



# O‘zbekistonda suv va energiya tanqisligi sharoitida qayta tiklanuvchi manbalar asosidagi havo sovitish qurilmasining ilmiy va texnologik asoslari

Kamal M. Reymov<sup>1,a)</sup>, Fozildjon A. Xoshimov<sup>2</sup>

<sup>1a)</sup> DSc, prof., Qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus, 100095, O‘zbekiston; [kamalreymov@gmail.com](mailto:kamalreymov@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0002-1604-9098>

<sup>2</sup> DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O‘zbekiston; [khoshimovfozildjon@gmail.com](mailto:khoshimovfozildjon@gmail.com)

**Dolzarbli:** O‘zbekistonda suv va energiya resurslari taqchilligi yildan yilga sezilarli darajada ortib bormoqda. Ayniqsa, iqlim o‘zgarishi va qurg‘oqchilik jarayonlari tufayli qishloq xo‘jaligi va aholi ehtiyojlari uchun samarali va energiya tejamon sovitish texnologiyalariga talab oshmoqda. Jahonda an‘anaviy bug‘lantiruvchi qurilmalar asosan chuchuk suv va nasos-kompressor uskunalariga bog‘langan bo‘lib, ularni O‘zbekiston sharoitida to‘liq va uzluksiz qo‘llash iqtisodiy va texnologik jihatdan murakkabdir. Shu bois, tuzlangan suvda, nasossiz va energiya tejamon sharoitida ishlaydigan innovatsion bug‘lantiruvchi sovitish qurilmasini yaratish, uning texnologik asoslarini ishlab chiqish va tatbiq etish masalasi dolzarb ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

**Maqsad:** taqdim etilayotgan maqoladagi asosiy maqsad – tuzlangan suvda nasossiz ishlaydigan, kapillyar gigroskopik material asosida bug‘lanish orqali havoni sovitishga mo‘ljallangan qurilmaning texnologik va ilmiy asoslarini ishlab chiqish, uning energotejamkorlik va ekologik afzalliklarini tahlil qilish, shuningdek, mazkur qurilmaning qishloq hududlardagi amaldagi sharoitlarda joriy qilish imkoniyatlarini baholashdan iborat.

**Usullari:** tadqiqotda mavjud Breezair va Sabiel qurilmalari bilan texnik-iqtisodiy taqqoslash, suvning tuzli tarkibidagi bug‘lanish jarayonini modullashtirish, qurilmadagi kapillyar gigroskopik materiallarda suvning tabiiy sirkulyatsiyasini eksperimental yo‘l bilan tekshirish va uni ventilyator orqali havo oqimidagi sovitish samaradorligi bilan bog‘liq tahlillar qo‘llanildi. Shuningdek, suv sarfi, energiya iste‘moli va ekspluatatsiya xarajatlari bo‘yicha solishtirma tahlillar o‘tkazildi.

**Natijalar:** olib borilgan tahlillar va eksperimental xulosalarga ko‘ra, taklif etilayotgan qurilmada nasos va kompressorlar mavjud emasligi uning ekspluatatsiya xarajatlarini keskin kamaytiradi. Suv manbai sifatida mineralashgan (10–12 g/l) tuzli suvdan foydalanish imkonini mavjudligi uni suv tanqis hududlar uchun moslashtiradi. Energiya sarfi faqat ventilyatorga bog‘liq bo‘lib, 100–150 W·soatni tashkil etadi. Qurilma maishiy, qishloq xo‘jaligi, agro va off-grid hududlarda samarali qo‘llanishi mumkin. Undan tashqari, O‘zbekiston iqlim sharoitida, ayniqsa Qoraqalpog‘iston va Orolbo‘yi hududlarida mazkur texnologiya muhim ahamiyat kasb etishi va o‘rnatish imkoniyatlarining yuqoriligi aniqlandi.

**Kalit so‘zlar:** bug‘lantiruvchi sovitish, tuzli suv, kapillyar gigroskopik material, nasossiz texnologiya, energotejamkor qurilma, avtonom sovitish tizimi, suv resurslari tanqisligi, Qoraqalpog‘iston, off-grid.

