QUYOSH QURILMALARI ASOSIDA QISHLOQ UYLARINING KOMBINATSIYALASHGAN ISSIQLIK TA'MINOTI TIZIMINI ISHLAB CHIQISH VA TADQIQOT QILISH

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ДОМОВ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A COMBINED HEATING SUPPLY SYSTEM FOR RURAL HOUSES BASED ON SOLAR DEVICES

Berkinov Elmurod Xoshimjonovich*, kafedra dotsenti,*
E-mail: elmurod_8883@umail.uz,
Sharipov Farhod Fazlitdinovich, *kafedra mudiri, dotsent,*
E-mail: f.sharipov2019@gmail.com,
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada qishloq uylarining issiqlik ta'minoti uchun quyosh energiyasi va an'anaviy yoqilg'i asosida ishlab chiqilgan kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimi (ITT)ning tuzilishi, ishlash prinsipi va samaradorligi tadqiq etildi. Tadqiqotda issiq suv ta'minoti va isitish tizimlarining o'zaro integratsiyasi ko'rib chiqildi. Kombinatsiyalashgan tizim quyosh kollektorlaridan olingan energiyani akkumulyatsiya qilish imkoniyatiga ega bo'lib, issiqlik yuklamasini qoplash darajasini oshiradi. Tajriba tadqiqotlari 2020 yil mart – 2021 yil fevral oylarida Pop tumani iqlim sharoitida olib borildi. Olingan natijalarga ko'ra, quyosh kollektorlarining qoplash koeffitsiyenti 0,15–1,4 oralig'ida qayd etildi. Isitish mavsumida tashqi havo -6…17 °C bo'lganda ichki harorat 18–24 °C oralig'ida ushlab turildi. Shu bilan birga, uyning issiq suv va isitish ehtiyojlarining muhim qismi quyosh energiyasi yordamida ta'minlandi. An'anaviy yoqilg'i sarfi 33–70% gacha, elektr energiyasi sarfi esa 66–86% gacha tejab qolindi. Natijada, qishloq uylarida energiya mustaqilligini oshirish va resurslardan samarali foydalanish imkoniyati yaratildi.*

Аннотация. *В данной статье исследованы структура, принцип работы и эффективность комбинированной системы теплоснабжения (КСТ), разработанной для сельских домов на основе солнечной энергии и традиционного топлива. В исследовании рассмотрена интеграция систем горячего водоснабжения и отопления. Комбинированная система позволяет аккумулировать энергию, полученную от солнечных коллекторов, что повышает степень покрытия тепловой нагрузки. Экспериментальные исследования проводились в климатических условиях Попского района в период с марта 2020 года по февраль 2021 года. Согласно полученным результатам, коэффициент покрытия солнечных коллекторов составил 0,15–1,4. В отопительный сезон при наружной температуре воздуха от -6 до +17 °C внутренняя температура поддерживалась в пределах 18–24 °C. При этом значительная часть потребностей в горячей воде и отоплении обеспечивалась за счет солнечной энергии. Расход традиционного топлива был снижен на 33–70%, а расход электроэнергии – на 66–86%. В результате была создана возможность повышения энергетической независимости сельских домов и эффективного использования ресурсов.*

Abstract. *This article investigates the structure, operating principle, and efficiency of a combined heating supply system (CHS) developed for rural houses based on solar energy and conventional fuel. The study considered the integration of domestic hot water supply and heating systems. The combined system allows the accumulation of energy obtained from solar collectors, thereby increasing the degree of heat load coverage. Experimental research was conducted under the climatic conditions of Pop district from March 2020 to February 2021. According to the results, the coverage coefficient of solar collectors ranged from 0.15 to 1.4. During the heating*

season, when the outdoor air temperature ranged from -6 to +17 °C, the indoor temperature was maintained within 18–24 °C. A significant part of domestic hot water and heating demands was met by solar energy. The consumption of conventional fuel was reduced by 33–70%, while electricity consumption was decreased by 66–86%. As a result, the possibility of increasing the energy independence of rural houses and efficient resource utilization was achieved.

