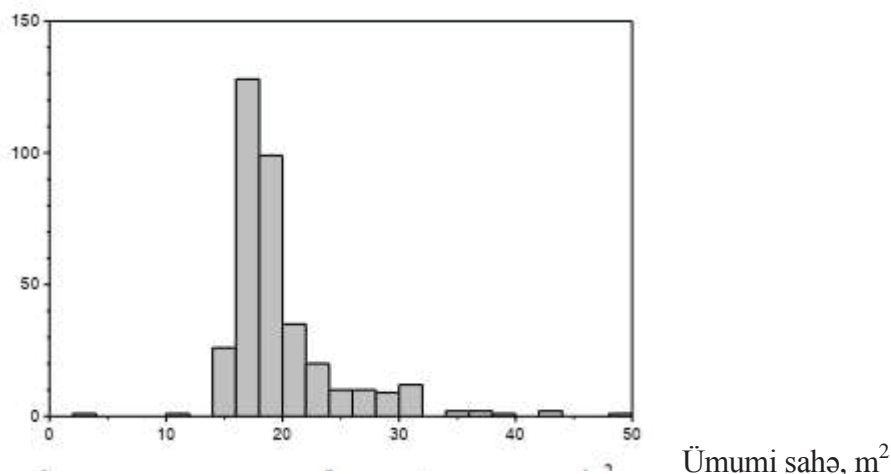


Şəkil 1. Yastı günəş kollektorlarının ümumi sahəsinin modellərin sayına görə bölgüsü: a - SRCC məlumatları, b - 2009-cu ilə qədər SPF məlumatları, c - SPF məlumatları, 2009-2017.

a)  
Modellərin sayı



b)  
Modellərin sayı



Şəkil 2. Yastı günəş kollektorlarının xüsusi kütləsinin modellərin sayına görə paylanması: a – SRCC məlumatları, b – SPF məlumatları.

Hər iki paylanma keyfiyyətcə [14, 15] nəticələrinə oxşardır. [Popel’O.S. et al.// Thermal Engineering.2006. V. 53. N 3.pp. 175–180.]-də olduğu kimi, bu gün günəş kollektorlarının böyük əksəriyyətinin ümumi sahəsi 2 m<sup>2</sup> və ya daha çox olur, 2 m<sup>2</sup> isə aydın paylanma maksimumuna malikdir - iki kvadrat metrə yaxın bir sahə əslində yastı günəş kollektorları üçün standart halına gəldi.

[Popel'O.S. etal.// Thermal Engineering.2006. V. 53. N 3.pp. 175–180.]-də qeyd olunan sahəsi 6-8 m<sup>2</sup> olan kollektorların istehsalı tendensiyası sonrakı statistik məlumatlarda izlənilmişdir. Eyni zamanda, histqramlarda vahid sahəsi 13-15 m<sup>2</sup> olan günəş kollektorlarının modelləri göstərilir.

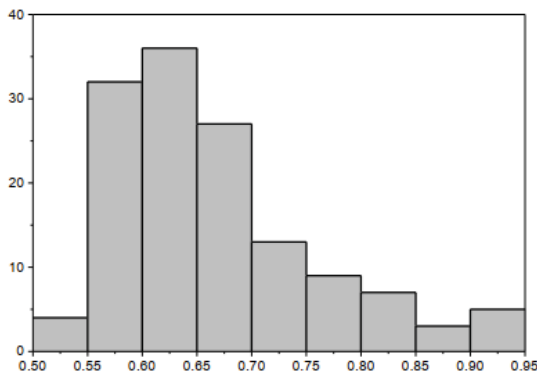
Belə böyük günəş kollektorları həqiqətən istehsal olunur, baxmayaraq ki, onların dizaynı üçün çox az seçim var. Onlar böyük (meqavat sinfi) günəş su qızdırıcılarında tətbiq tapırlar [Butuzov B.A.2009.s. 68–71.].

Yastı günəş kollektorlarının quru kütləsinin maksimum paylanması (şəkil 2) hələ də ümumi ərazinin 15-20 kq / m<sup>2</sup>-ə uyğundur, yəni tipik kollektorun xüsusi çəkisi [Popel'O.S. etal.// Thermal Engineering.2006. V. 53. N 3.pp. 175–180.] nəşrindən bəri illər ərzində dəyişməmişdir. Bu, dolayısı ilə yastı günəş kollektorlarının istehsalı texnologiyalarının inkişafını göstərir [Popel'O.S. etal.// Thermal Engineering.2006. V. 53. N 3.pp. 175–180.].

