

SAMARQAND DAVLAT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PHD.26/27.02.2020.T.109.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT ARXITEKTURA – QURILISH UNIVERSITETI

KARSHIYEV SHARIF SHERQULOVICH

QUYOSH KOLLEKTORLARINI BUZILISHDAN HIMOYALASH UCHUN
ENERGIYA TEJAMKOR VA ISHONCHLI O‘ZINI O‘ZI DRENAJ
QILADIGAN GELIOQURILMALAR

05.09.03 – Issiqlik ta’minoti. Ventilyatsiya, konditsionerlash.
Gaz ta’minoti va yoritish

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI

Samarqand – 2025

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Содержание автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contents of the of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Karshiyev Sharif Sherqulovich

Quyosh kollektorlarini buzilishdan himoyalash uchun energiya tejamkor va
ishonchli o'zini o'zi drenaj qiladigan gelioqurilmalar..... 03

Каршиев Шариф Шеркулович

Энергосберегающие и надежные самодренируемые гелиоустановки для
защиты солнечных коллекторов от повреждений 21

Karshiyev Sharif Sherqulovich

Energy-efficient and reliable self-draining solar installations for protecting
solar collectors from damage..... 39

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ

List of published works..... 43

SAMARQAND DAVLAT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PHD.26/27.02.2020.T.109.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT ARXITEKTURA – QURILISH UNIVERSITETI

KARSHIYEV SHARIF SHERQULOVICH

QUYOSH KOLLEKTORLARINI BUZILISHDAN HIMOYALASH
UCHUN ENERGIYA TEJAMKOR VA ISHONCHLI O‘ZINI O‘ZI DRENAJ
QILADIGAN GELIOQURILMALAR

05.09.03 – Issiqlik ta’minoti. Ventilyatsiya, konditsionerlash.
Gaz ta’minoti va yoritish

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI

Samarqand – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2021.1.PhD/T1259 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Toshkent arxitektura-qurilish universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.samdaqu.edu.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Rashidov Yusuf Karimovich,
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Klichev Shavkat Isakovich,
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Abdullayev Qulmamat Yusupovich,
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Namangan davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti huzuridagi PhD.26/27.02.2020.T.109.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil «29» avgust soat 19⁰⁰ da Kichik majlislar zalida bo'lib o'tadi. (Manzil: 140147, Samarqand sh., Lolazor ko'chasi, 70-uy. Tel.:(+99866) 237-18-47, faks: (+99866) 237-19-53, e-mail: samdaqu@edu.uz.)

Dissertatsiya bilan Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 264 raqami bilan ro'yxatga olingan). (140147, Samarkand, ul. Lolazor, 70. Tel.:(+99897) 315-44-50, e-mail: <http://arm.samdaqu.edu.uz>.)

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «13» avgust kuni tarqatildi.
(2025 yil «13» avgust dagi 9 - raqamli reestr bayonnomasi).



S.M. Boboev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, t.f.d. professor

R.M. Maxmudov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.n., dotsent

E.S. Tulakov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa fanlari doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining zaruriyati va dolzarbligi. Jahonda quyosh kollektorlarini qo'llash asosida issiqlik ta'minoti tizimlari keng ko'lamda amaliyotda qo'llanilmoqda. 2023-yilda dunyoda bunday gelioqurilmalarning umumiy maydoni qariyb 800 million m² ga yetdi¹. O'zbekiston keskin kontinental iqlimli mamlakatlar qatoriga kiradi, shuning uchun gelioqurilmalarda issiqlik tashuvchi sifatida suvdan foydalanish quyosh kollektorlarining mexanik shikastlanishiga va ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin, chunki qishda ularda issiqlik tashuvchining muzlashi yoki yozda uning turg'unlik rejimida qaynash xavfi mavjud. Shu sababli, qishi sovuq va yozi issiq bo'lgan mamlakatlarda quyosh energiyasidan foydalanish sohasida olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlarda quyosh kollektorlari va tizimlarini issiqlik tashuvchining muzlashi, to'xtab qolishi, qizib ketishi va qaynashidan himoya qilishning oddiy va ishonchli usullarini yaratish hamda ularning tannarxi va ekspluatatsion xarajatlarini kamaytirishga alohida ahamiyat berilmoqda. Shu munosabat bilan, quyosh kollektorlarini shikastlanishdan himoya qilish uchun o'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmalarning energiya samaradorligi va ishonchliligini ularning tarkibiy qismlari, jumladan, quyosh kollektorining konstruksiyasini takomillashtirish orqali oshirish dolzarb ilmiy-texnik muammo hisoblanadi.

Dunyoning ilg'or ilmiy markazlarida o'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmalar va ularning tarkibiy qismlari konstruksiyalarini takomillashtirish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu ishlar quyosh kollektorlarini qishda issiqlik tashuvchining muzlashidan yoki yozda qaynab ketishidan himoya qilishga qaratilgan. Himoyalash jarayoni quyosh radiatsiyasining mavjudligi va gelioqurilmadan issiqlik energiyasining olinishiga qarab, tizimni suv bilan davriy ravishda to'ldirish va bo'shatish orqali amalga oshiriladi. Shu sababli, o'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmalarning energiya samaradorligi va ishonchliligini oshirish maqsadida ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu tadqiqotlar quyosh kollektorlarini kundalik foydalanishda suv bilan to'ldirish, issiqlik ishlab chiqarish va drenajlash jarayonlarini samarali amalga oshirishga qaratilgan. Ushbu yo'nalishda o'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmalarning energiya samaradorligi va ishonchliligini oshirish dolzarb masala hisoblanadi. Bu maqsadga erishish uchun qurilmaning tarkibiy qismlari, jumladan quyosh kollektorining konstruksiyasini takomillashtirish zarur. Bunday takomillashtirilgan qurilmalar quyosh radiatsiyasining o'zgaruvchan intensivligi sharoitida energiya va massa oqimlarining o'zgarishlariga tezkor javob bera olishi lozim.

O'zbekistonda muqobil energiya manbalaridan foydalanish hajmini ko'paytirish va ularning qo'llanilish samaradorligini oshirishga imkon beruvchi yangi yuqori samarali texnologiyalarni yaratish maqsadida tadqiqotlarni o'tkazish bo'yicha keng qamrovli va xilma-xil chora-tadbirlar majmuasini amalga oshirish, shuningdek, ularni amalda joriy etish ko'zda tutilgan. 2022-2026 yillarga

¹Weiss W., Spörk – Dür M. "Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2023. Detailed Market Figures 2022. 2024 edition". Available: <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2024.pdf>.

mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «Iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlash hamda "Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish, iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish»² bo'yicha vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirish uchun muqobil energiya manbalaridan foydalanib, yangi ishlab chiqarish quvvatlarini qurish, mavjudlarini qayta qurish va modernizatsiya qilish ko'zda tutilgan. Xususan, quyosh kollektorlarini shikastlanishdan himoya qiluvchi energiya tejankor va ishonchli o'z-o'zidan drenajlanadigan geliyqurilmalarni ishlab chiqish orqali bu maqsadlarga erishish mumkin. Shu sababli, mazkur dolzarb masalalarni hal etishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarni o'tkazish juda muhim ahamiyatga ega.

Mazkur dissertatsiya ilmiy-amaliy tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmonida, shuningdek, 2023-yil 16-fevraldagi PQ-57-sonli "2023 yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalari va energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorida, 2020-yil 10 iyuldagi PQ-4779-sonli "Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish orqali iqtisodiyot tarmoqlarining yoqilg'i-energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi va 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-son "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorlarida batafsil qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirishning uzoq muddatli maqsadli parametrlarini belgilangan vazifalarni amalga oshirishga muayyan darajada hissa qo'shishga xizmat qiladi.

Tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Ushbu tadqiqot O'zbekiston Respublikasi fan va texnikasini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishiga muvofiq amalga oshirildi: IV. "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish usullarini ishlab chiqish, nanotexnologiya, fotonika va boshqa ilg'or texnologiyalar asosida texnologiya va qurilmalar yaratish".

Muammoni o'rganilganlik darajasi. Bugungi kunga qadar o'z-o'zini drenaj qiladigan geliyqurilmalarining gidrodinamik ish rejimlarini ularning samaradorligini oshirish maqsadida takomillashtirish, shuningdek, suyuqlikli quyosh kollektorlarini qishda muzlashdan va yozda suvni qaynashidan himoya qilish uchun o'z-o'zini drenaj qiladigan quyosh qurilmalarini takomillashtirish muammosi, Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy laboratoriyasida (NPEL, AQSH), Kassel universiteti issiqlik energiyasi texnologiyalari institutida (Uni Kassel, Germaniya) va boshqa ko'plab ilmiy markazlarda o'rganilgan va hal qilinmoqda. Hozirgi vaqtda Five Star (Xitoy Xalq Respublikasi), Viessmann (Germaniya) va GREEN one TEC (Avstriya) kompaniyalarida yangi zamonaviy texnologiyalar

²Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон "2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида"ги Фармони.

hisobiga issiqlik samaradorligini oshirish uchun o'z-o'zini drenaj qiladigan quyosh qurilmalarining gidrodinamik ish rejimlarini takomillashtirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Qo'shni mamlakatlarda ham bir qator akademik, ilmiy-tadqiqot va loyiha institutlarida, shuningdek, ishlab chiqarish tashkilotlarida quyosh kollektorlarini qishda muzlashdan va yozda issiqlik tashuvchining qaynashidan himoya qilish uchun o'z – o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarni ishlab chiqish va joriy etish bilan shug'ullanilmoqda. Ular orasida Rossiya Fanlar akademiyasining Birlashgan Yuqori haroratlar instituti, Milliy tadqiqot universiteti "MTI" va G.M. Krjijanovski nomidagi Energetika instituti (ENIN, Rossiya Federatsiyasi), Kiev milliy qurilish va arxitektura universiteti va Ukraina qurilish qurilishi bo'yicha mintaqaviy tadqiqot va loyihalash instituti (Ukraina), Tbilisi zonali eksperimental loyihalash ilmiy-tadqiqot instituti (Gruziya) va boshqalar. Quyosh issiqlik ta'minoti qurilmalarini yaratish va ularning samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar B.V. Tarnizhevskiy, O.S. Popel, V.I. Vissarionov B.I. Qazanjan va V.A. Butuzovlar (Rossiya Federatsiyasi), M.D.Rabinovich, A.R.Fert va N.V. Xarchenkolar (Ukraina), N.V. Meladze (Gruziya), R.B. Bayramov va A.D. Ushakovalar (Turkmaniston Respublikasi), A.I. Ismanjanov (Qirg'iziston Respublikasi), R.A. Zohidov, R.R. Avezov va Yu.K. Rashidovlar (O'zbekiston Respublikasi) rahbarligida bajarilgan.

Bajarilgan ishlarning tahlili shuni ko'rsatadiki, quyosh kollektorlarini qishda muzlashdan va yozda issiqlik tashuvchining qaynashidan himoya qilish uchun o'z – o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarini yaratishda hali ham an'anaviy yondashuvi qo'llaniladi, bu esa muvozanatsiz jarayonlar va gidrodinamik ta'sirlar fizikaviy hodisalarni hisobga olmasdan soddalashtirilgan tavsifni o'z ichiga oladi. O'z – o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarining samaradorligini oshirish uchun ma'lum sharoitlarda tizimning xatti-harakatlariga kerakli ta'sir ko'rsatadigan, quyosh issiqlik ta'minoti tizimining belgilangan gidrodinamik ish rejimlarining avtomatik saqlanishini yoki ularning boshqa zarur holatga o'tishini avtomatlashtirish vositalaridan foydalanmasdan turub ta'minlaydigan faol elementlarning gidrodinamik xususiyatlarining ta'sirini hisobga olish masalalariga etarlicha e'tibor berilmagan. Ushbu tadqiqotlarda o'z – o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarda gidrodinamik jarayonlardan samarali foydalanish va o'z-o'zini tartibga soluvchi elementlarni yaratish asosida samaradorlik va ishonchliligi yuqori bo'lgan oddiy o'z – o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarni ishlab chiqishga qaratilgan vazifalar deyarli hal qilinmagan.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent arxitektura-qurilish universitetining "Issiqlik ta'minoti tizimlarida quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish yo'llarini ilmiy asoslash va izlash" loyihasi doirasidagi ilmiy-tadqiqot ishlari rejasini amalga oshirishga muvofiq bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitish, shuningdek, uning tarkibiy qismlarini, jumladan quyosh kollektori tuzilishini takomillashtirish orqali, o'z-o'zini drenaj qiladigan

gelioqurilmaning energiya samaradorligi va ishonchliligini oshirish hamda investitsiya va foydalanish xarajatlarini kamaytirishdan iborat.