Kalit so‘zlar: *quyosh kollektor, issiqlik ta’minoti tizimi, issiq suv ta’minoti, energiya samaradorligi, tajribaviy tadqiqot, energiya tejash.*

Ключевые слова: *солнечный коллектор, система теплоснабжения, горячее водоснабжение, энергетическая эффективность, экспериментальное исследование, энергосбережение.*

Keywords: *solar collector, heating supply system, hot water supply, energy efficiency, experimental research, energy saving.*

Kirish. So‘nggi yillarda dunyo miqyosida energiya resurslarini tejash, muqobil manbalardan foydalanish va atrof-muhitni muhofaza qilish masalalari dolzarb muammolardan biriga aylandi. Aholi sonining ortishi, uy-joy fondining kengayishi va turmush darajasining oshishi bilan bir qatorda, issiqlik energiyasiga bo‘lgan talab ham sezilarli darajada ko‘paymoqda. An’anaviy energiya resurslari – tabiiy gaz, ko‘mir, mazut kabi yoqilg‘ilar esa zaxiralari cheklanganligi va ularning narxi yil sayin oshib borishi sababli, uzoq muddatli istiqbolda barqaror energiya ta’minotini kafolatlab bera olmaydi.

Qishloq hududlarida yashash uylari uchun issiqlik energiyasi asosan an’anaviy yoqilg‘i asosida ta’minlanadi. Bu esa nafaqat iqtisodiy jihatdan qimmatga tushadi, balki ekologik muammolarga ham olib keladi. Shu sababli quyosh energiyasi kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalarini issiqlik ta’minoti tizimlariga qo‘shish orqali energiya samaradorligini oshirish, yoqilg‘i sarfini kamaytirish va issiq suv ta’minoti sifatini yaxshilash bugungi kunning ustuvor yo‘nalishlaridan hisoblanadi [1-3].

Quyosh energiyasi yurtimiz iqlim sharoitida eng istiqbolli qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biridir. Ayniqsa, O‘zbekistonning janubiy viloyatlarida yil davomida quyosh radiatsiyasi yuqori bo‘lgani uchun uni turar-joy binolari va qishloq uylari issiqlik ta’minotida qo‘llash katta imkoniyatlarni taqdim etadi. Shu bilan birga, faqatgina quyosh energiyasiga tayanish hamma vaqt ham ishonchli emas, chunki mavsumiy o‘zgarishlar, ob-havo sharoitlari va radiatsiya intensivligining pasayishi energiya uzluksizligini ta’minlashga to‘sqinlik qilishi mumkin.

Shu bois, ushbu tadqiqotda qishloq uylarida issiq suv va isitish ehtiyojlarini qoplash uchun quyosh kollektorlariga asoslangan, ammo qo‘shimcha ravishda an’anaviy suv qizdirish qozoni va elektr suv qizdirgich bilan birgalikda ishlovchi kombinatsiyalashgan issiqlik ta’minoti tizimi ishlab chiqildi. Taklif etilgan tizim bir tomondan qayta tiklanuvchi energiya imkoniyatlarini kengaytirsa, ikkinchi tomondan esa an’anaviy uskunalar yordamida energiya ta’minotining uzluksizligini kafolatlaydi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi – kombinatsiyalashgan issiqlik ta’minoti tizimining samaradorligini baholash, quyosh kollektorlarining qoplash koeffitsiyentini aniqlash, tajribaviy natijalar asosida uyning issiq suv va isitish ehtiyojlarini qay darajada qoplashini ko‘rsatib berish va energiya tejamkorligini asoslab berishdan iboratdir.