Boruvəri vakuumlaşdırılmış günəş kollektorlarının xüsusiyyətləri [14, 15]-də öyrənilməmişdir, çünki hər iki nəşrin hazırlanması zamanı belə kollektorların modelləri çox az idi (2004-cü ilin əvvəlinə 21 belə kollektor SPF-də sınaqdan keçirilmişdir). [YohanisY.G.,PopelO.S.,FridS.E.,KolomietsYu.G.// Int. J. Sustain.En-ergy. 2012.V. 31.N5.pp. 1–18.]-də boruvəri evakuasiya edilmiş kollektorları təsnif etmək və tipik parametrlərə malik kollektor seçmək cəhdimiz də bu gün aktual deyil, çünki o, 2005-ci ildə SPF məlumatlarına əsaslanmışdı (33 kollektor modeli), hansı ki, Çin istehsalı ikiqatlı boru kollektorları mövcud deyildi. SPF hazırda vakuum kollektorları üçün 174 məlumat vərəqinə (onlardan 169-u sınaq tarixləri ilə) malikdir və 138 SRCC sertifikatı da mövcuddur.

a)

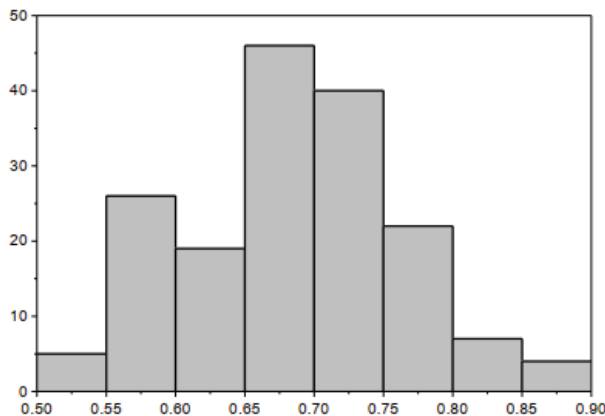
Modellərin sayı



Apertura sahəsinin ümumi sahəyə nisbəti

b)

Modellərin sayı



Apertura sahəsinin ümumi sahəyə nisbəti

Şəkil 3. Modellərin sayına görə boşaldılmış kollektorlar üçün apertura sahəsinin ümumi sahəyə nisbətinin bölüşdürülməsi: a – SRCC məlumatları, b – SPF məlumatları.

Yastı günəş kollektorları üçün apertura sahəsi orta hesabla 0,9-0,93-dirsə, vakuum kollektorlar üçün apertura sahəsinin ümumi sahəyə nisbətinin maksimum paylanması daha aşağı dəyərlərə doğru sürüşür (0,6-0,7; Şəkil 3-ə baxın. ), buna görə də, spesifik parametrləri seçilmiş ərazidən az asılı olan yastı plitəli



kollektorlardan fərqli olaraq, vakuum edilmişlər üçün müəyyən kollektor parametrlərinin aid olduğu ərazinin seçilməsi əsasdır.

Kollektordakı borular arasındakı məsafə tənzimlənmədiyindən və istehsalçı tərəfindən seçildiyindən, bizə elə gəlir ki, vakuum günəş kollektorları üçün apertura sahəsi həlledicidir.

Boru şəklində vakuum günəş kollektorları yastı olanlardan bir qədər ağırdır (orta hesabla 20-25 kq/m<sup>2</sup> və 30-40 kq/m<sup>2</sup> ümumi sahə).

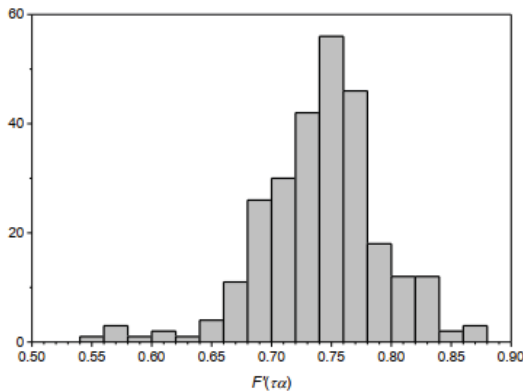
#### Parametrlərin inkişaf tendensiyaları.