Tadqiqot vasifalari:

quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitadigan o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalar jihozlarining xususiyatlariga va sxematik yechimlariga qo'yiladigan asosiy talablarni ishlab chiqish;

faol elementli o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmada issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitishda quyosh radiatsiyasi intensivligi o'zgarishining quyosh kollektorlari va drenaj bakining o'zaro joylashuvi geometrik belgilarining nisbiy farqi qiymatiga ta'sirini baholash;

drenaj bakidagi suyuqlik sathi va napor o'zgaruvchan bo'lganda o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmada drenajlash va quyosh kollektorlarini issiqlik tashuvchi bilan to'ldirish vaqtini hisoblash uslubini ishlab chiqish;

konussimon suv taqsimlagichning o'zgarimas kesimli quyosh kollektori kanallari bo'ylab suvni bir tekis taqsimlashini tadqiq qilish;

doimiy kesimli suv qabul qilgich yordamida quyosh kollektori kanallaridan suvni bir tekis olishni tadqiq qilish;

quyosh kollektorining doimiy kesimli konusli suv taqsimlagichi va suv qabul qilgichini hisoblash metodikasini ishlab chiqish;

o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilma uchun quyosh kollektorining yangi konstruksiyasini qiyosiy sinovdan o'tkazish uchun stand ishlab chiqish va tayyorlash;

issiqlik tashuvchining solishtirma sarfi kam, investitsiya va ekspluatatsiya xarajatlari kamaytirilgan, shu jumladan quyosh kollektorining konstruksiyasi o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarni tadqiq qilish bo'yicha olingan ilmiy natijalarni amaliyotga joriy etish.

Tadqiqot ob'ekti sifatida quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitadigan o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalar olingan.

Tadqiqotning predmetini quyosh kollektorlarida ikki fazali suv-havo oqimi sharoitida faol elementli o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarida bir marta past oqim bilan isitishda sodir bo'ladigan gidrodinamik jarayonlar tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida gidrodinamika, fizik-matematik modellashtirish va eksperiment, o'xshashlik nazariyasi va o'lcham birliklarni taxlil qilish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

quyosh radiatsiyasining o'zgaruvchan intensivligida gelioqurilmaning investitsiya va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish imkonini beradigan quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitadigan o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarning ikki fazali suv-havo oqimi sharoitlarida ishlashi uchun asbob-uskunalarining xususiyatlari va sxematik yechimlariga qo'yiladigan asosiy talablar va drenajlash sxemasining takomillashtirilgan gidravlik konfiguratsiyasi ishlab chiqgan;

quyosh kollektorlari va drenaj bakining o'zaro joylashuvi geometrik belgilarining nisbiy farqi qiymatiga, past sarfli bir martalik isitishda faol elementli

o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmada quyosh radiatsiyasi intensivligining o'zgarish ta'sirini baholash uchun bog'liqlik aniqlangan;

o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmada drenaj bakidagi suyuqlik sathi va nabori o'zgaruvchan bo'lgan sharoitda quyosh kollektorlarini drenajlash va issiqlik tashuvchi bilan to'ldirish vaqtini hisoblash uslubi ishlab chiqilgan;

quyosh kollektorining o'zgarimas kesimli kanallari bo'ylab suvni bir tekis taqsimlash uchun konussimon suv taqsimlagichning matematik modeli va o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmaning yangi quyosh kollektori konstruksiyasini qiyosiy sinovdan o'tkazish uchun tajriba stendi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

quyosh kollektorlarining samaradorligini 20 foizga oshirish va elektr tarmog'idan elektr energiyasi iste'molini 9-11 foizga kamaytirishni ta'minlaydigan quyosh radiatsiyasining o'zgaruvchan intensivligida quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitadigan o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmalarning ikki fazali suv-havo oqimi sharoitlarida ishlashi uchun asbob-uskunalarining xususiyatlari va sxematik yechimlariga qo'yiladigan asosiy talablar va drenajlash sxemasining takomillashtirilgan gidravlik konfiguratsiyasi ishlab chiqilgan;

drenaj bakidagi suyuqlik sathi va nabori o'zgaruvchan bo'lganda o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmada quyosh kollektorlarini drenajlash va issiqlik tashuvchi bilan to'ldirish vaqtini hisoblashning muhandislik usuli ishlab chiqilgan;

ikki fazali suv-havo oqimi sharoitlari va quyosh radiatsiyasining o'zgaruvchan intensivligida drenajlash sxemasining takomillashtirilgan gidravlik konfiguratsiyasi uchun quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta isitish bilan o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmaning yangi quyosh kollektori konstruksiyasini qiyosiy sinovdan o'tkazish uchun eksperimental stend ishlab chiqilgan va tayyorlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi gidrodinamik modellashtirish va quyosh issiqlik qurilmalari parametrlarini optimallashtirishning sinovdan o'tgan zamonaviy usullaridan foydalanish, hisoblangan va eksperimental natijalarning dastlabki ma'lumotlarning bir xil qiymatlari bilan yaqin mos kelishi, tadqiqot natijalarining mazkur sohada ilgari ma'lum bo'lgan yechimlar bilan taqqoslanishi va ularning tadqiqotda taklif qilingan umumiy ifodalar va yechimlardan xususiy yechim sifatida kelib chiqishi bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati quyidagilarni o'z ichiga oladi: ikki fazali suv-havo oqimi sharoitida quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past sarfli isitish bilan o'z-o'zidan drenajlanuvchi gelioqurilmalarning sxematik yechimlari va uskunalarining xususiyatlariga qo'yiladigan asosiy talablarni ishlab chiqish orqali ularning energiya samaradorligini oshirish usulini aniqlash va takomillashtirish; quyosh radiatsiyasining o'zgaruvchan intensivligi uchun drenajlash sxemasining gidravlik konfiguratsiyasini takomillashtirish, bu esa gelioqurilmaning investitsiya va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi; quyosh issiqlik ta'minoti tizimlarida nostatsionar jarayonlardan samarali foydalanishni ta'minlaydigan o'z-o'zini tartibga soluvchi elementlarni qo'llash orqali o'z-o'zidan

drenajlanuvchi gelioqurilmalarning ishonchliligini oshirish, bu qishda quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchining muzlashidan va yozda uning turg'un rejimda qaynashidan himoya qiladi; quyosh kollektorlarini drenajlash vaqtini hisoblash va issiqlik tashuvchisi bilan to'ldirish metodikasini ishlab chiqish bilan izoxlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati o'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmalarda issiqlik tashuvchini bir marta isitish bilan ishlash uchun yaxshilangan gidrodinamik xususiyatlarga ega quyosh kollektorining takomillashtirilgan konstruksiyalari, shuningdek, drenaj bakidagi suyuqlik sathi va o'zgaruvchan bosimda o'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmada quyosh kollektorlarini drenajlash va issiqlik tashuvchi bilan to'ldirish vaqtini hisoblashning muhandislik usuli ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi. Amalga oshirilgan ilmiy tadqiqotlar natijalari geliotizimlarning energiya samaradorligi, tejamkorligi va ishonchliligini sezilarli darajada oshirishni ta'minlaydigan, uning alohida elementlari va qismlarining material sarfi va narxini kamaytiradigan, ulardan foydalanishni an'anaviy yechimlarga nisbatan sezilarli darajada soddalashtiradigan eng oddiy o'z-o'zini boshqaruvchi gelioqurilmalarning konstruksiyalarini ishlab chiqish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Quyosh kollektorlarini buzilishdan himoyalash uchun energiya tejamkor va ishonchli o'zini-o'zi drenaj qiladigan gelioqurilmalar bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitish va quyosh kollektori tuzilishini takomillashtirish orqali o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmaning energiya samaradorligi va ishonchliligini oshirish hamda investitsiya va foydalanish xarajatlarini kamaytirish usuli Toshkent viloyati Shodlik MFY, 59-uyda "Gold-Arch Konstruktion" xususiy korxonasida amaliyotga tadbiiq etilgan (O'zbekiston qurilish materiallari sanoati korxonalari uyushmasi 11.18.2022 y. №05/15-2819- sonli ma'lumotnomasi). Natijada quyosh kollektorlarining samaradorligini 20% gacha oshirishga, tarmoqdan elektr energiya iste'mol qilishni 9-11% ga tejalishiga va yillik iqtisodiy samarani 31407063 so'mni tashkil etishiga erishildi (Toshkent viloyati Shodlik MFY, 59-uyda "Gold-Arch Konstruktion" xususiy korxonasinig dalolatnomasi 05.08.2022 y.);

quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitish va quyosh kollektori tuzilishini takomillashtirish orqali o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmaning energiya samaradorligi va ishonchliligini oshirish hamda investitsiya va foydalanish xarajatlarini kamaytirish usuli Toshkent viloyati Do'rmon, Qurama 4-tor berk ko'chasida, quyosh suv isitish qurilmalarida amaliyotga tadbiiq etilgan (O'zbekiston Respublikasi uy-joy kommunal xizmat ko'rsatish vazirligining 05.09.2022 y. Natijada quyosh kollektorlarining samaradorligi, tarmoqdan elektr energiya va tabiiy gaz iste'mol qilishni 20%ga kamaytirilishiga va yillik iqtisodiy samarani 39 366 894 so'mni tashkil etishiga erishildi ("Toshkent viloyati issiqlik manbai ishlab chiqarish boshqarmasi" dalolatnomasi 09.08.2021 y.).

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya tadqiqoti natijalari 8 ta xalqaro va 5 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 26 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 12 ta maqola, jumladan, 2 tasi xorijiy va 10 tasi respublika jurnallarida nashr etilgan hamda 1 ta DGU (DGU №12942) guvohnomasi olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning asosiy qismi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya tadqiqotlarining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotlarning maqsad va vazifalari, ob'ekti va predmeti tavsiflangan, O'zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalar taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi, tadqiqotlarning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, shuningdek, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinganligi, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Quyosh kollektorlarini atrof-muhitning yuqori va past haroratlarida suvning qaynashi va muzlashi natijasida buzilishdan himoya qilish: jahon va mahalliy tajriba**" deb nomlangan **birinchi** bobida dunyoda suyuqlik quyosh kollektorlaridan foydalanish ko'lamini, ularning turlari, amaliy qo'llanilish tendensiyalari va ularni yil davomida qish va yoz mavsumlarida atrof-muhitning past va yuqori haroratlarida issiqlik tashuvchining muzlashi va qaynashidan himoya qilishning zamonaviy usullari tahlil qilingan. Shuningdek, jahon amaliyotida suyuqlikli quyosh kollektorlari (QK) ni himoya qilish uchun qo'llaniladigan o'z-o'zini drenaj qiladiigan quyosh qurilmalari (O'DQ) ning namunaviy sxemalarining gidravlik konfiguratsiyalari, faol elementlarni (FE) qo'llash asosida o'z-o'zini qrenaj qiladiigan quyosh qurilmalarining konstruksiyalari va ularning gidrodinamik ishlash rejimlarini takomillashtirish yo'llari, o'z-o'zini qrenaj qiladiigan quyosh qurilmalari va ularning torayuvchi qurilmalar ko'rinishidagi faol elementlarini hisoblash va loyihalashning mavjud usullari ko'rib chiqilgan. Bundan tashqari, faol elementli o'z-o'zini qrenaj qiladiigan qurilmalarni ishlab chiqish va tadqiq qilish bo'yicha vazifalar shakllantirilgan.