Materiallar va metodlar. Qishloq uylarining issiqlik ta’minoti uchun ishlab chiqilgan kombinatsiyalashgan issiqlik ta’minoti tizimi (ITT) bir nechta funksional bloklardan tashkil topgan bo‘lib, ular o‘zaro integratsiya qilingan holda ishlaydi. Tizimning asosiy elementlari quyidagilardan iborat [4-6]:

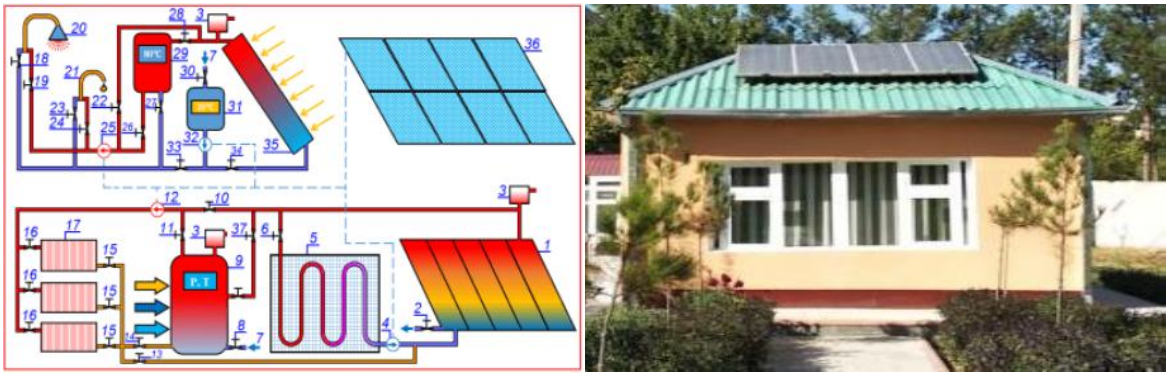
- Quyosh kollektorlari. Foydali yuzasi 1,5 m² va 3,5 m² bo‘lgan vakuum va plastinkali turdagi kollektorlar qo‘llanildi. Ular quyosh radiatsiyasini to‘plab, issiqlik energiyasiga aylantirish vazifasini bajaradi. Kollektorlarning joylashuvi va burchagi Qarshi shahrining geografik kengligi va iqlim sharoitlariga mos holda tanlandi.

- Kengaytiruvchi bak, sirkulyatsion nasos va ventillar. Suvning barqaror aylanishi, bosimni muvozanatlash va tizimda xavfsizlikni ta’minlash uchun mo‘ljallangan.
- Suvli issiq pol tizimi va isitish batareyalari. Uy ichidagi issiqlik taqsimotini samarali tashkil etish, xonalar ichki haroratini bir xil ushlab turish va issiqlik qulayligini oshirish maqsadida qo‘llanildi.
- An’anaviy suv qizdirish qozoni va elektr suv qizdirgich. Quyosh radiatsiyasi yetarli bo‘lmagan paytlarda tizimni uzluksiz ishlashini ta’minlash uchun zaxira manba sifatida ishlatiladi.
- Akkumulyator bak. Ortiqcha issiqlik energiyasini jamlab, quyosh radiatsiyasi kam bo‘lgan davrlarda uni qayta ishlatish imkonini beradi.

Tizimning prinsipial sxemalari 1–2-rasmlarda keltirilgan bo‘lib, ular ikkita asosiy qismni o‘z ichiga oladi:

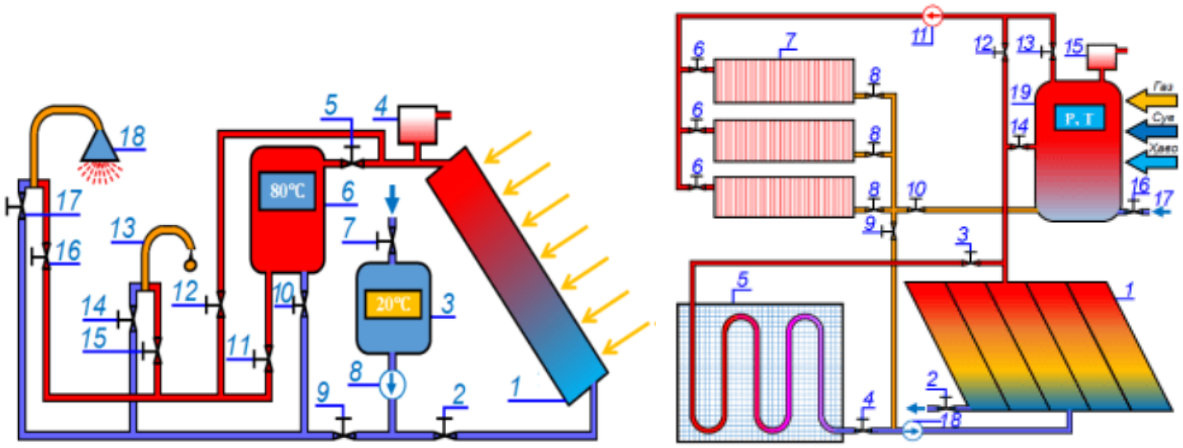
1. Issiq suv ta’minoti tizimi (IST);
2. Isitish tizimi.

Bunday tuzilma issiqlik energiyasidan yil davomida uzluksiz va samarali foydalanish imkoniyatini beradi (1- va 2-rasmlar).



1-rasm. Kombinatsiyalashgan issiqlik ta’minoti tizimining prinsipial sxemasi (a) va umumiy ko‘rinishi (b)

1-rasmda: 1, 35-quyosh kollektorlari; 2, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 33, 34-ventillar; 3-kengaytiruvchi bak; 4, 12, 25, 32-sirkulyatsion nasoslar; 5-suvli issiq pol tizimi; 7-qo‘shimcha suv; 9-suv qizdirish qozoni; 17-isitish batareyalari; 20, 21-suv sarflash jo‘mragi; 29-elektr suv qizdirgich; 31-sovuq suv idishi, 36-FEP.



2-rasm. Kombinatsiyalashgan IST (a) va isitish tizimlarining (b) prinsipial sxemalari

2-rasmda: a) 1-quyosh kollektori; 2, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17-ventillar; 3-sovuq suv idishi; 4-kengaytiruvchi bak; 6-elektr suv qizdirgich; 8-nasos; 13, 18-suv sarflash jo‘mragi; b) 1-quyosh kollektori; 2, 3,4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16-ventillar; 11, 18-sirkulyatsion nasoslar; 5-suvli issiq pol tizimi; 7-isitish batareyalari; 15-kengaytiruvchi bak; 17-qo‘shimcha suv; 19-suv qizdirish qozoni.

Tadqiqot ishlari Pop shahri iqlim sharoitida olib borildi. Mazkur hududda quyosh radiatsiyasi yuqori bo‘lib, yiliga o‘rtacha 2800–3000 soat quyoshli kunlar kuzatiladi. Shuning uchun tajribaviy sinovlar uchun aynan shu hudud tanlab olindi.

Tadqiqot davri.

- Issiq suv ta’minoti tizimi bo‘yicha tajribalar: 2020 yil mart – 2021 yil fevral;
- Isitish tizimi bo‘yicha tajribalar: 2020 yil 15 oktabr – 2021 yil 15 mart.

Tajriba o‘tkazish usuli.

Sinovlar oylik kesimda va har oyning xarakterli kunlari uchun qayd etildi. Har bir davrda quyosh radiatsiyasi intensivligi, tashqi va ichki havo harorati, issiqlik yuklamasi, kollektorlarning foydali energiya chiqishi hamda akkumulyatsiyalangan energiya miqdori o‘lchandi.

O‘lchash parametrlari.

- Quyosh radiatsiyasi – piranometr yordamida;
- Tashqi va ichki havo harorati – termojuftlar orqali;
- Issiqlik yuklamasi – issiqlik balans usuli asosida;
- Kollektor samaradorligi – foydali energiya chiqishi va kiruvchi radiatsiya nisbati orqali;
- Akkumulyatsiyalangan energiya – akkumulyator bakida suv harorati va hajmi asosida aniqlangan.