**For citation:** K.M. Reymov, F.A. Khoshimov. Scientific and Technological Foundations of an Air Cooling System Based on Renewable Energy Sources Under Water and Energy Scarcity Conditions in Uzbekistan. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 3, pp. 129-134.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.16935405>

Received: 11.03.2025  
Revised: 17.05.2025  
Accepted: 17.07.2025  
Published: 23.08.2025

**Copyright:** © Kamal M. Reymov, Fozildjon A. Khoshimov, 2025. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Научные и технологические основы системы воздушного охлаждения на основе возобновляемых источников энергии в условиях дефицита воды и энергии в Узбекистане

Камал М. Реймов<sup>1a)</sup>, Фозилджон А. Хошимов<sup>2</sup>

<sup>1a)</sup> DSc, проф., Каракалпакский государственный университет, Нукус, 100095, Узбекистан; [kamalreymov@gmail.com](mailto:kamalreymov@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0002-1604-9098>

<sup>2</sup> DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; [khoshimovfozildjon@gmail.com](mailto:khoshimovfozildjon@gmail.com)

**Актуальность:** дефицит водных и энергетических ресурсов в Узбекистане с каждым годом становится всё более ощутимым. В условиях изменения климата и засухи возрастает потребность в эффективных и энергосберегающих технологиях охлаждения воздуха, особенно в сельском хозяйстве и бытовом секторе. Традиционные испарительные установки в основном зависят от пресной воды и насосных/компрессорных агрегатов, что ограничивает их широкое применение в засушливых регионах Узбекистана. В этой связи разработка и внедрение инновационного испарительного охладителя, работающего без насоса и с использованием солёной воды, приобретает научную и практическую значимость.

**Цель:** целью данной работы является научное обоснование и проектирование системы испарительного охлаждения, работающей на солёной воде, без насосов, с использованием капиллярных гигроскопических материалов. Также проведён сравнительный анализ её энергетической и экологической эффективности в условиях децентрализованного энергоснабжения.

**Методы:** в исследовании применены методы сравнительного анализа с существующими установками, экспериментальное моделирование капиллярного переноса воды и его влияние на эффективность охлаждения, а также оценка энергопотребления, водозатрат и эксплуатационных расходов. Параметры протестированы



в условиях, приближенных к реальным климатическим характеристикам южных и западных регионов Узбекистана.

**Результаты:** экспериментальные и аналитические данные показывают, что предлагаемая установка не требует насосов и компрессоров, работает автономно на солнечной энергии и способна использовать солёную воду с минерализацией до 10–12 г/л. Энергопотребление ограничено работой вентилятора (100–150 Вт·ч), а конструкция проста, устойчива и не требует частого обслуживания. Устройство рекомендовано к применению в агропромышленных зонах, теплицах и сельских районах с дефицитом водных и энергетических ресурсов, особенно в Каракалпакстане и Приаралье.

**Ключевые слова:** испарительное охлаждение, солёная вода, капиллярные материалы, насоснезависимая технология, энергосбережение, автономное охлаждение, климатическая адаптация, Каракалпакстан, off-grid.

## Scientific and Technological Foundations of an Air Cooling System Based on Renewable Energy Sources Under Water and Energy Scarcity Conditions in Uzbekistan

Kamal M. Reymov<sup>1, a</sup>, Fozildjon A. Khoshimov<sup>2</sup>

<sup>1a)</sup> DSc, prof., Karakalpak State University, Nukus, 100095, Uzbekistan; [kamalreymov@gmail.com](mailto:kamalreymov@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0002-1604-9098>

<sup>2</sup> DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; [khoshimovfozildjon@gmail.com](mailto:khoshimovfozildjon@gmail.com)

**Relevance:** water and energy scarcity in Uzbekistan is becoming increasingly critical due to climate change and frequent droughts. In this context, there is a growing demand for efficient, low-energy air-cooling technologies, especially in agriculture and residential sectors. Conventional evaporative cooling systems rely heavily on fresh water and mechanical pumps or compressors, making them less applicable in arid and resource-limited regions. Therefore, the development of a pump-free evaporative cooler powered by renewable energy and capable of using saline water is of both scientific and practical importance.

