

УДК 662.997

**QUYOSH ISSIQLIK TA'MINOTI TIZIMLARIDA ISSIQLIK AKKUMULYATSIYASI VA O'Z-O'ZINI BOSHQARUVCHI GIDRAVLIK JARAYONLAR ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH**<sup>1</sup>*Boboyev S.M.*, <sup>2</sup>*Ermaxammatov A.N.*

Samarqand davlat arxitektura qurilish universiteti

*Annotatsiya:* Mazkur maqolada quyosh issiqlik ta'minoti tizimlarining samaradorligini oshirishda issiqlik akkumulyatsiyasi (TES) va o'z-o'zini boshqaruvchi issiqlik-gidravlik jarayonlarning integratsiyasi o'rganilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi quyosh kollektoridan issiqlik akkumulyatoriga va undan iste'molchiga issiqlik uzatish jarayonida harorat potentsiali yo'qotishlarini kamaytirish hisobiga energiya tejamkorligini oshirishdan iborat. Tekis plastinali quyosh kollektoriga asoslangan tajriba qurilmasida eksperimental tadqiqotlar amalga oshirildi. Olingan natijalar quyosh radiatsiyasi, kollektor chiqish harorati va issiqlik akkumulyatori harorati o'rtasida bevosita bog'liqlik mavjudligini ko'rsatdi. Tizimning o'rtacha samaradorligi 45–60% oralig'ida ekanligi aniqlangan. Issiqlik akkumulyatsiyasi tizimi qo'llanilganda energiya samaradorligi 20–35% ga oshishi kuzatildi. O'z-o'zini boshqaruvchi gidravlik elementlar esa oqimni barqarorlashtirib, issiqlik yo'qotishlarini kamaytirishga xizmat qildi.

*Kalit so'zlar:* quyosh energiyasi, issiqlik ta'minoti tizimi, issiqlik akkumulyatsiyasi, energiya tejamkorlik, quyosh kollektor, energiya samaradorligi..

**Kirish:** Bugungi kunda energiya resurslaridan samarali foydalanish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini joriy etish global miqyosdagi dolzarb masalalardan biridir. Aholi sonining ortishi va sanoat ishlab chiqarishining kengayishi energiyaga bo'lgan talabni keskin oshirmoqda. Atrof-muhit bilan bog'liq muammolar va qazilma yoqilg'i resurslarining cheklanganligi sababli isitish tizimlarida qazilma yoqilg'idan foydalanishni kamaytirish zarur. Shu munosabat bilan turli sohalarning energiya ehtiyojlarini qondirish uchun qayta tiklanuvchi energiya manbalariga katta e'tibor qaratilmoqda. Qurilish sohasida quyosh energiyasidan isitish va sovutish maqsadlarida foydalaniladi. Quyosh energiyasi turli texnologiyalar yordamida bevosita va bilvosita isitishda qo'llanilishi mumkin. Quyosh energiyasining uzluksiz bo'lmagan tabiati, ya'ni vaqti-vaqti bilan kamayib turishi sababli, tungi vaqtlarda yoki quyosh nurlanishi past bo'lgan davrlarda tizimlardan foydalanish imkonini yaratish uchun energiya saqlash qurilmalaridan foydalanish talab etiladi.

**Asosiy qism:** Quyosh energiyasi qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida eng istiqbolli manbalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa issiqlik ta'minoti tizimlarida quyosh energiyasidan foydalanish turar joy binolari, sanoat obyektlari va ijtimoiy infratuzilma obyektlarida energiya sarfini kamaytirishga yordam beradi. Biroq quyosh energiyasining asosiy muammosi uning vaqt bo'yicha notekis taqsimlanishidir. Shu sababli ortiqcha energiyani saqlash uchun issiqlik akkumulyatsiyasi tizimlaridan foydalanish zarur. 2000-yildan 2017-yilgacha dunyo bo'yicha turli quyosh issiqlik ta'minoti tizimlari tarkibida o'rnatilgan quyosh kollektorlarining (QK) umumiy maydoni 7,6 baravarga oshib, 675 mln m<sup>2</sup> ni tashkil etdi [1]. Shundan 93,5 % qismi turli maqsadlardagi quyosh suv isitish qurilmalariga (QSIQ) to'g'ri kelgan. Biroq so'nggi yillarda o'sish

sur'atlari kamaymoqda [2], Xitoy, Avstraliya va Yaqin Sharq mamlakatlarida esa quyosh kollektorlarini ishlab chiqarish ketma-ket to'rt yil davomida pasaymoqda.