Tizimning samaradorligini baholash uchun energiya balans tenglamalari va quyosh kollektorlarining qoplash koeffitsiyenti quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$K_q = \frac{Q_{kol}}{Q_{yuk}}$$

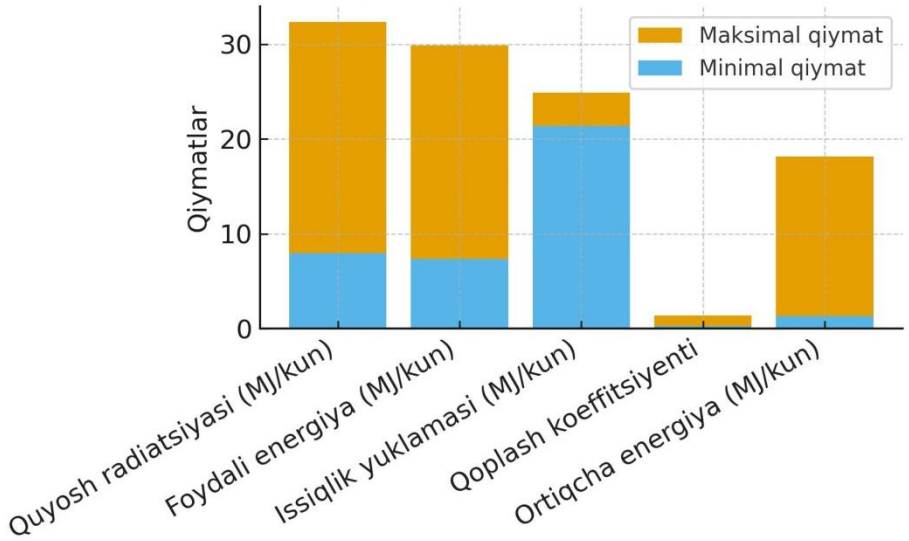
bu yerda: K_q – qoplash koeffitsiyenti; Q_{kol} – kollektor yordamida olingan foydali energiya (MJ/kun); Q_{yuk} – umumiy issiqlik yuklamasi (MJ/kun).

Shu tarzda olingan natijalar tizimning issiqlik samaradorligini aniqlash va an’anaviy energiya sarfini kamaytirish imkoniyatlarini baholash uchun asos bo‘ldi.

Natijalar. Issiq suv ta’minoti tizimi natijalari. Pop shahri iqlim sharoitida o‘tkazilgan tajribalar davomida quyosh radiatsiyasi miqdori kun davomida 7,96 dan 32,36 MJ/kun oralig‘ida qayd etildi. Ushbu sharoitda 1,5 m² foydali yuzaga ega bo‘lgan quyosh kollektoridan foydalanilganda, 7,34–29,86 MJ/kun miqdorida issiqlik energiyasi ishlab chiqildi. Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, quyosh kollektorining samaradorligi to‘g‘ridan-to‘g‘ri kunlik quyosh radiatsiyasi intensivligiga bog‘liqdir.

Hisob-kitoblarga ko‘ra, yoz faslida bir kunlik issiqlik yuklamasi o‘rtacha 21,38 MJ/kun, qish mavsumida esa 24,88 MJ/kunni tashkil etdi. Shunga muvofiq, qoplash koeffitsiyenti (ya’ni, issiq suvga bo‘lgan talabning quyosh energiyasi hisobidan qoplangan ulushi) 0,29 dan 1,4 gacha bo‘ldi. Bu esa ayrim kunlarda issiq suvga bo‘lgan talabning to‘liq qoplanishini, ba’zi hollarda esa ortiqcha issiqlik hosil bo‘lishini ko‘rsatadi.