Günəş kollektorunun ən mühüm xüsusiyyətləri onun termotexniki mükəmməlliyinin parametrləridir: kollektorun optik səmərəliliyi  $F'(\tau\alpha)$  və götürülmüş itki əmsalı  $F'UL$  ( $F'$  uducu kollektorun səmərəlilik əmsalıdır. panel [Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. 4th ed. – Hoboken, NJ: Wiley. 2013.], içindəki temperatur sahəsinin qeyri-bərabərliyini nəzərə alaraq,  $\tau$  - şüşələrin ötürmə qabiliyyəti,  $\alpha$  - panelin udma qabiliyyətidir). SRCC məlumatlarına görə yastı günəş kollektorlarının termotexniki mükəmməllik parametrlərinin paylanması şəkil 4-də göstərilmişdir. Paylanma maksimumları [Popel'O.S. et al. // Thermal Engineering. 2006. V. 53. N 3. pp. 175–180.]-dən apertura sahəsi üçün yenidən hesablanmış dəyərlərə uyğundur.

( $F'(\tau\alpha) = 0,75$ ;  $F'UL = 3,7-4,1 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$ ), bu, mənzil istehsalı üçün dizayn və texnologiyaların həddi dəyərlərə və kifayət qədər yetkinliyə çatması ilə bağlı qənaəti [Popel'O.S. et al. // Thermal Engineering. 2006. V. 53. N 3. pp. 175–180.] bir daha təsdiqləyir. Kollektorlar optik və istilik mükəmməlliyi baxımından 11-19  $\text{Wt} / \text{m}^2\text{K}$ -a çatan itki əmsalı dəyərlərinin mövcud "hədləri" korpusların arxa və yan divarlarının istilik izolyasiyası olmayan və ya qeyri-kafi olan bəzi plastik kollektorların parametrlərini əks etdirir.

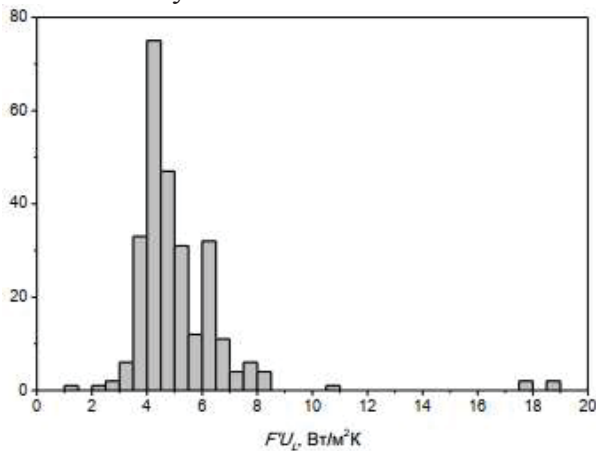
a)

Modellərin sayı



b)

Modellərin sayı



Şəkil 4. SRCC məlumatlarına görə düz günəş kollektorlarının termotexniki mükəmməlliyinin parametrləri: (a) optik səmərəlilik, (b) azaldılmış itki əmsalı.

Şəkil 4-dəki paylamalar ABŞ-da qəbul edilmiş xətti yaxınlaşma [Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. 4th ed.–Hoboken, NJ: Wiley. 2013.] hesabına günəş kollektorunun sınaqdan keçirilməsi, onun səmərəliliyinin kollektordakı soyuducu maye arasındakı temperatur fərqiindən asılılığı (Amerika təcrübəsində giriş temperaturu, Avropa praktikasında orta temperatur) və ətraf havadan istifadə olunur. Müasir standartlarda [16-18], kollektorun itkisi əmsalının temperaturdan xətti asılı olduğu güman edilir, onda kollektorun səmərəliliyinin ifadəsi aşağıdakı formanı alır:

$$\eta = F'(\tau\alpha) - a_1 T^* - a_2 S \cdot (T^*)^2, \quad (1)$$

burada  $S$  - kollektora düşən günəş radiasiyasının axınının sıxlığı,  $a_1$  və  $a_2$  əmsallar,  $T^*$  isə gətirilmiş temperatur -  $T^* = (T_{fm} - T_a) S$  ( $T_{fm}$  - kollektorda soyuducu mayenin orta kütləvi temperaturudur,  $T_a$  - ətraf havanın temperaturudur).