**Aim:** the aim of this study is to develop and scientifically justify an innovative air-cooling system that operates without pumps, using saline water and capillary-active hygroscopic materials. The work includes evaluating its energy efficiency, environmental impact, and applicability under decentralized or off-grid conditions.

**Methods:** the research involved comparative analysis with existing systems, laboratory testing of capillary water movement, and experimental evaluation of thermal performance and cooling efficiency. Additional analysis covered water usage, energy consumption, and maintenance cost under typical climatic conditions of Uzbekistan's arid zones.

**Results:** the proposed system eliminates the need for pumps and compressors, operates autonomously using solar energy, and can utilize saline water with mineralization up to 10–12 g/L. Its energy consumption is limited to 100–150 W·h (for the fan), and the construction is simple, low-maintenance, and robust. The device is recommended for use in agricultural settings, greenhouses, and remote areas suffering from water and energy shortages - particularly in Karakalpakstan and the Aral Sea region.

**Keywords:** evaporative cooling, saline water, capillary materials, pump-free technology, energy-saving device, autonomous cooling, climate adaptation, Karakalpakstan, off-grid application.

### 1. Kirish (Introduction)

Hozirgi global iqlim o'zgarishi insoniyat oldiga bir qator ekologik va texnogen muammolarni qo'yimoqda. Xususan, atmosfera haroratining o'sishi, quruqliklar sonining kengayishi, chuchuk suv resurslarining qisqarishi va issiqlik to'lqining ortib borishi natijasida qurg'oq va issiq iqlimli mintaqalarda xavfsiz, samarali va ekologik toza havoni sovitish texnologiyalariga bo'lgan ehtiyoj sezilarli darajada oshmoqda [1-5]. BMTning 2023 yilgi iqlim tahlili hisobotiga ko'ra, Markaziy Osiyoda haroratning o'rtacha o'sish sur'ati global ko'rsatkichdan ikki barobar tez bo'lib, 2100-yilga qadar mavsumiy haroratlar 2,7–3,5°C ga oshishi mumkinligi keltirilgan [6]. Bu esa havoni mo'tadillashtiruvchi uskunalarga bo'lgan ehtiyojni strategik ahamiyatga ega muammoga aylantiradi.

O'zbekiston Respublikasi ham bu jarayonlardan mustasno emas. Mamlakatda iyun-sentyabr oylarida kuzatiladigan yuqori harorat, xususan, Qoraqalpog'iston, Buxoro, Navoiy, Surxondaryo kabi hududlarda 40–45°C darajadan oshib ketishi, aholi salomatligi, mehnat unumdorligi, sanoat jarayonlari va oziq-ovqat xavfsizligiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Shu bilan birga, suv resurslarining taqchilligi va ichki bozorda chuchuk suvdan samarali foydalanish mexanizmlarining yetarlicha yo'lga qo'yilmaganligi tufayli standart konditsionerlar keng qo'llash uchun qimmat va samarasiz texnologiyalarga aylanmoqda.

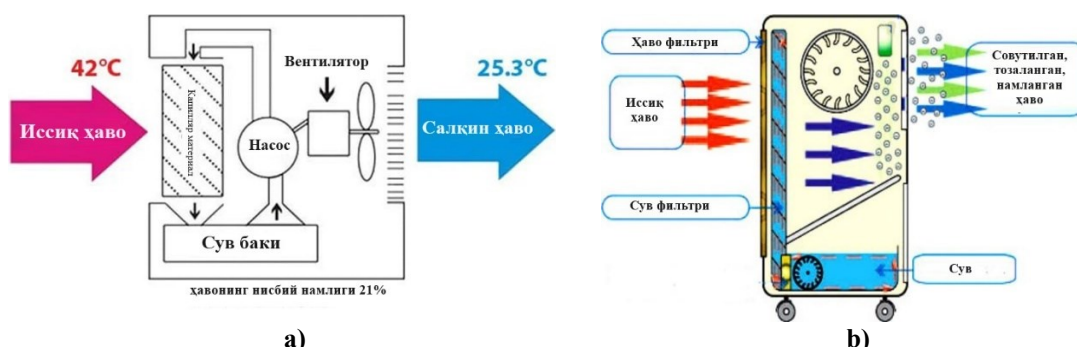
### 2. Usullar VA natijalar (Methods and materials)