Bundan tashqari, fotoelektrik modullar narxining keskin arzonlashuvi [3] sababli, quyosh kollektorlari asta-sekin fotoelektrik qurilmalar tomonidan siqib chiqarilmoqda. Fotoelektrik tizimlar issiqlik qurilmalariga nisbatan bir qator afzalliklarga ega [4], jumladan:

- generatsiya konturida issiqlik tashuvchining mavjud emasligi;
- quvur tarmoqlarining talab qilinmasligi;
- oraliq issiqlik almashgichlar va sirkulyatsion nasoslarga ehtiyoj yo'qligi;
- qishda muzlash va yozda qizib ketishdan himoyalash zaruratining mavjud emasligi;
- montajning qulay va sodda ekanligi;
- tashqi havo harorati pasayganda fotoelektrik modullar samaradorligining oshishi;
- elektr suv isitkichida suvni isitish samaradorligining suv haroratiga bog'liq emasligi va hokazo.

Quyosh issiqlik ta'minoti tizimlari an'anaviy tizimlardan quyosh kollektorlarining mavjudligi bilan farq qiladi. Quyosh kollektorlari yoqilg'ili yoki elektr issiqlik generatorlariga nisbatan tizimning harorat rejimlariga juda sezgir hisoblanadi. Yoqilg'ili issiqlik generatorlarida ularning ixchamligi va yoqilg'i yonish haroratining juda yuqori bo'lishi (1000 °C dan ortiq) sababli isitilayotgan suvning yakuniy harorati foydali ish koeffitsiyentiga deyarli ta'sir qilmaydi. Elektr suv isitkichlarida ham suv isitish samaradorligi suvning yakuniy haroratiga deyarli bog'liq emas [3]

Shunday qilib, an'anaviy issiqlik ta'minoti tizimlaridan farqli ravishda, quyosh issiqlik ta'minoti tizimlarida elementlardagi harorat potentsiali yo'qotishlari muhim mezon hisoblanadi. Chunki aynan ular quyosh kollektoridagi suvning yakuniy qizish haroratini belgilaydi va bu kollektor samaradorligiga bevosita ta'sir qiladi.

[5]-manbaga asoslanib, keyingi baholashlarda shuni qabul qilish mumkin: haroratning har bir gradusga oshishi (yoki kamayishi) quyosh kollektorining foydali ish koeffitsiyentining deyarli shuncha miqdorda kamayishi (yoki oshishi)ga olib keladi. Bu esa issiqlik ta'minoti tizimlarida quyosh issiqlik energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish rezervlari miqdorini aniqlash imkonini beradi.

Shu sababli zamonaviy quyosh issiqlik tizimlarida energiya samaradorligini oshirish uchun issiqlik akkumulyatsiyasi (TES) va o'z-o'zini boshqaruvchi gidravlik jarayonlarni birgalikda qo'llash dolzarb hisoblanadi.

*Tadqiqotning maqsadi* — quyosh kollektoridan issiqlik akkumulyatoriga va undan iste'molchiga issiqlik energiyasini uzatish jarayonida harorat potentsiali yo'qotishlarini minimallashtirish asosida quyosh issiqlik ta'minoti tizimlari samaradorligini oshirishning asosiy rezervlarini aniqlash va baholash, shuningdek istiqbolli yo'nalishlar hamda oqilona texnik yechimlarni belgilashdan iborat. Tadqiqot quyosh kollektoriga asoslangan eksperimental qurilma yordamida amalga oshirildi. Tajriba qurilmasi quyidagi asosiy elementlardan tashkil topgan:

- tekis plastinali quyosh kollektor;
- issiqlik tashuvchi suyuqlik (suv);
- issiqlik akkumulyatori (150–200 litr hajmli suv rezervuari);
- nasos va quvur tizimi;
- harorat va quyosh radiatsiyasini o'lchash sensorlari.

Eksperiment davomida quyidagi parametrlar o'Ichandi:

- quyosh radiatsiyasi intensivligi ( $W/m^2$ );
- kollektor kirish va chiqish harorati ( $^{\circ}C$ );
- issiqlik akkumulyatoridagi suv harorati ( $^{\circ}C$ );
- tizimning umumiy samaradorligi (%).