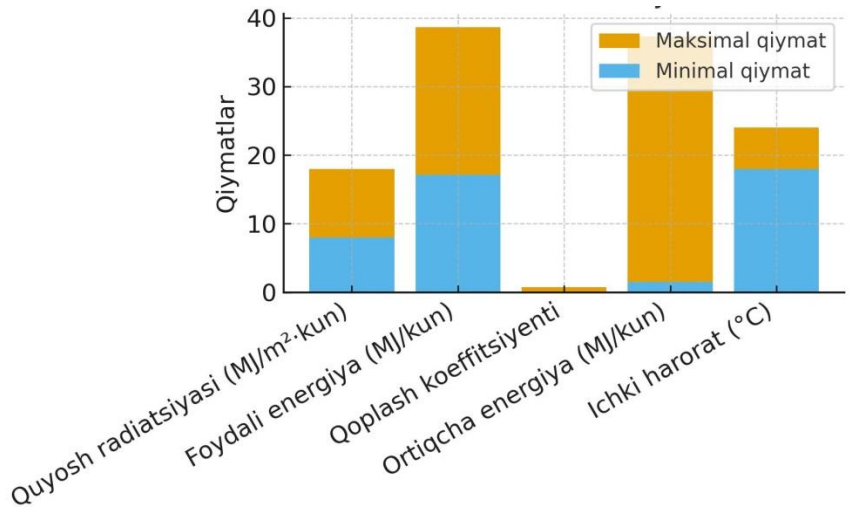
Tajriba natijalariga ko‘ra, ishlab chiqarilgan ortiqcha energiya 1,33–18,17 MJ/kun miqdorida qayd etildi va u maxsus akkumulyator bakida saqlab borildi. Ushbu jamg‘arilgan issiqlik keyingi kunlarda, ayniqsa quyosh radiatsiyasi yetarli bo‘lmagan davrlarda, qo‘shimcha manba sifatida ishlatildi. Natijada, issiq suv ta’minoti tizimining barqarorligi oshdi va umumiy samaradorlik yuqori darajaga chiqdi (3-rasm).



3-rasm. Issiq suv ta’minoti tizimi natijalari

Isitish tizimi natijalari. Isitish mavsumida qayd etilgan quyosh radiatsiyasi 7,96–17,96 MJ/m²•kun ni tashkil etdi. Bu davrda 3,5 m² kollektor yordamida 17,13–38,67 MJ/kun miqdorida foydali issiqlik energiyasi olindi. Shuningdek, kun davomida ortiqcha hosil bo‘lgan energiya 1,53–37,27 MJ/kun miqdorida akkumulyatsiya qilinib, keyingi kunlarda samarali foydalanildi.

Eng muhim ko‘rsatkichlardan biri – tashqi havo haroratining –6…+17 °C oralig‘ida bo‘lishiga qaramasdan, ichki xonalar haroratini 18–24 °C darajada ushlab turish imkoniyati yaratildi. Bu esa kombinatsiyalashgan tizimning qish sharoitida ham barqaror ishlashini va issiqlik ta’minoti talablarini qisman yoki to‘liq qoplab bera olishini ko‘rsatadi. Qoplash koeffitsiyenti 0,15–0,76 oralig‘ida qayd etildi. Demak, isitish yuklamasining muayyan qismi (15–76%) tabiiy ravishda quyosh energiyasi hisobidan ta’minlandi (4-rasm).



4-rasm. Isitish tizimi natijalari

Energiya tejalishi. Tajriba natijalari asosida aniqlanishicha, quyosh kollektorlaridan foydalanish orqali isitish mavsumida issiqlik yuklamasining 20–50% gacha bo‘lgan qismi qayta tiklanuvchi energiya hisobidan qoplandi. Bu esa iqtisodiy va ekologik jihatdan sezilarli natijalarga olib keldi. Jumladan:

- an’anaviy qozonlar uchun yoqilg‘i sarfi 33–70% gacha kamaydi,
- elektr qizdirgichlar uchun sarflanadigan elektr energiyasi esa 66–86% gacha qisqardi.