Bugungi kunda mavjud havoni sovitish uskunalarining aksariyati energiya sig'imi yuqori kompressorli tizimlar bo'lib, ularning ekspluatatsiyasi katta xarajat talab qiladi. Bu esa energetikadagi yuklama va uglerod chiqindilarining ortishiga olib keladi. Shu sababli, jahon miqyosida yaratilgan Breezair va Sabiel kabi bug'lantiruvchi tizimlardan tashqari, mahalliy iqlim va resurs sharoitlariga moslashgan, kam energiya sarflovchi, nasossiz va ekologik toza qurilmalarga talab keskin ortib bormoqda.

Xususan, Markaziy Osiyoda, jumladan, O'zbekistonda suv resurslarining 35–40% qismi mineralashgan yoki sho'rlangan hisoblanadi. Chuchuk suvni texnologik maqsadlarda foydalanish o'rni tuzli suvdan oqilona va samarali foydalanish imkonini beruvchi texnologiyalarni yaratish suv xo'jaligi, ekologik barqarorlik va sanoat samaradorligi uchun muhim vazifalardan biridir. Shu nuqtayi nazardan, quyosh energiyasi hisobiga ishlaydigan, tuzli suv asosida bug'lantirib sovitishni ta'minlovchi nasossiz qurilmani ishlab chiqish nafaqat ilmiy, balki milliy strategik ahamiyatga ega innovatsion yechim sifatida baholanadi.

Bug'lantirib sovitish texnologiyalari dunyo miqyosida turli shakl va tamoyillarda qo'llanilmoqda. Ayniqsa, energetik va ekologik samaradorlik talablari kuchaygan hozirgi zamonda Avstraliya, BAA, AQSH, Hindiston kabi mamlakatlarda sanoat va maishiy darajada bu texnologiyalarni keng joriy etish tendensiyasi kuzatilmoqda. Eng ilg'or namunalardan biri sifatida Breezair (Avstraliya) va Sabiel (BAA) kompaniyalarining yechimlari e'tirof etiladi [7-8].

Breezair tizimi isparitiv sovitish texnologiyasini yuqori samaradorlik bilan qo'llaydi (1a-rasm). Uning asosiy prinsipi - havo katta filtrlar orqali o'tib, suv bug'lari bilan aralashadi va keyin havo harorati pasaygan holda chiqadi. Bu tizimlar eng ko'p holda sanoat ishlab chiqarish korxonalarini va ommaviy binolarda (sport zallari, anjuman zallari, angarlar) ishlatiladi [7]. Breezair qurilmalari chuchuk suv talab qiladi, shuningdek, nasos orqali suvni filtrlarga uzatadi, bu esa energiya sarfini ma'lum darajada oshiradi. Sabiel texnologiyasida suv filtrlari va ventilyatorlar integratsiyalashgan holda ishlaydi (1b-rasm). Suv maxsus rezervuarda saqlanib, nasos yordamida aylantiriladi va filtrlar orqali havoga uzatiladi. Rasmdagi texnologik sxema shunday tizimni ko'rsatadi: havo avval havo filtridan o'tib, keyin suvda tozalanadi, keyinchalik ventilyator yordamida sovitilib, namlangan va filtrlangan holda chiqadi [8]. Bu yechim samarali bo'lsada, suv iste'moli yuqori, shuningdek nasos va ventilyatorlarga bog'liq energiya sarfi mavjud.