Suyuqlikli quyosh kollektorlarini issiqlik tashuvchining muzlashi va qaynashidan himoya qilishning jahon va mahalliy tajribasi zamonaviy holatini tahlil qilish shuni ko'rsatmoqdaki, konfuzor-diffuzor turidagi toraytiruvchi qurilmalar ko'rinishidagi faol elementlarga ega o'z-o'zidan drenajlanadigan quyosh qurilmalarining energiya samaradorligini yanada oshirish mumkin. Bunga ularning gidrodinamik xususiyatlarini yaxshilash orqali erishish mumkin. Ya'ni, ichki oqim aylanish yuzasini imkon qadar kichraytirish hamda ishqalanish va uyurma hosil bo'lishiga sarf bo'ladigan umumiy bosim yo'qotishlarini kamaytirish orqali amalga oshiriladi.

Ishchi gipoteza. O‘z-o‘zini qrenaj qiladiigan gelioqurilmalarning energiya tejankorligi va ishonchliligini yanada oshirish, shuningdek, ularning investitsiya va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga ularda quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past xarajatli qizdirishni qo‘llash va uning elementlarini, shu jumladan quyosh kollektorining konstruksiyasini takomillashtirish hisobiga erishish mumkinligi **taxmin qilinmoqda.**

Muammoning holatini, dissertatsiya mavzusi bo'yicha adabiy va patent manbalarini tanqidiy tahlil qilish natijasida tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan.

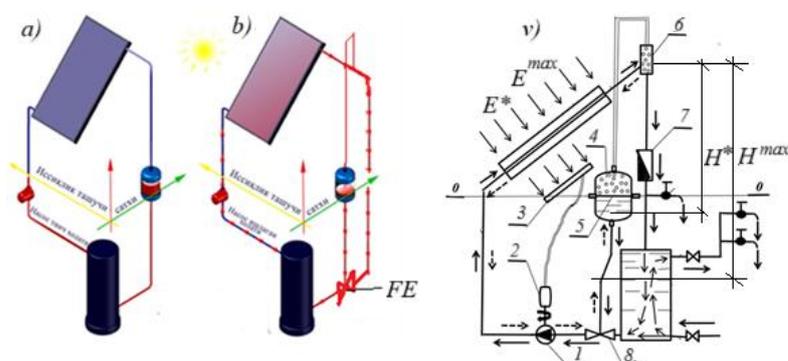
Dissertatsiyaning "**Quyosh radiatsiyasining o‘zgaruvchan intensivligida quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitadigan o‘z-o‘zini drenaj qiladigan gelioqurilmaning nazariy tadqiqoti**" deb nomlangan **ikkinchi bobida** quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past sarfli isitish bilan o‘z-o‘zini drenaj qiladigan gelioqurilmaning xususiyatlariga va sxematik yechimlariga qo‘yiladigan asosiy talablarni ishlab chiqish; gelioqurilmaning investitsiya va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishni ta'minlovchi, o‘zgaruvchan quyosh radiatsiyasi intensivligi uchun drenajlash sxemasining takomillashtirilgan gidravlik konfiguratsiyasini yaratish; quyosh radiatsiyasi intensivligining quyosh kollektorlari va drenaj bakining o‘zaro joylashuviga ta'sirini aniqlash; quyosh kollektorlarini drenajlash va ularni issiqlik tashuvchi bilan to'ldirish vaqtini hisoblash; konussimon suv taqsimlagich tomonidan quyosh kollektorlari kanallari bo'ylab suvni bir tekis taqsimlashning matematik modelini ishlab chiqish va yechish kabi tadqiqot natijalari keltirilgan.

Hozirgi vaqtda jahon amaliyotida keng qo‘llanilayotgan Drainback systems turidagi O`DQ (1-rasm, a), shuningdek, geliokonturda 40-50 l/(soat·m²) tartibida issiqlik tashuvchining doimiy va yuqori sarfi bilan ishlashga mo‘ljallangan Venturi quvurining shakliga ega bo‘lgan toraytiruvchi qurilma faol elementli (FE) modernizatsiya qilingan sxemasini (1-rasm, b) samaradorligi va ishonchliligini oshirish uchun QKda issiqlik tashuvchini o‘zgaruvchan past sarfli (7-14 l/ (soat·m²)) bir marta qizdirish bilan O`GQning yangi takomillashtirilgan gidravlik konfiguratsiyasi ishlab chiqildi (1-rasm, v).

Buning uchun O`GQ geliokonturiga 1-nasos o‘rnatilgan bo‘lib, uning 2-elektrovigateli tushayotgan quyosh nurlanishi kuchiga mutanosib ravishda elektr toki ishlab chiqaradigan 3-fotoelektrik o‘zgartirgichga ulangan. Bu esa QK orqali issiqlik tashuvchining tegishli o‘zgaruvchan sarfini ta'minlaydi. Uni havo va suv hajmlariga ajratuvchi 5-membranali 4-drenaj baki, shuningdek qo‘shimcha ravishda o‘rnatilgan 6-havo yig‘gich-separator, 7-teskari klapan va Venturi quvuri shakliga ega bo‘lgan 8-faol element (uning toraygan kesimi 4-drenaj baki bilan bog‘langan) O`GQ ning issiqlik tashuvchining o‘zgaruvchan past sarflarida barqaror ishlashini ta'minlaydi.

QKga tushayotgan quyosh radiatsiyasi intensivligi E ning maksimal E^{max} dan (1-rasmning v bandiga qarang) uning hisobiy qiymati E^* gacha o‘zgarishining, QK va drenaj bakining FE li O`GQ dagi o‘zaro joylashuvini belgilovchi H masofaning maksimal H^{max} dan hisoblangan H^* gacha o‘zgarish balandligiga ta'sirini aniqlash maqsadida, issiqlik tashuvchining turli xil sarflari - maksimal G^{max} dan hisoblangan

G^* gacha bo'lgan miqdorlarda geliokonturning o'zgaruvchan ish rejimi ko'rib chiqildi.



1-rasm. Drainback systems turidagi o'z-o'zini drenaj qiladigan geliokurilma (a) va uning Venturi quvuri shakliga ega bo'lgan toraytiruvchi o'z-o'zini tartibga soluvchi faol element (FE) dan foydalanishga asoslangan takomillashtirilga va gidravlik konfiguratsiyasi (b).

QKga tushayotgan quyosh radiatsiyasi intensivligi E ning maksimal E^{\max} dan (1-rasm, v ga qarang) uning hisobiy qiymati E^* gacha o'zgarishining H masofaning maksimal H^{\max} dan hisobiy H^* gacha o'zgarish balandligiga ta'sirini aniqlash uchun QK va drenaj bakining FE bilan O`GQ da o'zaro joylashuvini belgilovchi issiqlik tashuvchining turli G sarflarida maksimal G^{\max} dan hisobiy G^* gacha bo'lgan geliokonturning o'zgaruvchan ish rejimi ko'rib chiqilgan.

Shu maqsadda quyidagi tenglamalar tuzildi:

- Venturi quvuri ko'rinishidagi FE bilan o'z-o'zidan drenajlanadigan geliokonturda nasos tomonidan ishlab chiqariladigan Δp_{nas} bosim farqi uchun

$$\Delta p_{nas} = \rho g H - \left(\frac{\alpha_1}{F_1^2} - \frac{\alpha_2}{F_2^2} \right) \frac{G^2}{2\rho} + S_2 G^2 \quad (1)$$

- quyosh kollektorining oniy issiqlik unumdorligi Q uchun

$$Q = \eta E = c_p G (t_2 - t_1), \quad (2)$$

Bu yerda H - geliokurilmaning balandligi, m; α_1, α_2 - Venturi quvurining tor F_1 va keng F_2 kesimlaridagi Koriolis ko'effitsiyentlari; ρ - zichlik, kg/m^3 ; S - geliokontur tarmog'ining qarshilik xarakteristikasi, $\text{Pa}/(\text{kg/s})^2$; g - erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; c_p - issiqlik sig'imi, $\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$; t_1, t_2 - QKga kirish va chiqishdagi suvning harorati, $^\circ\text{C}$.

(2) tenglamani G sarfiga nisbatan yechib, bu qiymatni (1) tenglamaga qo'yib, uni O`GQ uchun E^*, H^*, G^* hisobiy parametrlari va uning joriy E, H, G qiymatlari bilan qayta yozib chiqib, so'ngra oxirgi tenglamadan oldingi tenglamani ayirib, quyidagi belgilashni kiritib:

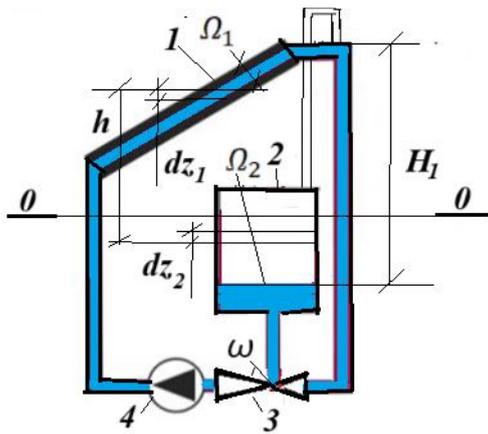
$$\bar{H} = \frac{H}{H^*}, \quad (3)$$

topamiz

$$\bar{H} = \left(\frac{\eta E}{\eta^* E^*} \right)^2 \frac{(t_2^* - t_1^*)^2}{(t_2 - t_1)^2}. \quad (4)$$

Olingan (4) bog'liqlik past sarfli bir martalik issiqlik tashuvchini qizdirishda AEli O`GQda quyosh radiatsiyasi intensivligi E o'zgarishining QK va drenaj bakining o'zaro joylashuvi geometrik belgilarining nisbiy farqi \bar{H} qiymatiga ta'sirini baholash imkonini beradi.

O`GQdagi QKni drenajlash yoki issiqlik tashuvchi bilan to'ldirish vaqtini aniqlash uchun QK 1 va drenaj baki 2 dagi suyuqlik sathlari farqining o'zgaruvchan bosimi H_1 holatida 2-rasmda ko'rsatilgan hisoblash sxemasi ko'rib chiqilgan.



2-rasm. O`GQ hisoblash sxemasi: 1- QK; 2- drenaj baki; 3 - FE; 4-nasos

Agar h bosimdagi sarfiyotni Q bilan belgilasak, u holda dt vaqt mobaynida QKdan faol elementi 3 orqali 2 drenaj bakiga quyidagi miqdordagi issiqlik tashuvchi oqib o`tadi:

$$Qdt = \mu_c \omega \sqrt{2gh} dt, \quad (5)$$

bu yerda μ_c - tizimning sarf koeffitsiyenti.