SPF informasiya bülletenlərindən alınan məlumatlar SPF-də sınaqdan keçirilmiş günəş kollektorlarını dizaynlarına görə (bir qatlı və ya ikiqat vakuumlu borulardan istifadə edib-etmədiyinə görə, həmçinin absorber panelindən istilik çıxarma sxeminə görə) U şəkilli və ya koaksial ola bilən istilik borusu və ya nasos borusundan istifadə etməklə bir neçə qrupa bölməyə imkan verdi: Seçilmiş qruplar cədvəldə təqdim olunur.

SPF informasiya bülletenlərinə görə günəş kollektorları qrupları

*Cədvəl 1.*

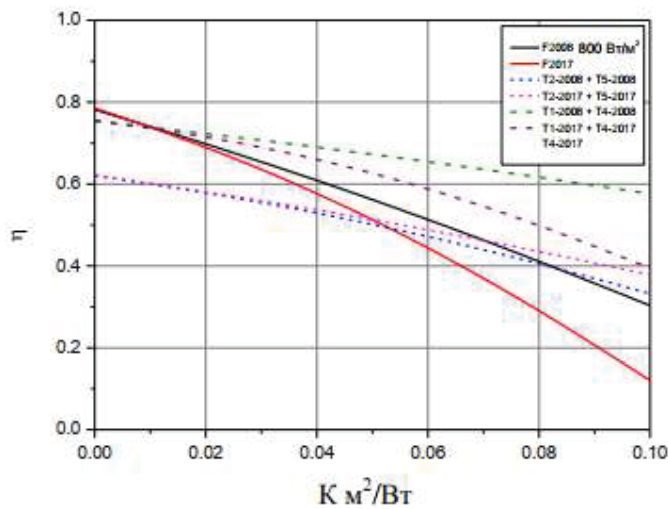
Kollektor növləri	2009-cu ilə qədər		2009–2017	
	Təyinat	Qrupda modellər	Təyinat	Qrupda modellər
Yastı	F2008	110	F2017	205
Tək qat borularla vakuumlu	T1-2008	32	T1-2017	42
İki qatlı borular və istilik borusu ilə vakuumlu	T2-2008	37	T2-2017	37
İki qat borular və istilik borusu və reflektor ilə vakuumlu	T3-2008	-	T3-2017	2
İki qatlı borularla vakuumlu və U formalı boru	T4-2008	9	T4-2017	2
İki qat borular və koaksial ilə vakuumlu boru	T5-2008	4	T5-2017	1

Sınaqlarda  $F'(\tau\alpha)$ ,  $a_1$  və  $a_2$  parametrləri (1) tənliyi ilə kollektorun səmərəliliyinin  $T^*$ -dan eksperimental asılılığından təqribi olaraq təyin edilir. Eksperimental məlumatların səhvinə görə, oxşar dizayna malik kollektorların səmərəliliyi  $a_1$  və  $a_2$  parametrlərinin müxtəlif birləşmələri ilə təsvir edilə bilər, buna görə də bu parametrlərin modellər üzrə paylanması qurulması əvəzinə

onlar üçün kollektorlar üçün "səmərəlilik əyriləri" (1) hesablanmış, daha sonra kollektor qrupları üzrə orta hesablanmış, bundan sonra orta hesablanmış asılılıqlar yenidən (1) tənliyi ilə yaxınlaşdırılmışdır.

Alınan "səmərəlilik əyriləri" ( $S = 800 \text{ W/m}^2$  üçün) şəkil 5-də göstərilmişdir. Kollektor qrupları üzrə istilik mükəmməliyinin parametrləri Cədvəl 2-də verilmişdir.

Orta hesablanmış "səmərəlilik əyriləri"nin və kollektor qruplarının istilik mükəmməliyinin orta parametrlərinin müqayisəsi göstərir ki, bütün qruplarda optik səmərəlilik nəzərdən keçirilən hər iki boşluq üçün eynidir. İstilik və ya koaksial borularla vakuumlu olanlar istisna, bütün günəş kollektorları üçün 2008-ci ildən sonra istilik itkiləri artmışdır, yəni termotexniki mükəmməllik baxımından bu kollektorlar daha da pisləşib. Bəlkə də bu, yuxarıda qeyd olunan daha ucuz materialların və texniki həllərin axtarışı ilə əlaqədardır. İstilik və koaksial boruları olan kollektorlarda, əksinə, istilik itkiləri bir qədər azaldı, bu, görünür, onların dizaynının təkmilləşdirilməsi ilə əlaqədardır.