1-rasm. Qurilmaning mavjud analoglari: Breezair (a) va Sabiel (b) kompaniyalari tomonidan taqdim etilgan

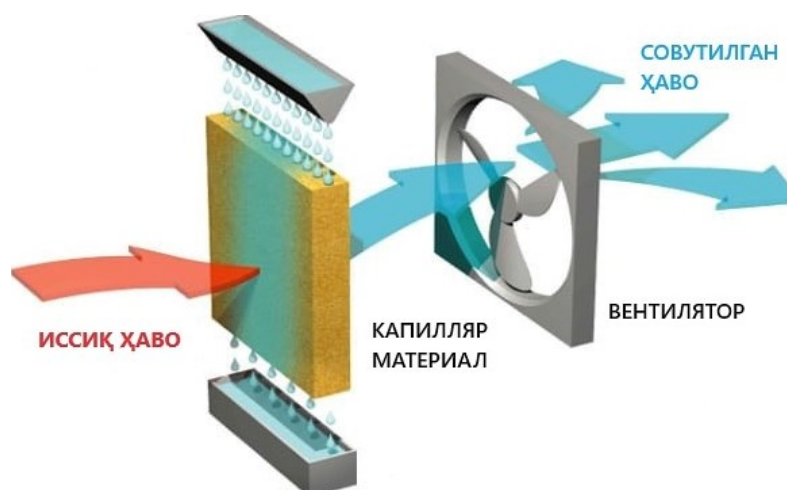
Fig.1. Available analogues of the device: provided by Breezair (a) and Sabiel (b)

Ushbu jahon brendlari tomonidan taklif etilayotgan qurilmalar hozircha asosan chuchuk suvga bog'langan, energiya sarfi yuqori va ko'p hollarda murakkab texnik xizmat talab etadi. Qolaversa, qurg'oq iqlimdagi mamlakatlar uchun suv - eng defitsit resurs hisoblanadi. Shu sababli, bunday qurilmalarni Markaziy Osiyo kabi hududlarda keng miqyosida joriy etishda resurs mosligi masalalari vujudga keladi. Bundan tashqari, qurilmalarning narxi va ularning qismlariga texnik xizmat ko'rsatishdagi qiyinchiliklar ham ko'plab mamlakatlarda mahalliy variantlarga ehtiyoj uyg'otmoqda.

### 3. Natijalar va muhokama (Results and discussion)

Yuqorida tahlil qilingan global va mintaqaviy muammolar — suv resurslarining yetarli emasligi, yuqori haroratli iqlim, mavjud sovitish uskunalarining yuqori energiya sarfi va texnik xizmatga bo'lgan talablar - yangi avlod resurs tejamkor texnologiyalarini ishlab chiqish zaruratini yaqqol namoyon etmoqda. Xususan, O'zbekiston sharoitida chuchuk suv manbalarining kamligi va har yili kuzatiladigan 40–45°C darajali yozgi harorat mavjud texnologiyalarning samaradorligini cheklamoqda.

Mazkur muammolardan kelib chiqib, tuzli suvdan to'g'ridan to'g'ri foydalanishga mo'ljallangan, nasos va kompressorlarga ehtiyoj sezmaydigan, qayta tiklanuvchi quyosh energiyasida ishlaydigan yangi texnologik yechim - kapillyar effekt asosidagi bug'lantiruvchi sovitish qurilmasi taklif etilmoqda (2-rasm).



**2-rasm.** Taklif etilayotgan qurilmaning texnologik sxemasi  
**Fig.2.** Technological scheme of the proposed device

Yuqoridagi sxemada qurilmaning ishlash prinsipi to'liq ifodalangan: havo kirish qismi orqali qurilma ichiga yo'naltiriladi va kapillyar gigroskopik materiallar bilan namlangan panel orqali o'tkaziladi. Bu yerda bug'lanish jarayoni sodir bo'lib, issiqlik olib chiqiladi va harorati pasaygan havo chiqish qismi orqali tashqariga tarqatiladi. Barcha jarayon nasossiz amalga oshiriladi, chunki suv sirkulyatsiyasi kapillyar kuchlar hisobiga ta'minlanadi. Quvvat manbasi sifatida quyosh panellari foydalanilsa, qurilma to'liq avtonom rejimda ishlashi mumkin [9].

Bunday yondashuv havoni samarali sovitish bilan birga, suv va energiya resurslarini tejashga, muhandislik infrastrukturasi soddalashtirishga, texnik xizmat xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi. Shu bois, qurilma nafaqat texnologik yangilik sifatida, balki ekologik va iqtisodiy samaradorlik nuqtayi nazaridan ham ahamiyatga ega innovatsion yechim sifatida tavsiya etiladi.