Agar dt vaqt ichida QKda sath dz_1 qiymatga pasaysa va 2 drenaj bakida dz_2 qiymatga ko`tarilsa, u holda issiqlik tashuvchining hajmlari

$$-\Omega_1 dz_1 = \Omega_2 dz_2, \quad (6)$$

bosim esa quydagi kattalikka o`zgaradi

$$dh = dz_1 - dz_2. \quad (7)$$

(5) - (7) tenglamalardan kelib chiqadi

$$\mu_c \omega \sqrt{2gh} dt = -\Omega_1 dz_1, \quad (8)$$

va shunda

$$dt = -\frac{\Omega_1 dz_1}{\mu_c \omega \sqrt{2gh}}, \quad (9)$$

yoki

$$t = -\frac{\Omega_1}{\mu_c \omega \sqrt{2g}} \int \frac{dz_1}{\sqrt{h}}. \quad (10)$$

(6) va (7) tenglamalardan quyidagini topamiz:

$$dz_1 = \frac{\Omega_1}{\Omega_1 + \Omega_2} dh. \quad (11)$$

Ushbu dz_1 qiymatini (10) tenglamaga qo`yib, integrallashdan so`ng sathlar farqi H_1 dan H_2 gacha kamayadigan t vaqtni topamiz, ya`ni

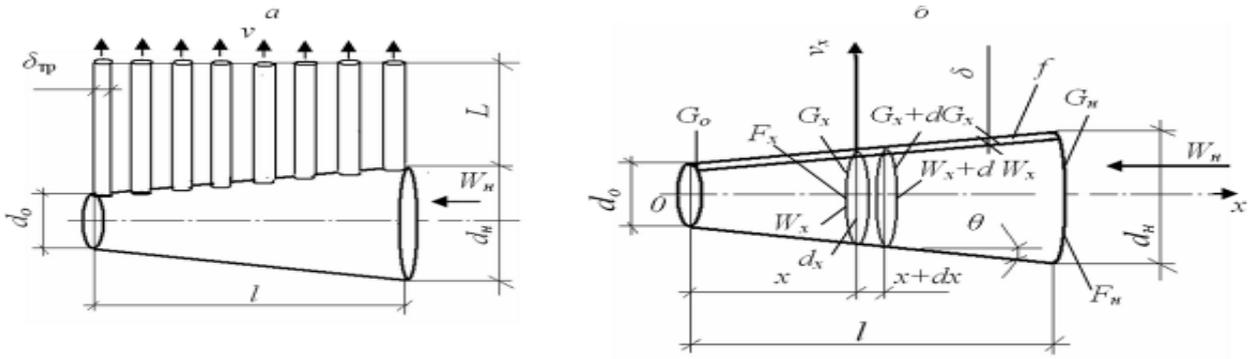
$$t = \frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{1}{\mu_c \omega \sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dh}{\sqrt{h}} = \frac{2\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}}{\mu_c \omega \sqrt{2g}}. \quad (12)$$

Issiqlik tashuvchi bir xil sathda o`rnatilish vaqti (12) tenglamaga $H_2 = 0$ qiymatini qo`yish orqali aniqlanadi:

$$t = \frac{2\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{\sqrt{H_1}}{\mu_c \omega \sqrt{2g}}. \quad (13)$$

(13) tenglama sirkulyatsion nasos 4 ni ishga tushirishda QKni to`ldirish vaqtini aniqlash uchun ham o`rinlidir.

Gidravlik kanallar bo`ylab oqimning bir tekis taqsimlanishi bilan issiqlik tashuvchini bir marta isitish bilan kam sarfli QK konstruksiyasini ishlab chiqish uchun uzunligi l , boshida diametri d_h , oxirida d_o bo`lgan konusli gidravlik kollektor bilan suv tarqatish jarayoni ko`rib chiqilgan, uning bo`ylab bir qatorda bir xil diametrlil δ_{tr} , issiqlik tashuvchining sarfi G , boshida tezligi W_H va sarf koeffitsiyenti μ bo`lgan ko`tarish quvurlari tutami joylashgan (3-rasm).



3-rasm. Bir qatorli ko'taruvchi quvurlar tutami (a) va doimiy kenglikdagi shartli tirqish (b) bilan jihozlangan konussimon gidravlik kanal sxemasi

Oqimning taqsimlanish jarayoni quyidagi differensial tenglama orqali tavsiflanadi

$$\bar{G}_x'' \bar{G}_x' + \frac{\mu^2 \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2} \bar{G}_x' \bar{G}_x' - \frac{\mu^2 \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2} \left[\frac{\bar{F}_x'}{\bar{F}_x} + \frac{\lambda \bar{l}}{2d_x} \right] \bar{G}_x^2 = 0, \quad (14)$$

Bu yerda $\bar{f} = \frac{f}{F_n} = \frac{\delta}{F_n \cos \theta}$; $\bar{l} = \frac{l}{d}$; $\bar{d}_0 = \frac{d_0}{d_n}$; $\bar{d}_x = \frac{d_x}{d_n} = \frac{d_0 + 2x \operatorname{tg} \theta}{d_n} = \frac{d_0 + 2x \frac{d_n - d_0}{2l}}{d_n} = \bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x}$;

$$\bar{F}_x = \bar{d}_x^2 = [\bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x}]^2; \quad (16)$$

$$\bar{F}_x' = 2 [\bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x}] (1 - \bar{d}_0); \quad (17)$$

Chegaraviy shartlar

$$\left. \begin{array}{l} \bar{x} = 0 \\ \bar{x} = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \bar{G}_0 = 0 \\ \bar{G}_n = 1 \end{array} \quad (18)$$

$\mu \bar{f}$ kattaligi shartli tirqish parametri deb, $\lambda \bar{l}$ kattaligi esa kanal parametri deb ataladi. Notekis suv taqsimotining tekis taqsimotdan og'ishi r_x quyidagicha aniqlanadi:

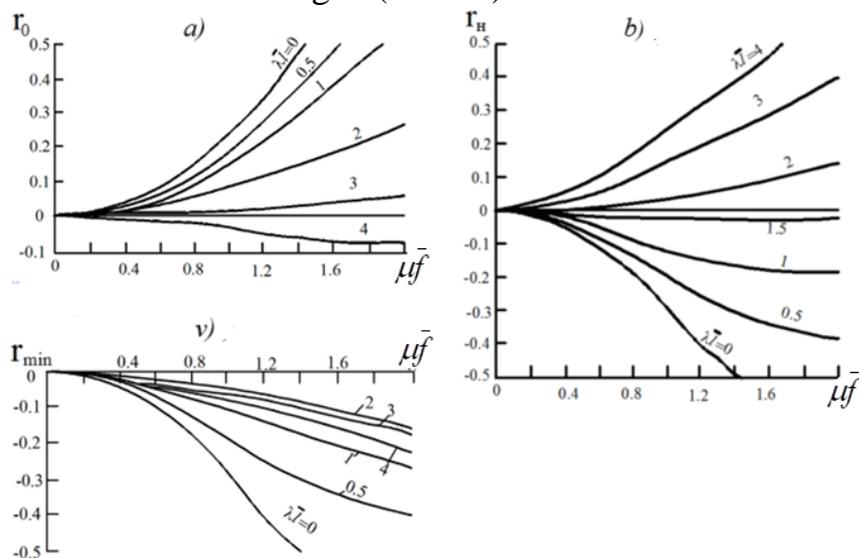
$$r_x = \bar{v}_x - 1. \quad (19)$$

r_x ni $\mu \bar{f}$, $\lambda \bar{l}$, \bar{d}_0 va \bar{x} kattaliklariga bog'liqligini aniqlaymiz.

(14) chiziqli bo'lmagan differensial tenglamani (18) chegaraviy shartlar bilan analitik yechish juda murakkabdir. Shu sababli, uni integrallash sonli usul yordamida amalga oshirildi. Hisob-kitoblar natijasida $\mu \bar{f}$, $\lambda \bar{l}$ va \bar{d}_0 kattaliklarining turli qiymatlarida r_x ning \bar{x} ga bog'liq ravishda o'zgarishini ko'rsatuvchi jadvallar olindi.

Kanal uzunligi bo'yicha notekis suv tarqatishning bir tekis suv tarqatishdan nisbiy og'ishi r_x umumiy holda quyidagicha o'zgaradi: kanal oxirida r_x qiymati r_0 ga teng bo'ladi, so'ngra \bar{x} ortib borishi bilan r_x qiymati kamayadi va r_{min} minimumga yetadi, keyinchalik \bar{x} ning yanada ortishi bilan r_x qiymati o'sib boradi va kanal boshida r_n qiymatiga yetadi.

Hisoblash natijalariga ko'ra, \bar{d}_o ning turli qiymatlarda kanal oxirida, eng kichik oqim tezligiga ega bo'lgan kesimda va kanal boshida nisbiy og'ish grafiklari qurildi: r_0, r_{min}, r_H . Shu bilan birga, eng kichik og'ishlar $\bar{d}_o = 0,8$ ga teng kanallarda bo'lgan. Shuning uchun, r_0, r_{min}, r_n og'ish grafiklari faqat $\bar{d}_o = 0,8$ ga teng torayish bilan kanallar uchun keltirilgan (4-rasm).



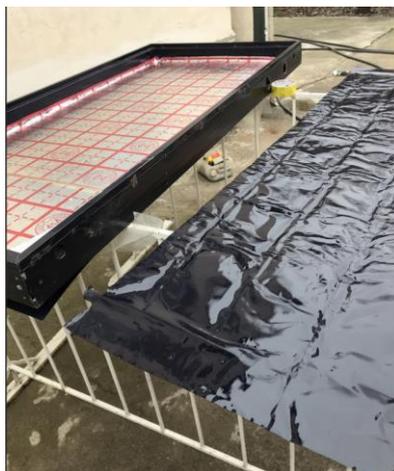
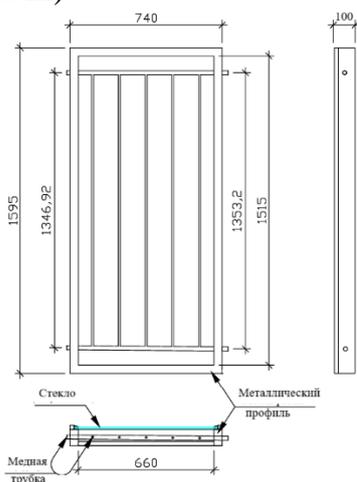
4-rasm. Bo'ylama tirqishli konussimon kanalning oxirida (a), eng kichik oqim tezligiga ega kesimda (b) va boshida (v) nisbiy og'ishning o'zgarish grafigi.

Shu sababli, alohida quyosh kollektorlarini ham, quyosh-havo kollektorlari tizimlarini ham loyihalashda quyidagi shart bajarilishiga intilish lozim:

$$\mu \bar{f} \rightarrow \min . \quad (20)$$

(20) shartning bajarilishi $\mu \rightarrow \min$ va $\bar{f} \rightarrow \min$ bo'lganda mumkin.

Olingan bog'lanishlar asosida issiqlik tashuvchini bir marta isitishga mo'ijallangan O'DG uchun QK konstruksiyasi ishlab chiqildi va tayyorlandi (5-rasm).



5-rasm. Issiqlik tashuvchini bir marta isitishga mo'ijallangan O'DG uchun QK konstruksiyasi: chapda - korpus va qora rangga bo'yalgan mis absorberning umumiy ko'rinishi.

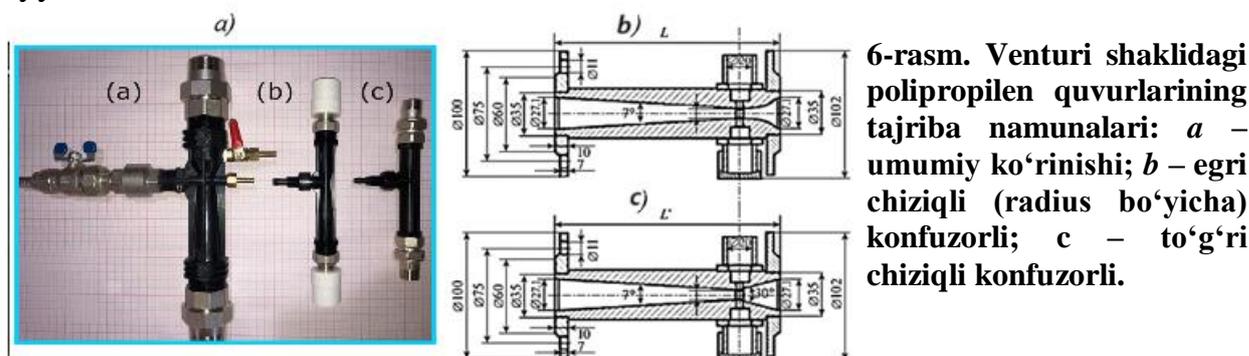
QK ning gabarit o'lchamlari $1595 \times 740 \times 100$ mm. QK ning umumiy maydoni $1,18 \text{ m}^2$, foydali yuzasi - 1 m^2 . Vertikal ko'taruvchi mis quvurlar diametri $\varnothing 9,9 \times 0,8$ mm, gorizonta mis quvurlar diametri $\varnothing 19,9 \times 0,75$ mm. Absorber qalinligi 0,32 mm bo'lgan mis listdan tayyorlanadi. QK kanallarining ichki hajmi 0,78 litr.

"Quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitadigan o'z-o'zini drenaj qiladigan gelioqurilmaning tajribaviy tadqiqotlari"

deb nomlangan **uchinchi** bobda Venturi quvuri shaklida ishlab chiqarilgan polipropilen FEning, shuningdek, ishlab chiqilgan QKn yangi konstruksiyasining gidrodinamik xususiyatlarini o‘rganish hamda tajribalarni o‘tkazish uchun gidravlik stendlarning tavsiflari va ularning natijalarini qayta ishlash usullari keltirilgan.

Standart metall toraytirish qurilmalari va boshqa ilgari o‘rganilgan konfuzor-diffuzor o‘tishlardagi oqim xususiyatlari va bosim yo‘qotilishlaridan ichki yuzasi silliqroq bo‘lgan polipropilen Venturi quvurlaridagi oqim xususiyatlari va bosim yo‘qotilishlarining farqi tufayli, qovushqoqlik qarshiligi sohasi uchun oqimning torayish darajasi yuqori bo‘lgan polipropilen Venturi quvurlari sinovdan o‘tkazildi. Tajriba ma’lumotlari mezon shaklida qayta ishlandi. Mezonli tenglamaning umumiy ko‘rinishi o‘lchamlar tahlili asosida olingan bo‘lib, " π - teorema" ga mos keladi.

Venturi polipropilen quvurlarining qarshilik koeffitsiyentlarini aniqlash uchun ularning tajriba namunalari (6-rasm, a) va ularni sinash uchun tajriba stendi tayyorlandi.



6-rasm. Venturi shaklidagi polipropilen quvurlarining tajriba namunalari: a – umumiy ko‘rinishi; b – egri chiziqli (radius bo‘yicha) konfuzorli; c – to‘g‘ri chiziqli konfuzorli.

Ular ikkita ko‘rinishda yasalgan: $R_k = 1,5 \div 4d$ radiusi bo‘ylab egri konfuzorli (6-rasm, b), va yaqinlashuv burchagi $\alpha_k = 30^\circ$ teng bo‘lgan to‘g‘ri chiziqli konfuzorli (6-rasm, c). Ikkala holatda ham o‘tishning diffuzor qismi bir xil va toraygan $\alpha_\rho = 7^\circ$ burchakka ega edi. Sinovdan o‘tgan torayuvchan moslamalarning qolgan geometrik ko‘rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Venturi polipropilen quvurlari tajriba namunalari ko‘rsatkichlari

Katta va kichik diametrlar nisbati, D/d	Tor joyning diametr, d , mm	Tor joyning devoridagi tishiklar diametri, δ , mm	Tor joyning uzunligi, l , mm	Egri va to‘g‘ri chiziqli konfuzorli o‘tishning umumiy uzunligi, L/L^* , mm
2	13,5	2,7; 5,4; 8,1	13,5	132,2 / 152,6*
3	9,0	1,8; 3,6; 5,4	0,9	168 / 196*
5	5,4	1,0	5,4	201,6 / 228,4*

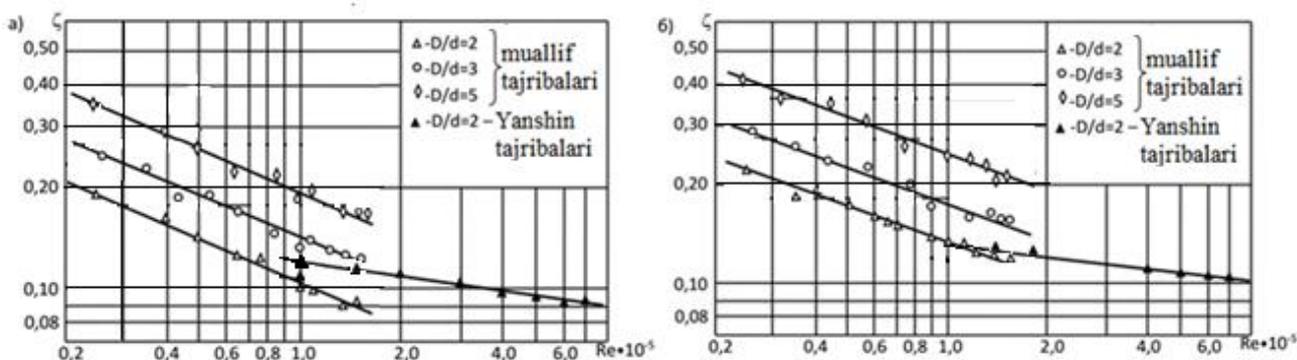
Venturi quvurlarining sinov natijalari asosida 2 dan 5 gacha torayish darajasiga ega bo‘lgan o‘tishlar uchun quyidagi mezoniy tenglamalar aniqladi:

- egri chiziqli konfuzor uchun $\zeta_{kp} = 15,875 Re^{-0,46} \left(\frac{D}{d}\right)^{0,65} \left(\frac{\delta}{d}\right)^{0,08}$; (21)

- to‘g‘ri chiziqli konfuzor uchun $\zeta_{np} = 7,244 Re^{-0,38} \left(\frac{D}{d}\right)^{0,69} \left(\frac{\delta}{d}\right)^{0,08}$. (22)

(21) va (22) tenglamalar $Re = (0,25 \div 1,5) \cdot 10^5$; $D/d = 2 \div 5$; $\delta/d = 0,2 \div 0,6$; $l/d = 1$ ga teng bo'lganda amal qiladi.

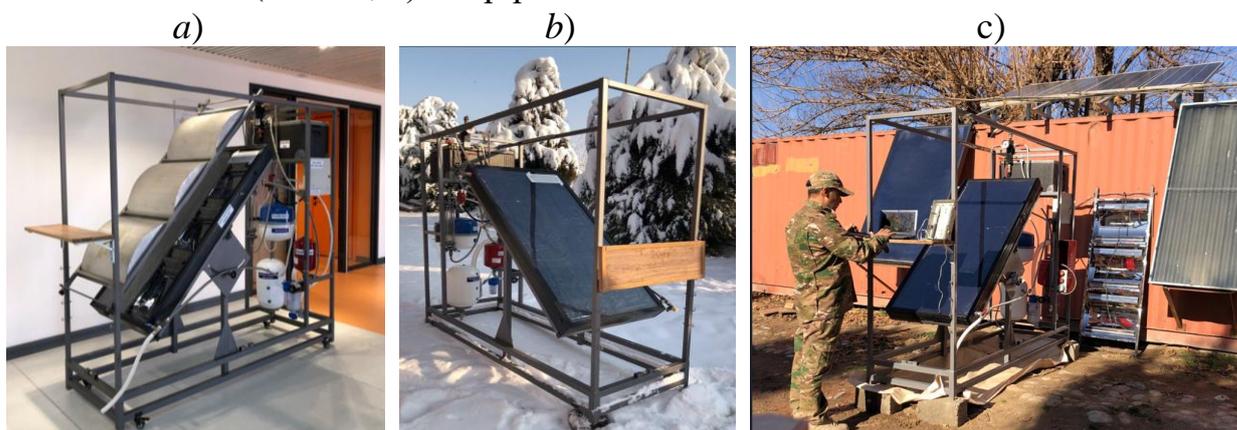
7-rasmda logarifmik koordinatalarda egri va to'g'ri chiziqli konfuzorli Venturi polipropilen quvurlarining uch xil diametr nisbatlari $D/d = 2; 3; 5$ uchun, Reynolds sonlari $Re = (0,25 \div 1,5) \cdot 10^5$ bo'lgandagi sinov natijalari keltirilgan. Shu yerning o'zida B.I.Yanshin tomonidan o'xshash shaklga ega bo'lgan konfuzor-diffuzor o'tish moslamalari uchun $D/d = 2$ ga teng bo'lganda katta Reynolds sonlari uchun aerodinamik stendda olingan eksperimental ma'lumotlar keltirilgan.



7-rasm. Tajriba ma'lumotlariga ko'ra D/d diametrlarining turli nisbatlarida egri chiziqli (a) va to'g'ri chiziqli (b) konfuzorli polipropilen Venturi quvurlari ζ qarshilik koeffitsiyentlarining Reynolds soniga bog'liqligi

Qarshilik xarakteristikalari usuli asosida o'z-o'zini drenaj qiluvchi geliokonturni gidravlik hisoblash usuli taklif etildi.

O'DG uchun ishlab chiqilgan QK konstruksiyasining eksperimental tadqiqotlarini o'tkazish maqsadida, issiqlik tashuvchini bir marta past sarfli isitish bilan maxsus ko'chma (g'ildirakli) eksperimental stend ishlab chiqildi va yaratildi (8-rasm). Bu stend uchta galogen lampa yordamida quyosh nurlanishini simulyatsiya qilish orqali laboratoriya sharoitida (8-rasm, a), shuningdek, tabiiy sharoitlarda ham (8-rasm, b) tadqiqotlar o'tkazish imkonini beradi.



8-rasm. QK ko'rsatkichlarini laboratoriya (a) va tabiiy (b) sharoitlarda aniqlash uchun ko'chma tajriba stendi, shuningdek, tajribalarni o'tkazish jarayoni tasvirlangan

Sinov natijalariga ko'ra, ishlab chiqilgan QK ning samaradorligi η quyosh radiatsiyasi intensivligi E , atrof-muhit harorati t_B va QK da qizdirilgan issiqlik tashuvchining o'rtacha harorati t_{cp} ga bog'liq holda, issiqlik tashuvchining turli G sarflarida aniqlandi. Tayyorlangan QK tajriba namunasining maydoni 1 m^2

ekanligini inobatga olgan holda, uning samaradorligi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$\eta = \frac{Q}{E} = \frac{c_p G(t_2 - t_1)}{E} \quad (23)$$

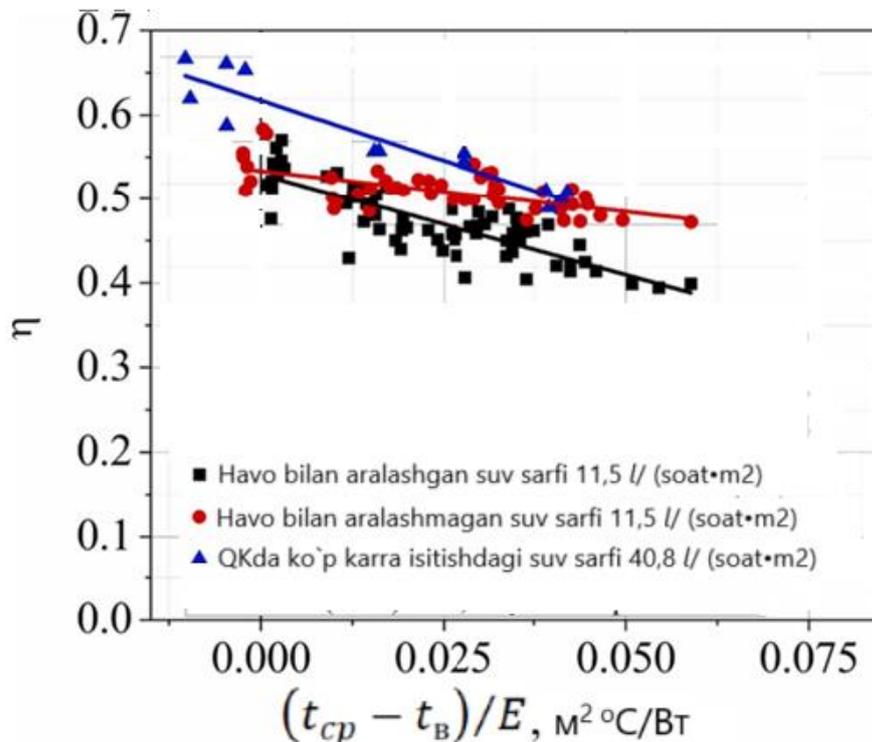
QK sinovlari tabiiy sharoitda, ochiq kunlarda tush paytida yoki laboratoriya sharoitida quyosh imitatoridan foydalangan holda o'tkazildi. Ikkala holatda ham quyosh radiatsiyasining diffuzion tarkibiy qismi kam bo'lib, tushayotgan nurlanish kollektor yuzasiga deyarli perpendikulyar yo'nalgan. Natijada, bu tajribalardan aniqlangan keltirilgan yutish qobiliyatining qiymati yuzaga perpendikulyar tushayotgan to'g'ri radiatsiyaga mos keladi va $(\tau\alpha)_n$ bilan belgilanadi.