*1-jadval*

Eksperimental o'lchov natijalari				
Vaqt	Quyosh radiatsiyasi ( $W/m^2$ )	Kirish harorati ( $^{\circ}C$ )	Chiqish harorati ( $^{\circ}C$ )	Akkumulyator harorati ( $^{\circ}C$ )
09:00	420	27	35	31
11:00	610	29	44	37
13:00	790	31	57	46
15:00	720	33	54	49
17:00	510	34	48	47

O'lchov kun davomida har bir soatda qayd etildi. Eksperiment natijalariga ko'ra quyosh radiatsiyasi oshishi bilan kollektor chiqish harorati ham oshib borishi kuzatildi. Eng yuqori harorat soat 13:00 da  $57^{\circ}C$  ga yetgan. (1-jadval). Bundan tashqari o'z-o'zini boshqaruvchi gidravlik jarayonlar bilan kombinatsiyada ishlashi ko'rib chiqildi

*Tizim samaradorligini hisoblash:* Quyosh kollektorining foydali ish koeffitsienti quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\eta = \frac{m \cdot c \cdot (T_{chiqish} + T_{kirish})}{G \cdot A}$$

Bu yerda:  $\eta$  – kollektor samaradorligi,  $m$  – suv massasi (kg),  $c$  – suvning issiqlik sig'imi ( $4186 J/kg \cdot ^{\circ}C$ ),  $T_{chiqish}$  – chiqish harorati,  $T_{kirish}$  – kirish harorati,  $G$  – quyosh radiatsiyasi,  $A$  – kollektor yuzasi ( $m^2$ )

Hisoblash natijalariga ko'ra eksperimental tizimning o'rtacha samaradorligi 45–60 % oralig'ida ekanligi aniqlangan.

Olingan eksperiment natijalari quyidagi xulosalarni ko'rsatdi:

- quyosh radiatsiyasi oshishi bilan kollektor samaradorligi ortadi;
- issiqlik akkumulyatori tizim energiyasini saqlash imkonini beradi;
- akkumulyatsiya tizimi tufayli kechki vaqtlarda ham issiqlikdan foydalanish mumkin;
- energiya yo'qotilishlari kamayadi.

Issiqlik akkumulyatsiyasi tizimi qo'llanilganda energiya tejamkorligi 20–35 % gacha oshishi mumkinligi aniqlangan.

*O'z-o'zini boshqaruvchi issiqlik-gidravlik jarayonlar asosida quyosh issiqlik ta'minoti tizimlari samaradorligini oshirish.* Quyosh issiqlik ta'minoti tizimlarini (QITT) ularda o'z-o'zini boshqaruvchi issiqlik-gidravlik jarayonlar hamda ularning asosidagi o'z-o'zini boshqaruvchi qurilmalardan samarali foydalanish orqali takomillashtirish g'oyasi 1982-yilda taklif etilgan [21],

keyinchalik tadqiq qilingan [22] va namunaviy (14 ta loyiha) hamda eksperimental (20 ta loyiha) loyihalash amaliyotiga joriy etilgan [23–27]. Shuningdek, 1200 to‘plam loyihaviy hujjatlar qurilish uchun moslashtirilgan [23,27], va O‘zbekistonda amaliy joriy etish natijasida 20 ming m<sup>2</sup> dan ortiq ishlatilayotgan quyosh kollektorlarini qamrab olgan [27].

Ushbu yondashuv bugungi kunda ham o‘z dolzarbligini yo‘qotmagan bo‘lib, quyosh kollektorlar bozori turg‘unlashgan yangi sharoitlarda [2] yanada rivojlantirilishi lozim. Chunki quyosh issiqlik ta‘minoti tizimlarining fotoelektrik suv isitkichlariga nisbatan raqobatbardoshligini ta‘minlash uchun [3], ularda:

- soddalik,
- ishonchlilik,
- arzon texnik yechimlar

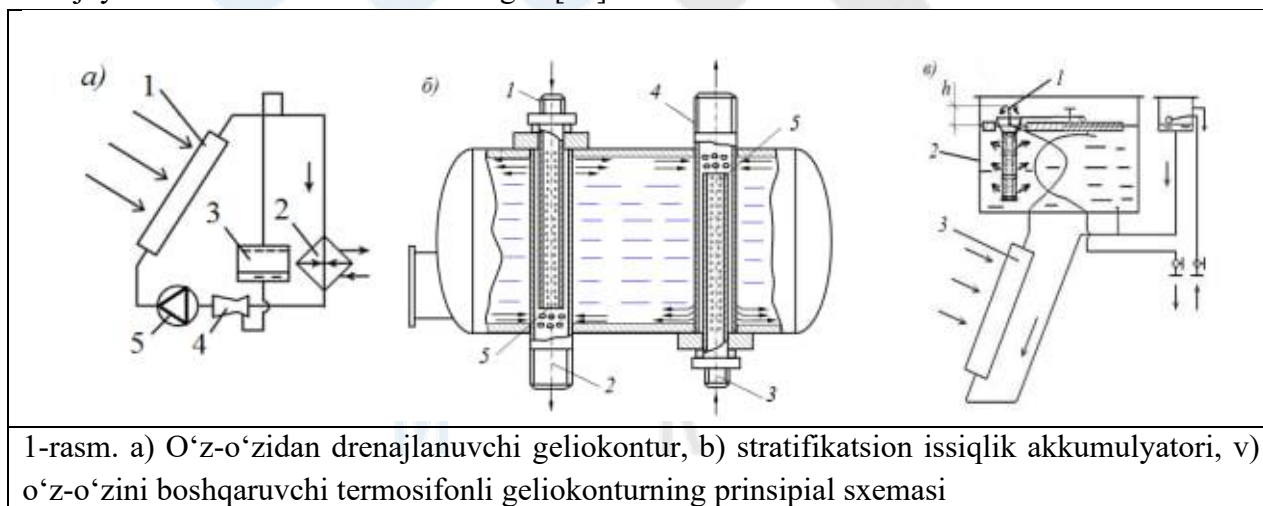
kabi xususiyatlar muhim ahamiyat kasb etadi.

Mazkur yondashuvning asosiy farqli jihati shundan iboratki [28], quyosh issiqlik ta‘minoti tizimlarini yaratish va loyihalash jarayonida eng oddiy o‘z-o‘zini boshqaruvchi aktiv elementlardan (O‘OBAE) foydalanish hisobga olinadi.

Bunday elementlar sifatida quyidagilar qo‘llaniladi:

- Venturi quvuri 4 (1-rasm, a),
- perforatsiyalangan quvurlar 1÷4 (1-rasm, b),
- oqizish patrubkasi 1 (1-rasm, v),
- kollektor ulanish elementlari va boshqalar.

Ushbu elementlar elektr zanjirlaridagi diodlar, triggerlar va boshqa aktiv elementlarga o‘xshash tarzda ishlaydi. Ularning ishlash analogiyasi avtonom quyoshli issiqlik va sovutish ta‘minotiga ega turar joy binolarida ham ko‘rsatib o‘tilgan [29].



O‘z-o‘zidan drenajlanuvchi geliokontur 1-a rasm tarkibida 1-quyosh kollektori, 2-issiqlik almashtirgich, 3-drenaj bakidan tashkil topgan bo‘lib aylanish quvurlari bilan ventur quvurining toraygan qismi 4 orqali bog‘langan. Nasos 5 o‘chirilganda quyosh kollektor drenajlanadi. Nasos yoqilganda esa, geliokonturdagi issiqlik tashuvchi suyuqlik aylanishi yuqori joylashgan kengaytirish baki bo‘lgan an’anaviy tizimlarga xos ortiqcha gidrostatik bosim sharoitida amalga oshadi.

O‘z-o‘zini boshqaruvchi stratifikatsion akkumulyator (1-rasm, b) [28] g‘oyasi akkumulyatorga zaryadlash va razryadlash konturlaridan kirib keluvchi isituvchi va isitiluvchi suyuqliklarning aralashib ketishini oldini olishga asoslangan. Bu jarayon suvning bak ichida tabiiy qatlamlanishi (stratifikatsiya) orqali, majburiy sirkulyatsiya sharoitida Arximed kuchlari ta‘sirida amalga oshadi. Buning uchun:

- 1 va 3 — isituvchi suyuqlikni kiritish quvurlari,
- 2 va 4 — isitilgan suyuqlikni chiqarish quvurlari ishlatiladi.

Ushbu quvurlardagi perforatsion teshiklar maydoni suyuqlikni mos harorat qatlamlaridan to‘g‘ri taqsimlash va olish shartlariga ko‘ra hisoblab chiqilgan.

O‘z-o‘zini boshqaruvchi termosifonli geliokontur (1-rasm, v) [28] ning asosiy xususiyati shundan iboratki, u quyosh kollektoridan chiqishda doimiy suv haroratini ta‘minlaydi.