Taklif etilayotgan qurilmaning eng asosiy innovatsion jihati - bu nasossiz ishlash imkonini beruvchi kapillyar gigroskopik materiallardan foydalanishidir. Ushbu materiallar suvning tabiiy sirkulyatsiyasini ta'minlab, nasos, kompressor yoki xladagentlarga bo'lgan ehtiyojni butunlay bartaraf etadi. Qurilmaning tuzilishida suv rezervuardan yuqoriga tabiiy harakatlanib, bug'lanish maydoniga tarqaladi, bu yerda suvning bug'lanishi orqali havodan issiqlik tortib olinadi. Sovitilgan havo ventilyator yoki tabiiy konveksiya orqali tashqaridan yuboriladi.

Bu texnologik yondashuv nafaqat texnik soddalikni ta'minlaydi, balki qurilmaning umumiy ekspluatatsion samaradorligini ham oshiradi. Nasossiz ishlash suvni tejaydi, energiya sarfini kamaytiradi, texnik xizmat xarajatlarini pasaytiradi va qurilmani uzoq muddatli, ishonchli va past xarajatli yechimga aylantiradi.

Taklif etilayotgan qurilma qator texnik va iqtisodiy ustunliklarga ega bo'lib, uni xalqaro analoglar bilan solishtirganda ham yuqori samaradorlikni namoyon etadi. Quyida jadval shaklida batafsil taqqoslash keltiriladi (1-jadval):

**1-jadval.** Taklif etilayotgan qurilmaning mavjud bug'lantiruvchi sovitish tizimlari bilan texnik-iqtisodiy solishtirma tahlili

**Table 1.** Technical and economic comparison of the proposed installation with existing evaporative cooling systems

Mezon	Breezair / Sabiel	Taklif etilayotgan qurilma
Nasos zarurati	Bor	Yo'q
Energiya sarfi	300–600 W/soat	100–150 W/soat (faqat ventilyator)
Suv manbai	Faqat chuchuk suv	Tuzli suv (10–12 g/l)
Ekspluatatsiya xarajatlari	Baland	Past
Sinf	Sanoat-maishiy	Maishiy, agro, off-grid hududlar uchun moslashgan

Yuqoridagi jadvaldan ko‘rinadiki, taklif etilayotgan qurilma nafaqat energetik samaradorlik bo‘yicha, balki resurs tejamlorligi va xarid/foydalanish qiymati jihatidan ham xalqaro analoglardan ustunroqdir.

Ushbu qurilmani O‘zbekistondagi qurg‘oq iqlimli hududlarda, jumladan Qoraqalpog‘iston va Orolbo‘yi mintaqalarida, issiqxona xo‘jaliklari, agrosanoat obyektlari, maishiy binolar va off-grid muhitlarda keng joriy etish mumkin. Uning quyosh energiyasida ishlashi, sho‘r suvdan samarali foydalanishi va texnik jihatdan sodda tuzilishi mahalliy sharoitlarga juda mos keladi. Qurilma tarkibiy jihatdan modulli bo‘lib, uning turli o‘lcham va qulaylikdagi variantini ishlab chiqarish, mahalliy ehtiyojlar uchun moslashtirish imkoni mavjud.

Bunday qurilma joriy etilsa, u nafaqat atrof-muhitga salbiy ta‘sirni kamaytiradi, balki suv va energiya resurslarini tejashda, iqtisodiy samaradorlikni oshirishda va iqlimga mos adaptiv texnologiyalar rivojida muhim omil sifatida xizmat qilishi mumkin.

Ushbu qurilmaning samaradorligini baholash maqsadida EcoStream 7090 turdagi bug‘lantiruvchi panel parametrlariga asoslangan hisob-kitoblar tahlil qilindi. Hisoblash jadvali turlicha havo harorati va nisbiy namlik sharoitida panelning sovitish samaradorligini aniq ko‘rsatadi (2-jadval). Ushbu ma‘lumotlar biz taklif etayotgan qurilmaning ekstremal iqlim sharoitida ham samarali ishlay olishini ilmiy jihatdan asoslab beradi.