Şəkil 5. SPF məlumatlarına görə günəş kollektor qruplarının orta "səmərəlilik əyriləri".

SPF məlumatlarına görə günəş kollektor qruplarının termotexniki mükəmməlliyinin orta göstəriciləri.

*Cədvəl 2.*

Kollektor qrupu	$F'(\tau\alpha)$	$a_1, \text{Vt/m}^2\text{K}$	$a_2, \text{Vt/m}^2\text{K}^2$
F2008	0.782	3.97	0.0101
F2017	0.785	4.11	0.0317
T2-2008 + T5-2008	0.621	1.84	0.0130
T2-2017 + T5-2017	0.620	1.84	0.0073
T1-2008 + T4-2008	0.753	1.45	0.0041
T1-2017 + T4-2017	0.755	1.45	0.0270
T4-2017	0.780	2.04	0.0050

İstilik boruları olan kollektorlar perspektivli və səmərəli hesab edilir, lakin təhlillər bunun belə olmadığını göstərir. Belə kollektorların optik səmərəliliyi yastı kollektorlardan 16%, vakuumlu U-borulardan 13% aşağıdır və əgər belə kollektorların səmərəliliyi yastı kollektorlardan daha yüksək temperaturda olarsa ətraf mühitin temperaturu 40-55 ° C, o zaman U formalı boruları olan kollektorların səmərəliliyi onu keçmir (ən azı ətraf mühitin temperaturundan 80-100 ° C yuxarı olan temperatura qədər). İsti suyun temperaturu 40-60°C olan günəş enerjisi ilə işləyən su qızdırıcıları üçün bir qatlı borular və U-boruları olan kollektorlar daha səmərəlidir. Temperatur ətraf mühitin temperaturunu 5-10°C keçdikdə belə, onlar düz lövhəli kollektorlardan daha səmərəlidir. Üstəlik, U-boruları olan kollektorlar var, onların optik səmərəliliyi düz lövhəli kollektorlarla demək olar ki, eynidir (bax. Şəkil 5), onlar istənilən temperaturda yastı lövhəli kollektorlardan daha səmərəlidir.

Yuxarıdakı təhlildə kollektorların optik səmərəliliyi günəşin normal düşməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Günəş kollektorlarının gündəlik və uzunmüddətli xüsusiyyətlərinə keçid zamanı onun şüalanmanın düşmə bucağından asılılığı nəzərə alınmalıdır. Bununla belə, U-boru kollektorlarının istilik borularından daha səmərəli olması ilə bağlı yuxarıdakı nəticə bu vəziyyətdə hələ də etibarlıdır, çünki hər iki növ kollektor eyni iki qatlı şüşə borulardan istifadə edir.

### Nəticə

Son 15 il ərzində düz günəş kollektorlarının çəki və ölçü xüsusiyyətləri və istilik mühəndisliyi mükəmməlliyinin parametrləri dəyişməyib. Bu, həm xaricdə, həm də ölkədə belə kollektorların istehsalı texnologiyalarının kifayət qədər inkişaf etdiyini və limitə yaxın parametrlərə çatdığını göstərir. Ən geniş yayılmış yastı günəş kollektorlarının sahəsi 2 m<sup>2</sup>-ə yaxındır. Bazarda bir neçə növ boru tipli vakuum günəş kollektorları mövcuddur. Onların çəkisi və ölçüsü göstəriciləri yastı kollektorların parametrlərindən bir qədər fərqlənir. 2008-ci ildən sonra SPF-də sınaqdan keçirilmiş demək olar ki,



bütün növ günəş kollektorlarının termotexniki mükəmməlliyi əvvəllər sınaqdan keçirilmiş kollektorlarla müqayisədə pisləşmişdir: optik səmərəlilik dəyərlərini saxlamaqla onların istilik itkiləri artmışdır. İstisna, istilik itkilərinin bir qədər azaldığı iki qatlı borular və istilik boruları olan vakuum kollektorlardır. İki qatlı borular və istilik boruları ilə məşhur və hazırda perspektivli hesab edilən vakuum kollektorlar, əslində, U formalı boruları olan kollektorlardan daha az səmərəlidir. Sonuncular, görünür, günəş kollektorlarının bütün hesab edilən növləri arasında ən səmərəlidir.