Shu sababli, sinov natijalarini kollektorning oniy samaradorligini $(t_{cp} - t_B)/E$ parametriga bog'liqlik grafigi ko'rinishida ifodalash maqsadga muvofiqdir. Bu holda kollektorning samaradorligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\eta = \frac{Q}{E} = \frac{F_R(\tau\alpha)_n - F_R U_L(t_{cp} - t_B)}{E} \quad (24)$$

bu yerda $t_{cp} = (t_2 + t_1)/2$ – QKda isitiladigan suvning o'rtacha harorati, °C.

Ishlab chiqilgan QKni sinovdan o'tkazish asosida havo bilan aralashgan va aralashmagan holda QK orqali 11,5 l / (soat·m²) suv sarfi uchun η samaradorligining $(t_{cp} - t_B)/E$ parametriga bog'liqlik grafiglari qurildi (9-rasm), bu ma'lum O`DG va taklif etilayotgan yechim uchun xosdir. Havoning mavjudligi QKni issiqlik samarasini 20% gacha kamaytirishi aniqlandi.



9-rasm. Drenajlashda suvning havo bilan aralashishi mavjud bo'lganda va bo'lmaganda turli sarflar uchun QKning η issiqlik samaradorligining o'zgarishini taqqoslash grafiglari

XULOSA

Quyoshli issiq suv ta'minoti tizimlarini o'z-o'zini drenaj qiladigan qurilmalarining samaradorligi va ishonchligini oshirishga qaratilgan olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar chiqarish mumkin:

1. Ikki fazali suv-havo oqimi sharoitlarida quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past sarfli isitish bilan o'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmalar uskunalarining xususiyatlari va sxematik yechimlariga qo'yiladigan asosiy talablar ishlab chiqildi. Shuningdek, o'zgaruvchan quyosh radiatsiyasi intensivligi uchun drenajlash sxemasining gidravlik konfiguratsiyasi takomillashtirildi. Bu gelioqurilmaning investitsiya va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishni ta'minlaydi.

2. O'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmalarning energiya tejamkorligi va ishonchligini oshirish, shuningdek, ularning investitsiya va foydalanish xarajatlarini kamaytirish maqsadida, issiqlik tashuvchining solishtirma sarfi 7,2 dan 21,6 kg/(m²•soat) gacha bo'lgan quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past sarfli isitish usulini qo'llash hamda uning tarkibiy qismlarini, jumladan quyosh kollektorining tuzilishini takomillashtirish orqali bu maqsadga erishish mumkin..

3. Faol elementli o'zi drenajlanuvchi gelioqurilmada quyosh radiatsiyasi intensivligi o'zgarishining issiqlik tashuvchini past sarf bilan bir marta qizdirishda quyosh kollektorlari va drenaj baki o'zaro joylashuvining geometrik belgilari nisbiy farqining qiymatiga ta'sirini baholash uchun bog'liqlik olingan.

4. O'zi drenajlanadigan gelioqurilmada drenaj bakidagi suyuqlik sathi va bosimi o'zgaruvchan bo'lganda quyosh kollektorlarini drenajlash va issiqlik tashuvchi bilan to'ldirish vaqtini hisoblash usuli ishlab chiqildi.

5. O'z-o'zidan drenajlanadigan gelioqurilmaning yangi quyosh kollektori konstruksiyasini qiyosiy sinovdan o'tkazish uchun o'zgarmas kesimga ega bo'lgan konusli suv taqsimlagichning quyosh kollektori kanallari bo'ylab suvni bir tekis taqsimlashining matematik modeli va tajriba stendi ishlab chiqildi.

6. O'zi drenajlanuvchi gelioqurilma uchun quyosh kollektorining yangi konstruksiyasini qiyosiy sinovdan o'tkazish uchun tajriba stendi ishlab chiqildi va tayyorlandi.

7. O'tkazilgan tadqiqotlar natijalari, xususan, quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchini bir marta past oqim bilan isitadigan va quyosh kollektorining konstruksiyasini takomillashtirish orqali o'z-o'zidan drenaj qiladigan gelioqurilmaning energiya samaradorligi va ishonchligini oshirish usuli "Gold-Arch Construction" xususiy korxonasi tomonidan Toshkent viloyati Shodlik MFY 59-uyda joriy etilgan. Natijada quyosh kollektorlarining samaradorligini 20% gacha oshirishga, tarmoqdan elektr energiya iste'molini 9-11% ga tejashga va yillik iqtisodiy samaradorlik 31 407 063 so'mni tashkil etishga erishilgan hamda Toshkent viloyati Qurama 4-berk ko'chasi Do'rmon ko'chasidagi quyosh suv isitish qurilmalariga joriy etilgan. Natijada tarmoqdan elektr energiyasi va tabiiy gaz iste'molini 20% ga kamaytirish va yillik 39 366 894 so'm iqtisodiy samaraga erishilgan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.26/27.02.2020.Т.109.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КАРШИЕВ ШАРИФ ШЕРКУЛОВИЧ

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И НАДЕЖНЫЕ САМОДРЕНИРУЕМЫЕ
ГЕЛИОУСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ
ОТ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

**05.09.03 – Теплоснабжение. Вентиляция, кондиционирование. Газоснабжение и
освещение**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Самарканд – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2021.1.PhD/Г1259.

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (русский, узбекский, английский) размещен на веб-сайте Научного совета (www.samdaqu.edu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: Рашидов Юсуф Каримович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Кличев Шавкат Исакович
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Абдуллаев Кулмамат Юсупович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация: Намаганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «29» августа 2025 года в 17⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.26/27.02.2020.Т.109.01 при Самаркандском государственном архитектурно-строительном университете. (Адрес: 100011, г. Самарканд, улица Лолазор, №70. Тел.: (+99866) 237-15-93, факс: (+99866) 237-26-30, e-mail: samdaqu@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета (зарегистрирован за № 264). Адрес: 140147, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70. Тел.: (+99897) 315-44-50, факс: (+99866) 237-26-30, e-mail: <http://arm.samdaqu.edu.uz>.

Автореферат диссертации разослан «13» августа 2025 года.
(реестр протокола рассылки № 9 от «13» августа 2025 года).



С.М.Бобоев

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Р.М.Махмудов

Ученый секретарь научного совета, присуждающего ученые степени, к.т.н., доцент

Э.С.Тулаков

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Системы теплоснабжения на основе применения вонагревательных солнечных коллекторов нашли широкомастбное практическое применение в мире. В 2023 году общая площадь таких гелиоустановок достигла в мире около 800 млн м²³. Узбекистан относится к странам с резкоконтинентальным климатом, поэтому применение воды в качестве теплоносителя в гелиоустановках, может привести к механическому повреждению и выходу из строя солнечных коллекторов вследствие опасности замерзания в них теплоносителя зимой или его закипания летом в режиме стагнации. Поэтому в странах с холодными зимами и жарким летом в проводимых научных исследованиях в области использования солнечной энергии особое значение придаётся созданию простых и надёжных способов защиты солнечных коллекторов и систем от замерзания, застоя, перегрева и закипания теплоносителя, а также снижению их стоимости и эксплуатационных расходов. В этой связи повышение энергоэффективности и надёжности самодренируемых гелиоустановок для защиты солнечных коллекторов от повреждений за счёт совершенствования конструкции их компонентов, включая солнечный коллектор является актуальной научно-технической проблемой.

В передовых научных центрах мира проводятся научно-исследовательские работы по совершенствованию конструкций самодренируемых гелиоустановок и их компонентов, обеспечивающих защиту солнечных коллекторов от замерзания в них теплоносителя зимой или его закипания летом, путем периодического слива и заполнения системы водой, в зависимости от наличия солнечной радиации и отбора тепловой энергии от гелиоустановки. Поэтому выполняются научные исследования, целью которых является повышение энергоэффективности и надёжности самодренируемых гелиоустановок при реализации процессов заполнения водой, выработки теплоты и дренирования солнечных коллекторов при ежедневной эксплуатации. В данном направлении считается актуальным повышение энергоэффективности и надёжности самодренируемых гелиоустановок на основе совершенствования конструкции её компонентов, включая солнечный коллектор, способных реагировать на изменения потоков энергии и массы в условиях переменной интенсивности солнечной радиации.

В Узбекистане предусмотрена реализация большого и многообразного широкого комплекса мероприятий по выполнению исследований с целью создания новых высокоэффективных технологий, позволяющих увеличить объёмы использования и повысить эффективность применения альтернативных источников энергии, а также их реальное практическое внедрение. В стратегии перспективного развития Нового Узбекистана на период 2022-2026 годы

³Weiss W., Spörk – Dür M. “Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2023. Detailed Market Figures 2022. 2024 edition”. Available: <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2024.pdf>.

предусмотрены конкретные задачи, в том числе «..бесперебойное обеспечение экономики электроэнергией, активное внедрение технологий «Зелёной экономики» во все сферы, увеличение энергоэффективности экономики на 20 процентов»⁴. Для осуществления этих задач, предусматривающих строительство новых, реконструкцию и модернизацию существующих производств за счёт применения альтернативных источников энергии, в частности путём разработки энергосберегающих и надежных самодренируемых гелиоустановок для защиты солнечных коллекторов от повреждений важно проводить научные исследования, направленные на решение данных вопросов, которые являются очень востребованными.

Данное диссертационное научно-практическое исследование, в определенной степени, способствует выполнению поставленных задач, подробно изложенных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», а также постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП- 57 «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году от 16 февраля 2023 года, № ПП-4779 «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции, путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов» от 10 июля 2020 года и № ПП-4422 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии» от 22 августа 2019 года, в котором утверждены **долгосрочные целевые параметры развития ВИЭ.**

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное научное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан: IV. «Развитие методов использования возобновляемых источников энергии, создание технологий и устройств на основе нанотехнологии, фотоники и других передовых технологий».

Степень изученности проблемы. До настоящего времени проблема совершенствование гидродинамических режимов работы самодренируемых гелиоустановок с целью повышения их эффективности, а также самодренируемых гелиоустановок для защиты жидкостных солнечных коллекторов от замерзания зимой и закипания летом теплоносителя изучалась в национальной лаборатории Возобновляемых источников энергии (NREL, США), в Институте технологий тепловой энергии Кассельского университета (Uni Kassel, Германия) и многих других научных центрах. В настоящее время научные исследования по совершенствованию гидродинамических режимов работы самодренируемых гелиоустановок с целью повышения их тепловой эффективности проводятся в компаниях Five Star (КНР), Viessmann

⁴ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 8 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

(Германия) и GREEN one TЕС (Австрия) за счет применения новых современных технологий.