**2-jadval.** EcoStream 7090 qurilmasi uchun hisob-kitob parametrlari jadvali tahlili  
**Table 2.** Analysis of the calculation parameters table for the EcoStream 7090 device

		Капилляр калинлиги: 100 мм / Шамол тезлиги: 1.5 м/с																	
		T	RH	T	RH	T	RH	T	RH	T	RH	T	RH	T	RH	T	RH		
Капиллярда хавонинг ҳарорати	50 °C	31	56%	34,3	65%	37,2	72%	T-Ҳаво ҳарорати (°C)											
	48 °C	29,6	56%	32,8	65%	35,5	72%	RH-Ҳаво намлиги (%)											
	46 °C	28,3	56%	31,3	65%	33,9	72%	36,3	78%										
	44 °C	27	57%	29,8	65%	32,3	72%	34,5	78%										
	42 °C	25,7	57%	28,4	65%	30,7	72%	32,8	78%	34,7	83%								
	40 °C	24,4	58%	26,9	66%	29,1	72%	31,1	78%	32,9	83%	34,6	87%						
	38 °C	23,1	58%	25,4	66%	27,5	73%	29,4	78%	31,2	83%	32,8	87%	34,2	91%				
	36 °C	21,8	59%	24	66%	26	73%	27,8	78%	29,4	83%	30,9	87%	32,3	91%	33,7	94%		
	34 °C	20,4	59%	22,5	67%	24,4	73%	26,1	78%	27,7	83%	29,1	87%	30,5	91%	31,7	94%		
	32 °C	19,1	60%	21	67%	22,8	73%	24,4	78%	25,9	83%	27,3	87%	28,6	91%	29,8	94%		
	30 °C	17,8	60%	19,6	67%	21,2	73%	22,8	79%	24,2	83%	25,5	87%	26,7	91%	27,9	94%		
	28 °C	16,4	61%	18,1	68%	19,6	73%	21,1	79%	22,4	83%	23,7	87%	24,9	91%	26	94%		
	26 °C	15,1	61%	16,6	68%	18,1	74%	19,4	79%	20,7	83%	21,9	87%	23	91%	24	94%		
	24 °C	13,7	62%	15,2	68%	16,5	74%	17,8	79%	18,9	83%	20,1	87%	21,1	91%	22,1	94%		
	22 °C	12,3	62%	13,7	69%	14,9	74%	16,1	79%	17,2	83%	18,3	87%	19,3	91%	20,2	94%		
	20 °C	11	63%	12,2	69%	13,3	74%	14,4	79%	15,5	83%	16,5	87%	17,4	91%	18,3	94%		
		10%		20%		30%		40%		50%		60%		70%		80%			
		Капиллярда хаво намлиги																	

Masalan:

Kiruvchi havo harorati 44°C, nisbiy namlik 30% bo‘lgan holatda, chiquvchi havo harorati 31,1°C gacha tushishi mumkin - bu 12,9°C darajali pasayishdir. 40°C / 40% RH sharoitida 30,7°C chiqish harorati qayd etiladi, 36°C / 50% RH holatda esa 27,8°C gacha sovitish imkoni mavjud.

Bu natijalar shundan dalolat beradiki, bu turdagi panellar asosida ishlaydigan qurilma hatto yuqori harorat va past namlik sharoitida ham 10–13°C gacha havo haroratini pasaytirish qobiliyatiga ega. Ushbu xususiyat Orolbo‘yi, Qoraqalpog‘iston va Navoiy hududlaridagi real iqlim sharoiti uchun juda muhimdir. Bunday samaradorlik nafaqat odamlar uchun qulaylik yaratadi, balki mahsulotni saqlash, agrar siklni uzaytirish va qishloq xo‘jaligi samaradorligini oshirishda ham katta ahamiyatga ega.