### Ədəbiyyat

1. Weiss, W., (2016) Spörk-Dür M., Mautnier F. Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2016. Detailed Market Figures 2015. 2017 edition. Elektron resurs: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2017.pdf>.
2. Bailey, W.J. (1910) Solar Heater. United States Patent No. 966070. 1910.
3. Duffie, J.A. Beckman W.A.S (2013)olar Engineering of Thermal Processes. 4th ed.– Hoboken,NJ: Wiley.
4. Speyer, E., Godel S. Solar collector. United States Patent No. 3227153. 1966.
5. Speyer, E. Trans. ASME. J. Eng. Power. 1965. V. 86. N. 7. pp. 270–276.
6. Meyer, J.-P. Sun & Wind Energy. 2003. N1. pp. 40–46.
7. EppB. Sun & Wind Energy. 2010. N 12. pp. 42–61.
8. <http://www.npomash.ru/service/ru/suncollector.htm>.
9. <http://www.newpolus.ru/>.
10. Butuzov, V.A. (2015) Enerqosovet. 2015. N1. C. 53–56.
11. Meyer J.-P. (2013) Sun & Wind Energy. 2013. N7-8. pp. 34–45.
12. <http://www.solarthermalworld.org/content/china-challenges-and-opportunities-worlds-largest-solar-thermal-market>.
13. <http://www.solarthermalworld.org/content/flat-plate-collector-sales-china-reach-record-6-million-m2-2017>.
14. Tarnijevski B.V., Abuev İ.M. (1997) Teploenergetika, N4. C. 13–15.
15. Popel’ O.S. et al. (2006) Thermal Engineering. V. 53. N 3. pp. 175–180.
16. Qaist. A. Guide to the Standard EN 12975. <http://www.estif.org/solarkeymarknew/images/downloads/QAiST/qaist%20d2.3%20guide%20o%20en%2012975.pdf>.
17. Qaist Understanding and Using Collector Test Standard EN 12975. elektronresurs: [http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/projects/QAiST/qaist\\_brochure.pdf](http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/projects/QAiST/qaist_brochure.pdf).
18. Guide to standard iso 9806:2017 A Resource for Manufacturers, Testing Laboratories, Certification Bodies and Regulatory Agencies // Fraunhofer ISE Technical Report. 2017. Elektron resurs: [https://www.researchgate.net/publication/320623512\\_GUIDE\\_TO\\_STANDARD\\_ISO\\_98062017\\_A\\_Resource\\_for\\_Manufacturers\\_Testing\\_Laboratories\\_Certification\\_Bodies\\_and\\_Regulatory\\_Agencies?channel=doi&linkId=59f1fd61458515bfd081c8aa&showFulltext=true](https://www.researchgate.net/publication/320623512_GUIDE_TO_STANDARD_ISO_98062017_A_Resource_for_Manufacturers_Testing_Laboratories_Certification_Bodies_and_Regulatory_Agencies?channel=doi&linkId=59f1fd61458515bfd081c8aa&showFulltext=true).
19. Elektron resurs: <https://secure.solar-rating.org/Certification/Ratings/Ratings>
20. SummaryPage.aspx?type=2.
21. Elektron resurs: <http://www.estif.org/solarkeymarknew/>.
22. Elektron resurs: <http://solarkeymark.dk/CollectorCertificates>.
23. Elektron resurs: <http://www.gscn.solar/>.
24. Elektron resurs: <http://www.spf.ch/index.php?id=111&L=6>.
25. Butuzov V.A. (2009) Alternativnaya enerqetika i ekologiya. 2009. N11. C. 68–71.
26. Yohanis Y.G., Popel O.S., Frid S.E., Kolomiets Yu.G. (2012) Int. J. Sustain. En-ergy. V. 31. N5. pp. 1–18.
27. <http://www.spf.ch/index.php?id=111&L=6>

Rəyçi: t.ü.f.d. Şükür Nəsirov

Göndərib: 11.03.2022

Qəbul edilib: 17.04.2022