В странах ближнего зарубежья разработкой и внедрением самодренируемых гелиоустановок для защиты жидкостных солнечных коллекторов от замерзания зимой и закипания летом теплоносителя занимается ряд академических, научно-исследовательских и проектных институтов, а также производственных организаций. Среди них Объединенный институт высоких температур Российской Академии наук, Национальный исследовательский университет «МЭИ» и Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН, Российская Федерация), Киевский национальный университет строительства и архитектуры и КиевЗНИИЭП (Украина), ТбилЗНИИЭП (Грузия) и др. Научные исследования в области создания и повышения эффективности гелиоустановок горячего водоснабжения выполнены под руководством Б.В. Тарнижевского, О.С. Попеля, В.И. Виссарионова, Б.И. Казанджана и В.А. Бутузова (Российская Федерация), М.Д.Рабиновича, А.Р.Ферта и Н.В. Харченко (Украина), Н.В. Меладзе (Грузия), Р.Б. Байрамова и А.Д. Ушаковой (Республика Туркменистан), А.И. Исманжанова (Республика Кыргызстан), Р.А. Захидова, Р.Р. Аvezова и Ю.К. Рашидова (Республика Узбекистан).

Анализ выполненных работ показывает, что до настоящего времени применяется традиционный подход создания самодренируемых гелиоустановок для защиты жидкостных солнечных коллекторов от замерзания зимой и закипания летом теплоносителя, предполагающий упрощенное описание физических явлений без учёта неравновесных процессов и гидродинамических эффектов. Для повышения эффективности самодренируемых гелиоустановок не уделено должного внимания вопросам учета влияния гидродинамических характеристик активных элементов, которые при определенных условиях оказывают требуемое влияние на поведение системы, обеспечивая автоматическое поддержание заданных гидродинамических режимов работы системы солнечного теплоснабжения или переход их в другое требуемое состояние, причем без применения приборов автоматики. В этих исследованиях практически не решенными остались задачи, нацеленные на разработку простых с повышенной эффективностью и надёжностью самодренируемых гелиоустановок на основе эффективного применения саморегулируемых гидродинамических процессов и создания саморегулируемых элементов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с реализацией плана научно-исследовательских работ Ташкентского архитектурно-строительного университета по фундаментальному проекту «Научное обоснование и поиск способов повышения эффективности применения солнечной энергии в системах теплоснабжения».

Целью исследования является повышение энергоэффективности и надежности самодренируемой гелиоустановки, а также снижение инвестиционных и эксплуатационных затрат путем применения низкорасходного однократного нагрева теплоносителя в солнечных коллекторах и усовершенствования ее элементов, включая конструкцию солнечного коллектора.

Задачи исследования:

разработка основных требований к характеристикам оборудования и схемным решениям самодренируемых гелиоустановок с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в солнечных коллекторах;

оценка влияния изменения интенсивности солнечной радиации в самодренируемой гелиоустановке с активным элементом при низкорасходном однократном нагреве теплоносителя на величину относительной разности геометрических отметок взаимного расположения солнечных коллекторов и дренажного бака;

разработка методики расчёта времени дренирования и заполнения теплоносителем солнечных коллекторов в самодренируемой гелиоустановке при переменном напоре и уровне жидкости в дренажном баке;

исследование равномерной раздачи воды конусным водораспределителем по каналам солнечного коллектора, имеющим постоянное сечение;

исследование равномерного отбора воды из каналов солнечного коллектора водозаборником постоянного сечения;

разработка методики расчёта конусного водораспределителя и водозаборника постоянного сечения солнечного коллектора;

разработка и изготовление стенда для сравнительных испытаний новой конструкции солнечного коллектора для самодренируемой гелиоустановки;

внедрение научных результатов исследований самодренируемых гелиоустановок с малым удельным расходом теплоносителя, сниженными инвестиционными и эксплуатационными затратами, включая конструкцию солнечного коллектора в практику.

Объектом исследования являются самодренируемые гелиоустановки с активным элементом при низкорасходном однократном нагреве теплоносителя в солнечных коллекторах.

Предмет исследования составляют гидродинамические и тепловые процессы в самодренируемых гелиоустановках с активным элементом при низкорасходном однократном нагреве для условий двухфазного водо-воздушного потока в солнечных коллекторах.

Методы исследований. Исследования выполнены с использованием аналитических методов гидродинамического и математического моделирования и эксперимента; методов теории подобия и анализа размерностей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны основные требования к характеристикам оборудования и схемным решениям самодренируемых гелиоустановок с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в солнечных коллекторах для условий

двухфазного водо-воздушного потока и усовершенствована гидравлическая конфигурация схемы дренирования для переменной интенсивности солнечной радиации, обеспечивающие снижение инвестиционных и эксплуатационных затрат гелиоустановки;

получена зависимость для оценки влияния изменения интенсивности солнечной радиации в самодренируемой гелиоустановке с активным элементом при низкорасходном однократном нагреве теплоносителя на величину относительной разности геометрических отметок взаимного расположения солнечных коллекторов и дренажного бака;

разработана методика расчёта времени дренирования и заполнения теплоносителем солнечных коллекторов в самодренируемой гелиоустановке при переменном напоре и уровне жидкости в дренажном баке;

разработаны математическая модель равномерной раздачи воды конусным водораспределителем по каналам солнечного коллектора, имеющим постоянное сечение и экспериментальный стенд для сравнительных испытаний новой конструкции солнечного коллектора самодренируемой гелиоустановки.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны основные требования к характеристикам оборудования и схемным решениям самодренируемых гелиоустановок с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в солнечных коллекторах для условий двухфазного водо-воздушного потока и усовершенствована гидравлическая конфигурация схемы дренирования для переменной интенсивности солнечной радиации, обеспечивающие повышение эффективности солнечных коллекторов на 20 % и снижение потребления электроэнергии от электросети на 9-11%;

разработан инженерный метод расчета времени дренирования и заполнения теплоносителем солнечных коллекторов в самодренируемой гелиоустановке при переменном напоре и уровне жидкости в дренажном баке;

разработан и изготовлен экспериментальный стенд для сравнительных испытаний новой конструкции солнечного коллектора самодренируемой гелиоустановки с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в солнечных коллекторах для условий двухфазного водо-воздушного потока и усовершенствованной гидравлической конфигурации схемы дренирования при переменной интенсивности солнечной радиации.

Достоверность результатов исследований подтверждается применением опробированных современных методов гидродинамического моделирования и оптимизации параметров работы самодренируемых гелиоустановок и их активных элементов, близким совпадением результатов расчетных и экспериментальных результатов при одинаковых значениях исходных данных, сопоставлением результатов исследований с общеизвестными решениями и получением последних из полученных зависимостей.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научное значение результатов исследования заключается в выявлении и развитии способа повышения энергетической эффективности самодренируемых гелиоустановок на основе разработки основных требований к характеристикам оборудования и схемным решениям самодренируемых гелиоустановок с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в солнечных коллекторах для условий двухфазного водо-воздушного потока и усовершенствована гидравлическая конфигурация схемы дренирования для переменной интенсивности солнечной радиации, обеспечивающие снижение инвестиционных и эксплуатационных затрат гелиоустановки, а также надёжности самодренируемых гелиоустановок на базе применения саморегулируемых элементов, обеспечивающих эффективное использование нестационарных процессов в системах солнечного теплоснабжения для защиты от замерзания теплоносителя в солнечных коллекторах зимой и его закипания летом в режиме стагнации, разработана методика расчёта времени дренирования и заполнения теплоносителем солнечных коллекторов в самодренируемой гелиоустановке при переменном напоре и уровне жидкости в дренажном баке.

Практическое значение результатов исследований заключается в разработке усовершенствованной конструкции солнечного коллектора с улучшенными гидродинамическими характеристиками для работы в самодренируемых гелиоустановках с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя, а также инженерного метода расчета времени дренирования и заполнения теплоносителем солнечных коллекторов в самодренируемой гелиоустановке при переменном напоре и уровне жидкости в дренажном баке. Результаты выполненных научных исследований позволяют разработать конструкции простейших саморегулируемых гелиоустановок, обеспечивающих существенное повышение энергетической эффективности, экономичности и надёжности гелиосистем, снижение материалоёмкости и стоимости отдельных её элементов и узлов, значительное упрощение их эксплуатации по сравнению с традиционными решениями.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по энергосберегающим и надёжным самодренируемым гелиоустановкам для защиты солнечных коллекторов от повреждений:

метод повышения энергоэффективности и надёжности самодренируемой гелиоустановки за счет разового нагрева теплоносителя низким потоком в солнечных коллекторах и совершенствования конструкции солнечного коллектора, а также снижения инвестиционных и эксплуатационных затрат внедрен в частном предприятии "Gold-Arch Construction" в доме 59 МСГ Шодлик Ташкентской области (Ассоциация предприятий промышленности строительных материалов Узбекистана 11.18.2022 г. Справка № 05/15-2819). В результате достигнуто повышение эффективности солнечных коллекторов до 20%, экономия потребления электроэнергии от сети на 9-11% и годовой экономический эффект составляет 31407063 сумов (Акт внедрения частного предприятия "Gold-Arch

Construction" от 05.08.2022 г. по адресу: Ташкентская область, махалля Шодлик, дом 59);

метод повышения энергоэффективности и надежности самодренажного гелиоустановки за счет разового нагрева теплоносителя низким потоком в солнечных коллекторах и совершенствования конструкции солнечного коллектора, а также снижения инвестиционных и эксплуатационных затрат внедрен на солнечных водонагревательных установках на улице Дурмон, 4-й тупик Курама Ташкентской области (утверждено Министерством жилищно-коммунального обслуживания Республики Узбекистан 05.09.2022 г. В результате достигнуто снижение эффективности солнечных коллекторов, потребления электроэнергии и природного газа от сети на 20% и достигнут годовой экономический эффект в размере 39 366 894 сумов (Акт внедрения Ташкентского областного производственного управления теплоснабжения от 09.08.2021 г.).

Апробация результатов исследования. Результаты исследований диссертации обсуждались на 8 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 26 научных работ, из них 12 научных статей, в том числе 2 в зарубежных журналах, 10 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также получено 1 свидетельство на DGU (DGU No12942) АИС РУз.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Основной объём диссертации составляет 120 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность решаемой проблемы и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объект и предмет исследований, определено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна исследований и практические результаты, указано внедрение результатов исследований в производство, приведены сведения об апробации результатов исследований и опубликованных научных трудах по теме диссертационной работы, а также сведения о структуре и объеме диссертации.

В **первой** главе диссертации «**Защита солнечных коллекторов от повреждений в результате кипения и замерзания воды при высоких и низких температурах окружающей среды: мировой и местный опыт**» проанализированы масштабы применения солнечных коллекторов (СК) в мире, их виды и методы предотвращения неисправностей, возникающих при практической эксплуатации, рассмотрены традиционные самодренируемые гелиоустановки (СДГ), применяемых в мировой практике для защиты СК от механического повреждения в летний и зимний периоды года, их достоинства

и недостатки, основные тенденции совершенствования конструкций традиционных и современных инновационных СДГ на основе использования активных элементов (АЭ) их разновидности, тенденции практического применения и современные способы их защиты от замерзания и закипания теплоносителя при низких и высоких температурах окружающей среды в зимний и летний периоды года, рассмотрены гидравлические конфигурации типовых схем СДГ, пути совершенствования их конструкций и гидродинамических режимов работы на основе применения АЭ.

Анализ современного состояния мирового и отечественный опыта разработки и применения на практике различных методов защиты СК от замерзания и закипания теплоносителя показывает, что возможно дальнейшее повышение энергетической эффективности СДГ с АЭ в виде сужающих устройств путём применения в них низкорасходного однократного нагрева теплоносителя в СК и усовершенствования ее элементов, включая конструкцию СК.