#### 4. Xulosa (Conclusion)

Yuqorida keltirilgan tahlillar va texnik hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, taklif etilayotgan tuzilishda ishlaydigan, nasossiz va quyosh energiyasi asosida faoliyat ko‘rsatuvchi bug‘lantiruvchi sovitish qurilmasi O‘zbekiston sharoiti uchun aniq ilmiy va amaliy yechim hisoblanadi. Uning afzalliklari quyidagilarda namoyon bo‘ladi:

- Energiya tejamlorligi: nasos va kompressorsiz tuzilishi tufayli umumiy energiya sarfi 2–3 barobar kamayadi;
- Suv tejamlorligi: chuchuk suvga emas, sho‘r suvga moslashgan mexanizm;
- Ekologik tozalik: freon va boshqa xladagentlarsiz ishlashi orqali issiqxona effektlari yuzaga kelmaydi;
- Texnik soddalik va uzoq xizmat muddati: filtrlarsiz, yuqori mexanik qismlarsiz tuzilma;



- Eksport va lokallashtirish imkoniyati: texnologiya mahalliy xom ashyo va mehnat bozoriga moslashgan.

Ushbu qurilma - nafaqat mavjud muammolarga aniq yechim, balki iqlimga mos, adaptiv, barqaror va bozorbop milliy innovatsion mahsulot sifatida qaralishi mumkin. Undan samarali foydalanish orqali jamiyat va iqtisodiyotning turli sohalarida - energetika, qishloq xo'jaligi, issiqxona xo'jaliklari, ishlab chiqarish sanoatida - barqaror rivojlanish maqsadlariga erishish mumkin bo'ladi.

#### ADABIYOTLAR

1. Yan M, He S, Gao M, Xu M, Miao J, Huang X, et al. Comparative study on the cooling performance of evaporative cooling systems using seawater and freshwater. *International Journal of Refrigeration*. 2021;121:23–32.
2. Camargo JR, Ebinuma CD, Silveira JL. Experimental performance of a direct evaporative cooler operating during summer in a Brazilian city. *International Journal of Refrigeration*. 2005;28:1124–32.
3. Jain D, Tiwari GN. Modeling and optimal design of evaporative cooling system in controlled environment greenhouse. *Energy Convers Manag*. 2002;43:2235–50.
4. Brown CD, Leach JW, Terry SD. Evaporative air conditioning in a manufacturing facility. *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering*. 1999;96:40–58.
5. Franco A, Valera DL, Peña A, Pérez AM. Aerodynamic analysis and CFD simulation of several cellulose evaporative cooling pads used in Mediterranean greenhouses. *Comput Electron Agric*. 2011;76:218–30.
6. <https://healthpolicy-watch.news/asia-is-warming-twice-the-rate-of-global-average-wmo-warns/>.
7. <https://breezairme.com>.
8. <https://sabiell.com.ru/>.
9. A.G.Комилов, К.Ю.Рашидов, У.Ю.Икромов, Ю.З.Насруллаев. Ҳавони буғлантириб совитиш қурилмаси. FAP 02232. 22.02.2023 й.

#### REFERENCES

1. Yan M, He S, Gao M, Xu M, Miao J, Huang X, et al. Comparative study on the cooling performance of evaporative cooling systems using seawater and freshwater. *International Journal of Refrigeration*. 2021;121:23–32.
2. Camargo JR, Ebinuma CD, Silveira JL. Experimental performance of a direct evaporative cooler operating during summer in a Brazilian city. *International Journal of Refrigeration*. 2005;28:1124–32.
3. Jain D, Tiwari GN. Modeling and optimal design of evaporative cooling system in controlled environment greenhouse. *Energy Convers Manag*. 2002;43:2235–50.
4. Brown CD, Leach JW, Terry SD. Evaporative air conditioning in a manufacturing facility. *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering*. 1999;96:40–58.
5. Franco A, Valera DL, Peña A, Pérez AM. Aerodynamic analysis and CFD simulation of several cellulose evaporative cooling pads used in Mediterranean greenhouses. *Comput Electron Agric*. 2011;76:218–30.
6. <https://healthpolicy-watch.news/asia-is-warming-twice-the-rate-of-global-average-wmo-warns/>.
7. <https://breezairme.com>.
8. <https://sabiell.com.ru/>.
9. A.G.Komilov, K.Yu.Rashidov, U.Yu.Ikromov, Yu.Z.Nasrullayev. Evaporative air cooling unit. FAP 02232. 22.02.2023.