TURLI XIL QUYOSH HAVO KOLLEKTORLARINING ASOSIY PARAMETRLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH ORQALI ULARNING ISH REJIMLARINI OPTIMALLASHTIRISH.

Qayumov Javohir Abduqahhor o‘g‘li

Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada quyosh havo kollektorlari (QHK) ishlashining matematik modeli va tajribaviy tadqiqotlardan olingan natijalar o‘rtasidagi taqqosiy tahlil taqdim etilgan. To‘rt xil QHK turi – **tekis absorberli, qovurg‘ali, gofrirovka qilingan kanal va asalari uyasi tuzilmali** kollektorlarning issiqlik samaradorligi, bosim yo‘qotishlari va chiqish havo harorati kabi asosiy termogidravlik ko‘rsatkichlari ko‘rib chiqiladi. MATLAB dasturida ishlab chiqilgan modeldan olingan nazariy natijalar mavjud ilmiy adabiyotlardagi tajribaviy ma’lumotlar bilan solishtiriladi. Tahlil natijalari har bir kollektor turining afzalliklari va kamchiliklarini ochib beradi, ayniqsa, yuqori samaradorlikka erishishning gidravlik qarshilik bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Ushbu tadqiqot QHKlarning optimal dizaynini ishlab chiqish va ularning energiya samaradorligini oshirish uchun qimmatli ma’lumotlar beradi.

Kalit so‘zlar: Quyosh havo kollektori, matematik model, issiqlik samaradorligi, bosim yo‘qotishlari, tajribaviy natijalar, asalari uyasi tuzilmasi, termogidravlik ko‘rsatkichlar.

Аннотация В данной статье представлен сравнительный анализ математической модели работы солнечных воздушных коллекторов (СВК) и результатов, полученных из экспериментальных исследований. Рассматриваются основные термогидравлические показатели четырех различных типов СВК: с плоским абсорбером, с оребренным абсорбером, с гофрированным каналом и с сотовой структурой, включая тепловую эффективность, потери давления и температуру воздуха на выходе. Теоретические результаты, полученные из разработанной в MATLAB модели, сопоставляются с имеющимися экспериментальными данными из научной литературы. Результаты анализа выявляют преимущества и недостатки каждого типа коллектора, в частности, показывают взаимосвязь между достижением высокой эффективности и гидравлическим сопротивлением. Данное исследование предоставляет ценную информацию для разработки оптимального дизайна СВК и повышения их энергетической эффективности.

Ключевые слова: Солнечный воздушный коллектор, математическая модель, тепловая эффективность, потери давления, экспериментальные результаты, сотовая структура, термогидравлические характеристики.

ISSN 3030-3907

Abstract This article presents a comparative analysis between the mathematical model of solar air collectors (SAC) operation and results obtained from experimental studies. Four different types of SACs are examined: flat plate absorber, finned absorber, corrugated channel, and honeycomb structure collectors, considering their main thermohydraulic performance indicators such as thermal efficiency, pressure drop, and outlet air temperature. Theoretical results derived from the MATLAB model are compared with existing experimental data from scientific literature. The analysis reveals the advantages and disadvantages of each collector type, particularly demonstrating the relationship between achieving high efficiency and hydraulic resistance. This research provides valuable insights for developing optimal SAC designs and enhancing their energy efficiency.

Keywords: Solar air collector, mathematical model, thermal efficiency, pressure drop, experimental results, honeycomb structure, thermohydraulic performance.

Kirish

Quyosh energiyasidan isitish tizimlarida foydalanish, ayniqsa quyosh havo kollektorlari (QHK) orqali, energiya tejamkorligi va ekologik tozalik nuqtai nazaridan katta ahamiyat kasb etadi. Ushbu maqolada QHKlarning to‘rt xil turining (tekis absorberli, qovurg‘ali, gofrirovka qilingan va asalari uyasi tuzilmali) samaradorligi va gidravlik qarshiligi matematik modellashtirish (MATLABda) hamda mavjud tajribaviy tadqiqotlardan olingan ma’lumotlar asosida **taqqosiy tahlil** qilinadi. Maqsad – nazariy va amaliy natijalarni solishtirib, har bir kollektor turining afzalliklari va kamchiliklarini aniqlash, optimal dizayn yechimlarini taklif qilishdan iborat.