Bu ochiq oqimli o‘z-o‘zini boshqaruvchi geliokontur bo‘lib, 2-akkumulyator bakida issiq suv kirish patrubkasi 1 suv sathidan kritik balandlik h ga yuqoriroqda joylashtirilgan.

Geliokonturning gidravlik qarshiligi h balandlikdagi gidrostatik ustun hisobiga oshirilgani sababli, quyosh nurlanishi mavjud bo‘lganda suv faqat QK 3 da kerakli haroratgacha qizigandan keyingina bakka kira oladi.

Chiqish patrubkasi 1 holatini yuqoriga yoki pastga siljitish orqali chiqish harorati boshqarilishi mumkin.

Ushbu patrubka bir vaqtning o‘zida havo-gidravlik zatvor vazifasini ham bajaradi va suvning teskari aylanishini oldini oladi, natijada issiqlik faqat bir yo‘nalishda uzatiladi.

Umuman olganda, ushbu uch tizimning birgalikda qo‘llanilishi quyosh issiqlik ta‘minoti tizimlarida: issiqlik yo‘qotishlarini kamaytiradi, tizimni avtomatlashtiradi, muzlash va ortiqcha bosim muammolarini bartaraf etadi va umumiy energiya samaradorligini sezilarli oshiradi.

Shu sababli o‘z-o‘zini boshqaruvchi gidravlik jarayonlarga asoslangan bunday yechimlar zamonaviy quyosh issiqlik tizimlarini rivojlantirishda istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

**Xulosa:** O‘tkazilgan tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalar chiqarish mumkin:

- Quyosh issiqlik ta‘minoti tizimlarida issiqlik akkumulyatsiyasidan foydalanish energiya samaradorligini oshirishning samarali usullaridan biridir. Eksperimental natijalarga ko‘ra tizim samaradorligi 45–60% ni tashkil etdi, akkumulyatsiya qo‘llanganda esa 20–35% gacha qo‘shimcha oshish kuzatildi.
- Hozirgi quyosh issiqlik tizimlarida hali ham sezilarli energiya yo‘qotishlari mavjud bo‘lib, ularni kamaytirish asosiy ilmiy vazifalardan biridir.
- Issiqlik akkumulyatsiyasi va o‘z-o‘zini boshqaruvchi gidravlik jarayonlarning integratsiyasi quyosh issiqlik tizimlarining samaradorligini oshirishda eng istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

#### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. W. Weiss, M. Spörk – Dür, “Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2017. Detailed Market Figures 2016. 2018 edition”, Available: [www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/SolarHeat-Worldwide-2018.pdf](http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/SolarHeat-Worldwide-2018.pdf).
2. S.E. Frid, N.V. Lisitskaya, “State-of-the-Art Solar Collectors: Typical Parameters and Trends”, *Applied Solar Energy*, vol.54, no.2, pp. 279-286, 2018