Mazkur natijalar qishloq uy xo‘jaliklarida quyosh energiyasidan foydalanish issiq suv va isitish ehtiyojlarini samarali qoplashini, shu bilan birga, yoqilg‘i va elektr energiyasi sarfini sezilarli darajada kamaytirishini isbotlab berdi. Bundan tashqari, tizimning ekologik afzalliklari ham mavjud: zararli gaz chiqindilarining kamayishi hamda mahalliy aholining energiya mustaqilligini oshirish imkoniyati yaratildi.

Muhokama. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatadiki, quyosh kollektorlariga asoslangan kombinatsiyalashgan issiqlik ta’minoti tizimi (ITT) qishloq uylarida issiq suv va isitish ehtiyojlarini samarali tarzda ta’minlay oladi. Ayniqsa, Pop tumani kabi quyosh radiatsiyasi yuqori bo‘lgan hududlarda bunday tizimdan foydalanish katta amaliy ahamiyat kasb etadi.

*1. Issiq suv ta’minoti samaradorligi***.** Tajribalarda aniqlanganidek, issiq suv ta’minoti tizimida qoplash koeffitsiyenti ayrim kunlarda 1,0 dan yuqori bo‘ldi, ya’ni ortiqcha energiya ishlab chiqildi. Bu esa ikki muhim xulosaga olib keladi:

- Birinchidan, issiq suvga bo‘lgan talabning mavsumiy tebranishlariga qaramasdan, tizimning barqaror ishlashi ta’minlanadi.
- Ikkinchidan, ortiqcha energiyani akkumulyatsiya qilish orqali, kelajakda energiya uzluksizligini yanada yaxshilash mumkin. Bu mexanizm ayniqsa qish faslida, radiatsiya pasaygan davrlarda samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi.

2. Isitish tizimi imkoniyatlari. Isitish mavsumida tajriba natijalari qoplash koeffitsiyenti 0,15–0,76 oralig‘ida bo‘lganini ko‘rsatdi. Bu shuni anglatadiki, issiqlik yuklamasining to‘liq qoplanishi mumkin bo‘lmagan hollarda ham, tizim an’anaviy manbalarga tushadigan yuklamani sezilarli darajada kamaytiradi. Ayniqsa, tashqi havo –6 °C gacha pasayganida ham ichki harorat 18–24 °C oralig‘ida barqaror ushlab turilishi tizimning amaliyotda foydaliligini tasdiqlaydi.

3. Energiya va iqtisodiy samaradorlik. Aniqlanishicha, quyosh kollektorlaridan foydalanish natijasida yoqilg‘i sarfi 33–70% gacha, elektr energiyasi sarfi esa 66–86% gacha kamaydi. Bu ko‘rsatkichlar nafaqat iqtisodiy foydani, balki energiya tejamkorlik siyosatini amalga oshirishdagi katta imkoniyatlarni ham namoyish etadi. Qishloq joylarida aholining asosiy xarajatlari qozon yoqilg‘isi va elektr energiyasiga to‘g‘ri kelishini inobatga olsak, ushbu tizimning iqtisodiy samarasi yaqqol seziladi.

4. Ekologik afzalliklar. Quyosh energiyasidan foydalanish natijasida atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar, jumladan, CO_2 va boshqa issiqxona gazlari miqdori kamayadi. Bu esa ekologik muhitni yaxshilash va iqlim o‘zgarishi jarayonini sekinlashtirishda muhim omil hisoblanadi. Shu bilan birga, mahalliy aholining energiya mustaqilligi oshib, tashqi energiya manbalariga qaramlik darajasi kamayadi.

5. Amaliy qo‘llash imkoniyatlari va cheklovlar. Tizimning samarali ishlashi uchun bir nechta shartlar bajarilishi kerak:

- kollektorlarning geografik joylashuvi va burchagi hududning iqlim xususiyatlariga moslashtirilishi,
- akkumulyatsiya bakining hajmi issiq suv va isitish talabiga mutanosib bo‘lishi,
- qo‘shimcha energiya manbalari (qozon, elektr qizdirgich) bilan integratsiya qilingan holda ishlashi.