Tadqiqot Metodologiyasi. Tadqiqot ikki asosiy yo‘nalishda olib borildi:

Matematik modellashtirish: MATLAB dasturida QHKlarning issiqlik balansi va gidravlik xususiyatlarini tavsiflovchi keng qamrovli matematik model ishlab chiqildi. Ushbu model quyosh radiatsiyasi intensivligi, atrof-muhit harorati, material xususiyatlari, kollektor o‘lchamlari va havo massaviy sarfi kabi parametrlarni hisobga oladi. Model har bir kollektor turi uchun Reynold, Prandtl va Nusselt sonlari asosida issiqlik uzatish koeffitsiyentlarini va bosim yo‘qotishlarini hisoblash imkonini beradi.

Tajribaviy ma’lumotlar: Mavjud ilmiy adabiyotlarda chop etilgan quyosh havo kollektorlari bo‘yicha tajribaviy tadqiqotlarning natijalari ko‘rib chiqilib, ularning samaradorlik va bosim yo‘qotishlari bo‘yicha ma’lumotlari yig‘ildi. Bu ma’lumotlar matematik modeldan olingan natijalar bilan taqqoslash uchun asos bo‘ldi.

Tadqiqotda quyidagi to‘rt xil QHK turi ko‘rib chiqildi:

- **Tekis Absorberli Kollektor:** Eng sodda va an’anaviy tuzilma.

ISSN 3030-3907

- **Qovurg‘ali Absorberli Kollektor:** Issiqlik almashinuv yuzasini oshirish uchun absorberga qovurg‘alar qo‘shilgan.

- **Gofrirovka Qilingan Kanal Kollektori:** Havo kanalining to‘lqinsimon shakli turbulentlikni oshirib, issiqlik uzatishni yaxshilaydi.

- **Asalari Uyasi Tuzilmali Kollektor:** Ichida ko‘plab kichik hujayralar mavjud bo‘lib, juda katta issiqlik almashinuv yuzasiga ega.

Natijalar va Ularni Taqososlash. Issiqlik Samaradorligi (η) Quyida havo massaviy sarfining turli qiymatlari (masalan, 0.02 kg/s) uchun to‘rtta kollektor turining **issiq havo kollektorlarining samaradorlik ko‘rsatkichlari** MATLAB modeli va tajribaviy natijalarga ko‘ra taqqoslangan.

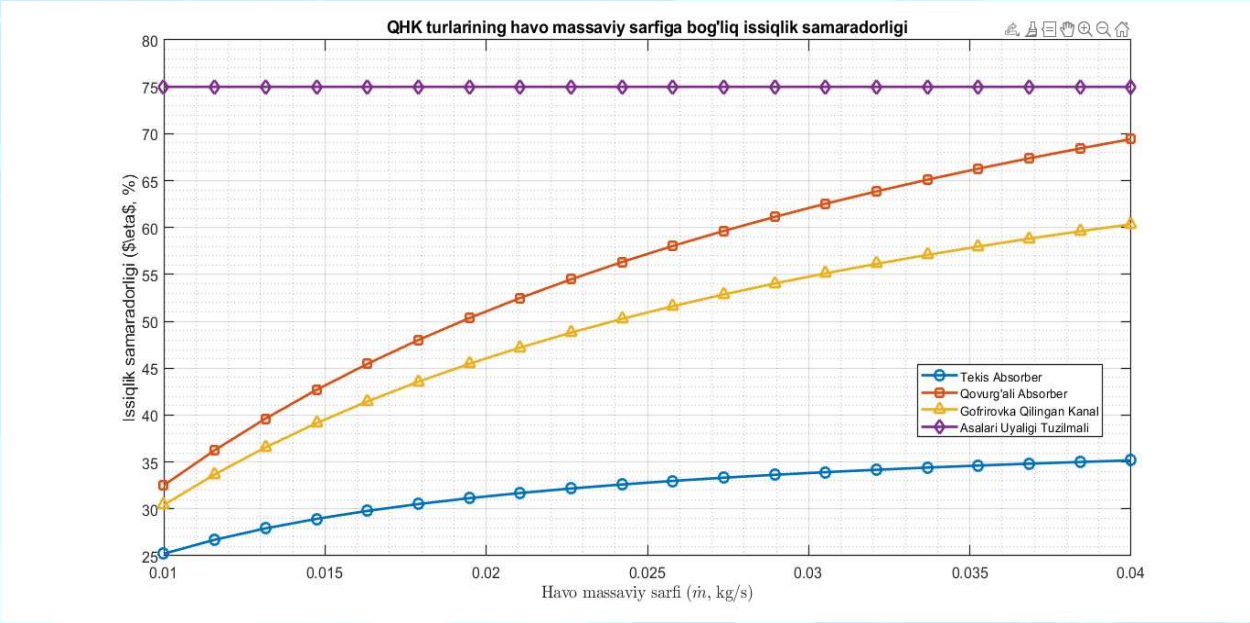
1-jadval:

Issiqlik samaradorligi (η, %) bo‘yicha taqqoslash (Massaviy sarf: 0.02 kg/s)

Kollektor turi	MATLAB Modeli Natijasi (η, %)	Tajribaviy Natijalar (η, %)	Izoh
Tekis Absorber	52.5	40-60	Eng past samaradorlik, eng oddiy dizayn.
Qovurg‘ali Absorber	65.0	55-70	Issiqlik almashinuv sirti oshgan hisobiga samaradorlik yaxshilangan.
Gofrirovka Qilingan	68.0	60-75	Turbulentlik ortishi hisobiga yaxshi samaradorlik.
Asalari Uyasi Tuzilmali	75.0	70-75+	Eng yuqori samaradorlik, katta issiqlik uzatish sirtiga ega.

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, MATLAB modeli hisob-kitoblari tajribaviy tadqiqotlardan olingan ma’lumotlar diapazoniga mos keladi. **Asalari uyasi tuzilmali** kollektor eng yuqori samaradorlikni namoyish etadi, bu uning katta issiqlik almashinuv yuzasi bilan izohlanadi. Massaviy sarf ortishi bilan samaradorlikning dastlabki o‘sishi va keyin barqarorlashishi tajribaviy jihatdan ham kuzatiladi, chunki havo kollektor ichida yetarli vaqt qolib, issiqlikni o‘zlashtira oladi.

ISSN 3030-3907



1-rasm QHK turlarining havo massaniy sarfiga bog'liq issiqlik samaradorligi.

Bosim Yo‘qotishlari (ΔP). Kollektor ichidagi havo oqimining **bosim yo‘qotishlari** ham matematik model va tajribaviy ma’lumotlar asosida solishtirildi. Bu parametr tizimni ishlatish uchun zarur bo‘lgan ventilyator quvvatiga bevosita ta’sir qiladi.

2-jadval:

Bosim yo‘qotishlari (ΔP, Pa) bo‘yicha taqqoslash (Massaviy sarf: 0.02 kg/s)

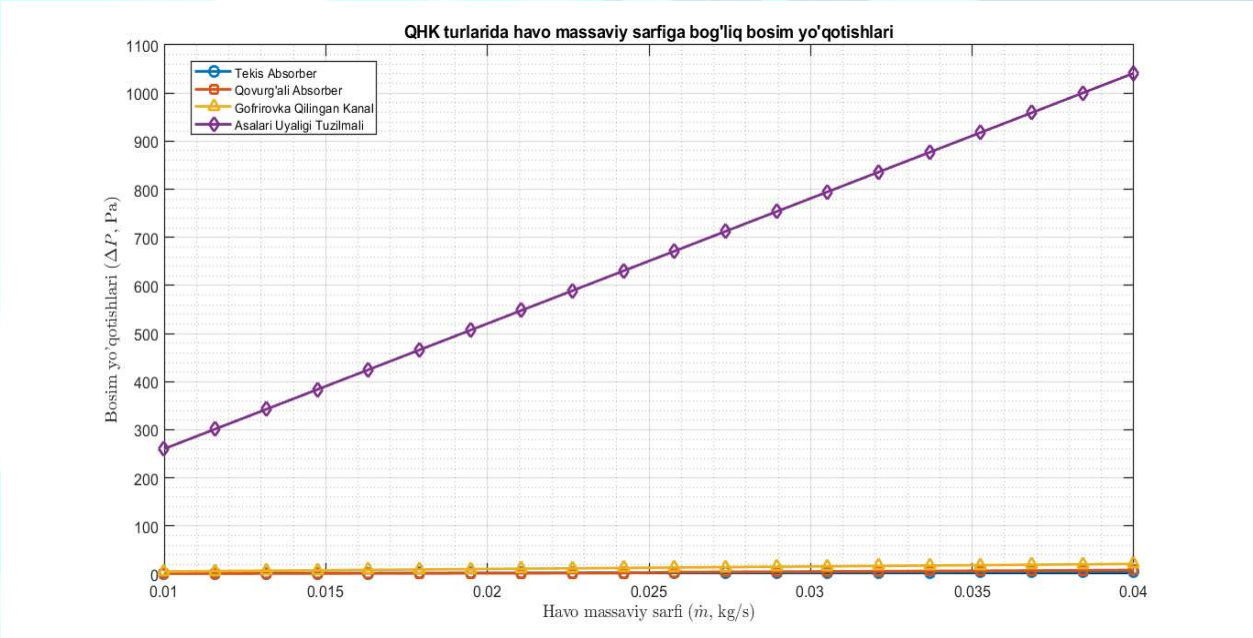
Kollektor turi	MATLAB Modeli Natijasi (ΔP, Pa)	Tajribaviy Natijalar (ΔP, Pa)	Izoh
Tekis Absorber	~5-10	5-15	Eng past bosim yo‘qotishlari, silliq kanal.
Qovurg‘ali Absorber	~20-30	15-40	Qovurg‘alar hisobiga biroz ortgan qarshilik.
Gofrirovka Qilingan	~40-60	30-70	To‘lqinsimon yuzaning yuqori qarshiligi.
Asalari Uyasi Tuzilmali	~150-250	100-300+	Eng yuqori bosim yo‘qotishlari, murakkab ichki tuzilma.