3. С.Е. Фрид и А.Б. Тарасенко, “Использование фотобатарей для горячего водоснабжения – опыт и перспективы”, *Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE)*, №16-18, стр.23-38, 2018.
4. G. Morris, “Heating water, not as simple as it used to be”, *Solar Progress*, no.2, pp.30–32, 2014.
5. J.A. Duffie and W.A. Beckman, *Solar energy thermal processes*. New York. London. Sydney. Toronto: John Wiley and Sons, 386 pp, 1974.
6. J.A. Duffie and W.A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, 910 pp, 2013.
7. Ю.К. Рашидов, “Повышение эффективности использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения путём минимизации температурных потерь при передаче тепла в их элементах”, *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018*, Севастополь: СевГУ, 2018, стр.998–1001.
8. Р.Р. Аvezов, Н.Р. Аvezова, Э.Ю. Рахимов и А.У. Вохидов, “Определение коэффициента конвективного теплообмена во внутренних каналах лучепоглощающих теплообменных панелей плоских солнечных водонагревательных коллекторов по результатам их краткосрочного теплового тестирования в натуральных условиях”, *Гелиотехника*, №3, стр.11-19, 2017.
9. В.А. Бутузов, “Обзор мирового рынка солнечных систем теплоснабжения”, *СОК*, №12, стр.72- 75, 2013.
10. И.С. Гнатюк и В.А. Бутузов, “Исследование, разработка и испытания солнечных коллекторов”, *Инновации в сельском хозяйстве*, №5 (20), стр.130-135, 2016.
11. Y.K. Rashidov and A.U. Vokhidov, “Improvement of the flow distribution uniformity over riser pipes of the beam-absorbing heat exchanger of a solar water heating plate-type collector with forced circulation”, *Applied Solar Energy*, vol.52, no.4, pp. 251-255, 2016.
12. V. Weitbrecht, D. Lehmann and A. Richter, “Flow Distribution in Solar Collectors with Laminar Flow Conditions”, *Solar Energy*, vol.73, pp.433, 2002.
13. С.И. Смирнов, Ю.А. Константиновский и А.С. Торшин, “Влияние неравномерности распределения потока жидкости в системах солнечных коллекторов на выработку тепла”, *Гелиотехника*, №1, стр.24-28, 1981.
14. R.V. Dunkle and E.T. Davey, “Flow Distribution in Absorber Banks”, *Paper presented at Melbourne International Solar Energy Society Conference*, 1970.
15. П.И. Быстров и В.С. Михайлов, *Гидродинамика коллекторных теплообменных аппаратов*. Москва: Энергоиздат, 224 стр, 1982
16. Ю.К. Рашидов, “Оценка эффективности систем солнечного горячего водоснабжения с однократным нагревом воды в плоских солнечных коллекторах”, *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность–2018*, Севастополь: СевГУ, стр.993–997, 2018.
17. “Расход теплоносителя в солнечном коллекторе”, *Internet: <http://solarsoul.net/rasxodteplonositylya-v-solnechnom-kollektore/>* [Янв. 4, 2019].
18. “Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения”, *Издание 06/2010. Internet: [www.viessmann.ua/content/.../pr\\_kniga-pro-solnce\\_06-2010.pdf](http://www.viessmann.ua/content/.../pr_kniga-pro-solnce_06-2010.pdf)* [Янв. 4, 2019].
19. Ю.К. Рашидов, “Альтернативный метод совершенствования систем солнечного теплоснабжения на основе синергетических процессов самоорганизации и

- саморегулирования”, *Альтернативная энергетика и экология, (ISJAEE), № 5 (37), стр.88-89, 2006.*
20. Yu.K. Rashidov, “Alternative method for calculating solar heat supply systems”, *Applied Solar Energy, vol.42, no.3, pp.52-54, 2006.*
21. Yu.K. Rashidov, “On the improvement of solar heating and cooling systems”, *Applied Solar Energy, vol.18, no.5, pp.85-89, 1983.*
22. Ю.К. Рашидов, “Саморегулирующиеся устройства для систем солнечного теплоснабжения,” диссертация кандидата технических наук, Зональный научно-исследовательский и проектный институт ТаиЗНИИЭП, Ташкент, 1986.
23. Yu.K. Rashidov, “Autonomous modular solar units for hot-water supply”, *Applied Solar Energy, vol.25, no.3, pp.73-75, 1989.*
24. Yu.K. Rashidov, “Seasonal systems of solar hot-water supply for individual residential homes”, *Applied Solar Energy, vol.25, no.6, pp. 63-64, 1989.*
25. Ю.К. Рашидов, “Автономные гелиоустановки горячего водоснабжения с солнечными коллекторами Братского завода”, *Гелиотехника, № 3, стр.63-66, 1990.*
26. Yu.K. Rashidov, “High productivity self-contained thermosiphon solar water heaters”, *Applied Solar Energy, vol.27, no.5, pp.58-60, 1991.*
27. R.A. Zaknidov, Yu.K. Rashidov, U.A. Tadzniev, “Design Practice and Utilization of Solar Heat Supply Systems in Uzbekistan”, *Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika), vol.30, no.5, pp.46 -51, 1994.*
28. Ю.К. Рашидов, “Саморегулирующиеся активные элементы для водяных систем солнечного теплоснабжения”, *Архитектура. Строительство. Дизайн, №4, стр.50-54, 2013.*
29. С.Танака и Р.Суда, *Жилые дома с автономным солнечным теплохладоснабжением. Москва: Стройиздат, 184 стр., 1989.*
30. Ю.К. Рашидов, “Термодинамические основы альтернативного метода совершенствования систем солнечного теплоснабжения на базе синергетических эффектов самоорганизации и саморегулирования”, *Архитектура. Строительство. Дизайн, №1, стр.101-105, 2006.*