Shu bilan birga, tizimning ayrim cheklovlari ham mavjud. Masalan, quyosh radiatsiyasi yetarli bo‘lmagan uzoq muddatli ob-havo sharoitida tizim mustaqil ishlay olmaydi. Bunday vaziyatlarda an’anaviy manbalar baribir zaxira sifatida talab etiladi. Shuningdek, dastlabki investitsion xarajatlarning nisbatan yuqoriligi ham tizimni joriy etishda muayyan to‘siq bo‘lishi mumkin.

6. Ilmiy va amaliy ahamiyat. Mazkur tadqiqot natijalari shuni tasdiqladiki, qishloq uylari uchun kombinatsiyalashgan ITT – bu iqtisodiy, energiya va ekologik samaradorlikni birlashtirgan innovatsion yechimdir. Tizimni keng ko‘lamda joriy etish orqali respublikamizda energiya mustaqilligini oshirish, qayta tiklanuvchi energiya ulushini ko‘paytirish va resurslardan oqilona foydalanish imkoniyati yaratiladi.

Xulosa. Olib borilgan tajriba va tahlillar shuni ko‘rsatadiki, quyosh kollektorlariga asoslangan kombinatsiyalashgan issiqlik ta’minoti tizimi (ITT) qishloq uylari uchun issiq suv va isitish ehtiyojlarini samarali qoplash imkoniyatiga ega. Natijalar quyidagi asosiy xulosalarga olib keldi:

1. Issiq suv ta’minoti samaradorligi yuqori bo‘lib, ayrim kunlarda qoplash koeffitsiyenti 1,0 dan ortiq qayd etildi. Bu esa issiq suv ehtiyojining to‘liq va ba’zan ortiqcha qoplanishini ko‘rsatdi.
2. Isitish tizimi samaradorligi tashqi harorat –6 °C gacha pasaygan sharoitda ham ichki xonalarni 18–24 °C oralig‘ida barqaror ushlab turdi. Qoplash koeffitsiyenti 0,15–0,76 gacha bo‘ldi.
3. Energiya tejamkorligi yuqori bo‘lib, yoqilg‘i sarfi 33–70% gacha, elektr energiyasi sarfi esa 66–86% gacha kamaydi.
4. Ekologik samaradorlik jihatidan tizim zararli gaz chiqindilarini kamaytirib, hududiy ekologik muhitni yaxshilashga hissa qo‘shadi.
5. Amaliy ahamiyat shundaki, tizimni keng joriy etish qishloq joylarda energiya mustaqilligini oshirish, qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanish ulushini ko‘paytirish va iqtisodiy samaradorlikni ta’minlash imkonini beradi.

Shu asosda aytish mumkinki, kombinatsiyalashgan ITT nafaqat energiya samaradorligini oshirish, balki ekologik barqarorlik va resurslardan oqilona foydalanish bo‘yicha ham istiqbolli yechimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rahimov A.A. Quyosh energiyasi asosida issiqlik ta’minoti tizimlarini rivojlantirish istiqbollari. – Toshkent: Fan, 2021.
2. Мамутов А.К., Юлдашев Р.М. Электрические линии передачи и теплоснабжение сельских домов. – Ташкент: ТИТ, 2020.
3. G‘aniev Sh., Karimov B. Energiya samaradorligini oshirishning zamonaviy texnologiyalari. // Energetika jurnali, №2, 2022.
4. Гусев В.В. Системы теплоснабжения: теория и практика. - Москва: Энергоатомиздат, 2019.
5. International Energy Agency (IEA). Renewable Energy for Heating and Cooling: Technology Roadmap. – Paris, 2020.
6. Kalogirou S. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. – Academic Press, 2018.