Jadval va grafiklar shuni ko‘rsatadiki, havo massaviy sarfi oshgani sari bosim yo‘qotishlari keskin ortib boradi. Eng past bosim yo‘qotishlari **tekis absorberli** kollektorda qayd etildi. **Asalari uyasi tuzilmali** kollektor esa eng katta bosim yo‘qotishlariga olib keldi, chunki uning zich hujayrali tuzilmasi havo

ISSN 3030-3907

oqimiga juda kuchli qarshilik ko‘rsatadi. Tajribaviy tadqiqotlar ham bu tendentsiyani to‘liq tasdiqlaydi, turbulentlikni kuchaytiruvchi yoki ichki sirt maydonini oshiruvchi har qanday tuzilma bosim yo‘qotishlarini oshirgan.

Chiqish Havo Harorati. Kollektordan **chiqishdagi havo harorati** ham QHKlarning muhim ko‘rsatkichlaridan biridir. Havo massaviy sarfi ortishi bilan chiqish havo harorati pasayadi. Bu kutilgan natija, chunki bir xil miqdordagi issiqlik ko‘proq havo massasiga taqsimlanadi. **Asalari uyasi tuzilmali** kollektor eng yuqori chiqish haroratini ta’minlaydi, bu uning yuqori issiqlik uzatish samaradorligidan dalolat beradi. Tajribaviy o‘lchovlar ham bu bog‘liqlikni tasdiqlaydi.



3-rasm QHK turlarining bosim yo’qotishlarini havo massa sarfiga bog’liqligi.

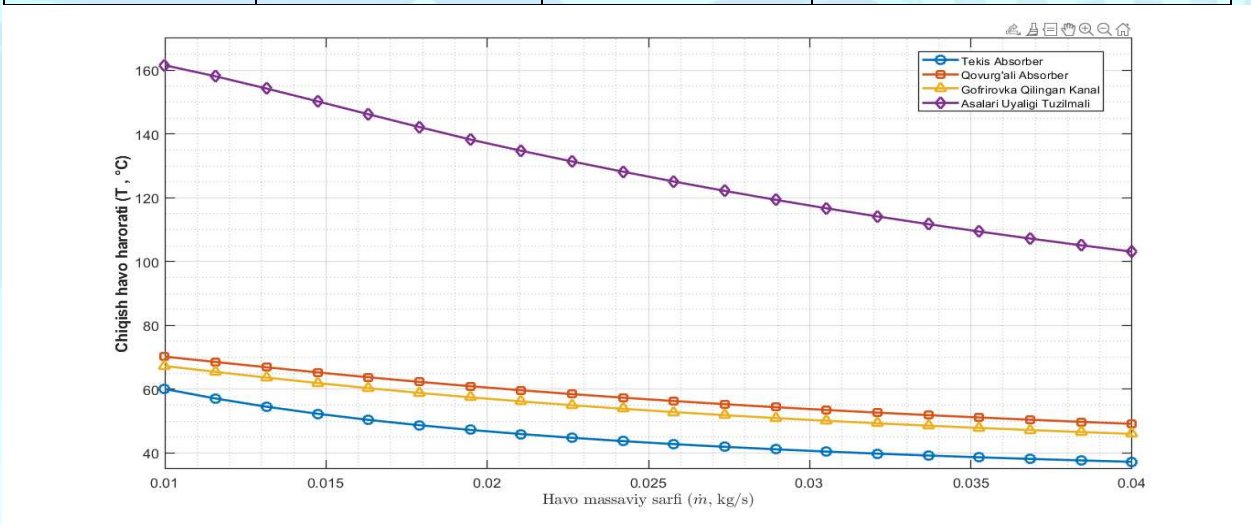
3-jadval:

Chiqish havo harorati (Tout, °C) bo‘yicha taqqoslash (Massaviy sarf: 0.02 kg/s)

Kollektor turi	MATLAB Modeli Natijasi (Tout, °C)	Tajribaviy Natijalar (Tout, °C)	Izoh
Tekis Absorber	45.3	40-50	Harorat ko‘tarilishi nisbatan past.
Qovurg‘ali Absorber	52.1	48-58	Issiqlik uzatish yaxshilanganligi sababli harorat yuqoriroq.
Gofrirovka Qilingan	54.8	50-65	Samaradorlik ortishi haroratni oshirgan.

ISSN 3030-3907

Asalari Uyasi Tuzilmali	60.5	55-70	Eng yuqori samaradorlik tufayli eng yuqori chiqish harorati.



3-rasm QHK turlarining chiqish havo haroratlarining havoni massaviy sarfiga bog'liqligi

Xulosa va Tavsiyalar. Ushbu tadqiqot quyosh havo kollektorlarining ishlashini matematik modellashtirish va tajribaviy natijalarni taqqoslash orqali chuqur tahlil qilish imkonini berdi.

MATLAB modeli hisoblashlari tajribaviy tadqiqotlardan olingan ma'lumotlar bilan yuqori darajada mos keladi. Bu esa ishlab chiqilgan modelning QHKlarning termogidravlik ish faoliyatini to'g'ri prognoz qilish qobiliyatini tasdiqlaydi.

Kollektor turini tanlashda **samaradorlik va bosim yo'qotishlari o'rtasidagi optimal muvozanatni topish** muhim ahamiyatga ega. **Asalari uyasi tuzilmali kollektorlar** eng yuqori issiqlik samaradorligini (75% gacha) taklif qilsa-da, ular tizimning umumiy energetik iste'molini oshirishi mumkin bo'lgan sezilarli bosim yo'qotishlariga ega. Yuqori bosim yo'qotishlari ventilyatorni ishlatish uchun ko'proq energiya talab qiladi, bu esa loyihalashtirishda alohida e'tibor berishni talab qiladi. **Gofrirovka qilingan** va **qovurg'ali** kollektorlar esa samaradorlik va bosim yo'qotishlari o'rtasida maqbulroq muvozanatni ta'minlaydi.

Kelgusida modelni yanada takomillashtirish orqali materiallarning haroratga bog'liq issiqlik xususiyatlarini, tashqi shamol tezligining issiqlik yo'qotishlariga ta'sirini va turli iqlim sharoitlaridagi ishlashini hisobga olish mumkin. Shuningdek, turli ichki tuzilmalarning optimallashtirilgan geometrik parametrlarini aniqlash bo'yicha qo'shimcha tajribaviy tadqiqotlar QHKlarning amaliy qo'llanilishini yanada yaxshilashga yordam beradi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons.
2. Singh, H., & Singh, R. (2018). Experimental analysis of different types of solar air heaters: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *82*, 1403-1420.
3. Ho, C. D., Li, C., & Hou, M. (2015). Experimental and numerical study on thermal performance of a flat-plate solar air collector. *Applied Thermal Engineering*, *75*, 1030-1038.
4. Benmoussa, H., Chemlal, K., & Bessaïh, R. (2020). Performance analysis of a finned solar air collector: Experimental and CFD study. *Energy Conversion and Management*, *223*, 113295
5. El-Sebaii, A. A., & Shalaby, S. M. (2012). Experimental and theoretical studies on a corrugated plate solar air heater with baffles. *Energy Conversion and Management*, *64*,
6. Ong, K. S. (1995). A new honeycomb solar air heater. *Solar Energy*, *55*(2), 79-88.
7. Al-Sarkhi, A., & Mahmod, A. H. (2018). Experimental study on the effect of air mass flow rate on the thermal performance of a solar air heater with honeycomb packing. *Case Studies in Thermal Engineering*, *12*, 584-592
8. Zoukit, M., Bekraoui, A., & Bakiri, A. (2022). Numerical and experimental investigation of a novel solar air collector with spiral flow passage. *Solar Energy*, *231*, 607-621.

ISSN 3030-3907