Рабочая гипотеза. Предполагается, что дальнейшее повышение энергосбережения и надежности самодренируемых гелиоустановок, а также снижение их инвестиционных и эксплуатационных затрат **может быть достигнуто** за счёт применения в них низкорасходного однократного нагрева теплоносителя в солнечных коллекторах и усовершенствования ее элементов, включая конструкцию солнечного коллектора.

В результате критического анализа состояния решения проблемы, литературных и патентных источников по теме диссертационной работы сформулированы цель и задачи исследований.

Во **второй** главе диссертации под названием **«Теоритическое исследование самодренируемой гелиоустановки с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в солнечных коллекторах при переменной интенсивности солнечной радиации»** приведены результаты исследований по разработке основных требований к характеристикам оборудования и схемным решениям СДГ с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в СК, по созданию усовершенствованной гидравлической конфигурации схемы дренирования для переменной интенсивности солнечной радиации, обеспечивающей снижение инвестиционных и эксплуатационных затрат гелиоустановки, по определению влияния интенсивности солнечной радиации на взаимное расположение СК и дренажного бака, по расчёту времени дренирования и заполнения теплоносителем СК в СДГ, по разработке и решению математической модели равномерной раздачи воды конусным водораспределителем по каналам СК.

Для повышение эффективности и надежности широко применяемых в настоящее время в мировой практике СДГ типа Drainback systems (рис.1, а), а также её модернизированной схемы с активным элементом (АЭ) в виде сужающего устройства – трубы Вентури (рис.1, б), которые рассчитаны на работу с постоянным и высоким расходом теплоносителя в гелиоконтуре порядка 40-50 л/(час•м²), была разработана новая усовершенствованная

гидравлическая конфигурация СДГ с переменным низкорасходным (7-14 л/(час•м²)) однократным нагревом теплоносителя в СК (рис.1, в).

Для этого в гелиоконтуре СДГ установлен насос 1, электродвигатель 2 которого подключен к фотоэлектрическому преобразователю 3, вырабатывающего электрический ток пропорционально интенсивности падающей солнечной радиации, что обеспечивает соответствующий переменный расход теплоносителя через СК. Выполнение дренажного бака 4 с мембраной 5, разделяющего его на воздушные и водяные объемы, а также дополнительная установка в воздухооборника-сепаратора 6, обратного клапана 7 и активного элемента 8 в виде трубы Вентури, суженное сечение которого соединено с дренажным баком 4, обеспечивает устойчивую работу СДГ при переменных низких расходах теплоносителя.

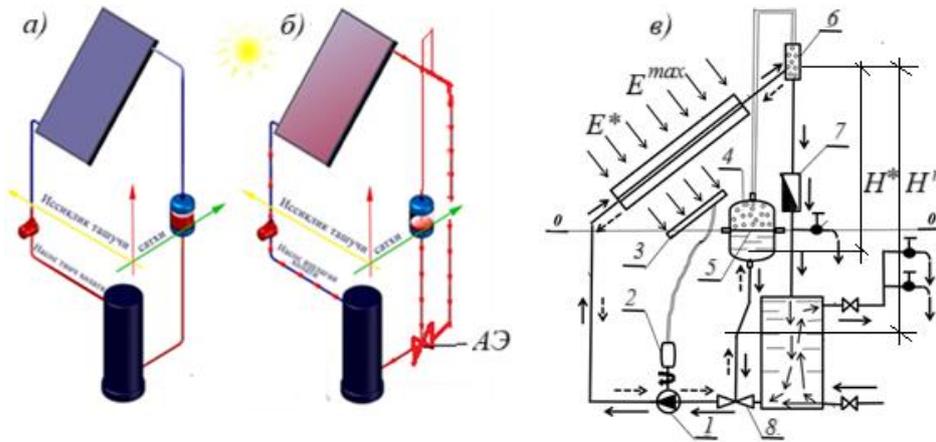


Рис.1. СДГ тип Drainback system (а), её модернизированная схема АЭ (б) и усовершенствованная гидравлическая конфигурация (в) переменным низкорасходным однократным нагревом в СК

Для определения влияния изменения интенсивности падающей на СК солнечной радиации E от максимального E^{max} (см.рис.1, в) до его расчётного значения E^* на высоту изменения расстояния H от максимального H^{max} до расчётной H^* , определяющей взаимное расположение СК и дренажного бака в СДГ с АЭ, рассмотрен переменный режим работы гелиоконтур при разных расходах G теплоносителя от максимального G^{max} и до расчётного G^* .

С этой целью составлены следующие уравнения:

- для перепада давления Δp_{nas} , развиваемого насосом в самодренируемом гелиоконтуре с АЭ в виде трубы Вентури

$$\Delta p_{nas} = \rho g H - \left(\frac{\alpha_1}{F_1^2} - \frac{\alpha_2}{F_2^2} \right) \frac{G^2}{2\rho} + S_2 G^2 \quad (1)$$

- для мгновенной теплопроизводительности Q солнечного коллектора

$$Q = \eta E = c_p G (t_2 - t_1), \quad (2)$$

здесь H – высота гелиоустановки, м; α_1, α_2 – коэффициенты Кориолиса в узком F_1 и F_2 широком сечениях трубы Вентури; ρ – плотность, кг/м³; S – характеристика сопротивления сети гелиоконтур, Па/(кг/с)²; g – ускорение силы тяжести, м/с²; c_p – теплоёмкость, Дж/(кг•°С); t_1, t_2 – температура воды на входе и выходе из СК, °С.

Решая уравнение (2) относительно расхода G и подставляя это значение в уравнение (1) и переписывая его для СДГ с расчётными параметрами E^*, H^* ,

G^* и текущими его значениями E , H , G , а также вычитая из последнего предыдущее уравнение и введя обозначение

$$\bar{H} = \frac{H}{H^*}, \quad (3)$$

находим

$$\bar{H} = \left(\frac{\eta E}{\eta^* E^*} \right)^2 \frac{(t_2^* - t_1^*)^2}{(t_2 - t_1)^2}. \quad (4)$$

Полученная зависимость (4) позволяет оценить влияние изменения интенсивности солнечной радиации E в СДГ с АЭ при низкорасходном однократном нагреве теплоносителя на величину относительной разности \bar{H} геометрических отметок взаимного расположения СК и дренажного бака.

Для определения времени дренирования или заполнения теплоносителем СК в СДГ при переменном напоре H_1 разности уровней жидкости в СК 1 и дренажном баке 2, рассмотрена расчётная схема, показанная на рис.2.

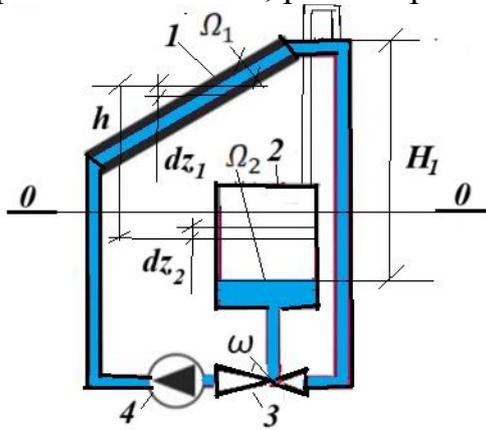


Рис.2. Расчётная схема СДГ: 1-СК; 2- дренажный бак; 3 – АЭ; 4-насос

Если расход при напоре h обозначить через Q , то за время dt из СК через АЭ 3 в дренажный бак 2 перетечет следующее количество теплоносителя:

$$Q dt = \mu_c \omega \sqrt{2gh} dt, \quad (5)$$

где μ_c – коэффициент расхода системы.

Если за время dt в СК уровень понизится на величину dz_1 , а в дренажном баке 2 повысится на величину dz_2 , то тогда объёмы теплоносителя

$$-\Omega_1 dz_1 = \Omega_2 dz_2, \quad (6)$$

а напор изменится на величину

$$dh = dz_1 - dz_2. \quad (7)$$

Из уравнений (5)-(7) следует

$$\mu_c \omega \sqrt{2gh} dt = -\Omega_1 dz_1, \quad (8)$$

и тогда

$$dt = -\frac{\Omega_1 dz_1}{\mu_c \omega \sqrt{2gh}}, \quad (9)$$

или

$$t = -\frac{\Omega_1}{\mu_c \omega \sqrt{2g}} \int \frac{dz_1}{\sqrt{h}}. \quad (10)$$

Из уравнений (6) и (7) находим:

$$dz_1 = \frac{\Omega_1}{\Omega_1 + \Omega_2} dh. \quad (11)$$

Подставляя это значения dz_1 в уравнение (10), после интегрирования находим время t , в течение которого разность уровней уменьшается от H_1 до H_2 , а именно

$$t = \frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{1}{\mu_c \omega \sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dh}{\sqrt{h}} = \frac{2\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}}{\mu_c \omega \sqrt{2g}}. \quad (12)$$

Время, в течении которого теплоноситель устанавливается на одном уровне, находится из уравнения (12) при подстановке в него $H_2 = 0$:

$$t = \frac{2\Omega_1\Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{\sqrt{H_1}}{\mu_c \omega \sqrt{2g}}. \quad (13)$$

Уравнение (13) справедливо также для определения времени заполнения СК при пуске циркуляционного насоса 4.

Для разработки конструкции СК с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя с равномерным распределением потока по гидравлическим каналам, рассмотрен процесс раздачи воды конусным гидравлическим коллектором длиной l , диаметром в начале d_n , а в конце d_o , вдоль которого в один ряд расположен пучок подъёмных труб с одинаковыми диаметрами $\delta_{тр}$, с расходом теплоносителя G , скоростью в начале W_n и с коэффициентом расхода μ (рис.3).

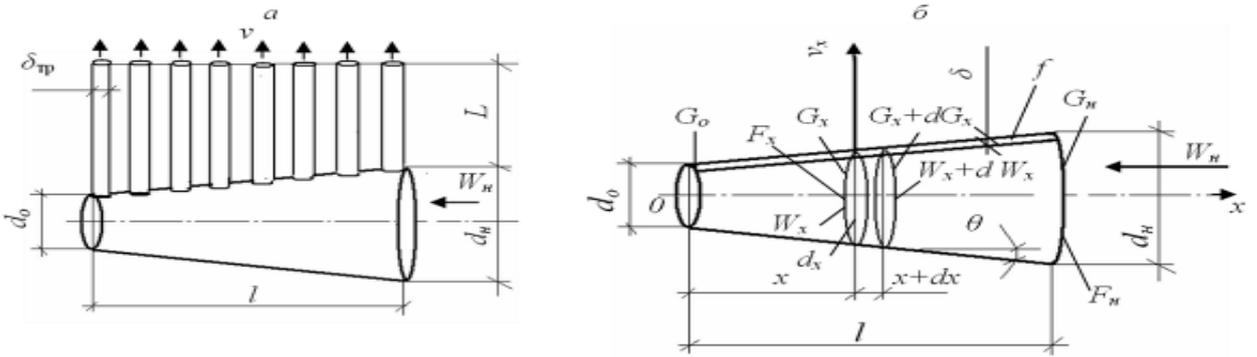


Рис. 3. Схема конусного гидравлического канала с однорядным пучком подъёмных труб (а) и с условной щелью постоянной ширины (б)

Процесс распределения потока описан дифференциальным уравнением

$$\bar{G}_x'' \bar{G}_x' + \frac{\mu^2 \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2} \bar{G}_x' \bar{G}_x' - \frac{\mu^2 \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2} \left[\frac{\bar{F}_x'}{\bar{F}_x} + \frac{\lambda \bar{l}}{2\bar{d}_x} \right] \bar{G}_x^2 = 0, \quad (14)$$

где $\bar{f} = \frac{f}{F_n} = \frac{\delta l}{F_n \cos \theta}$; $\bar{l} = \frac{l}{d}$; $\bar{d}_0 = \frac{d_0}{d_n}$; $\bar{d}_x = \frac{d_x}{d_n} = \frac{d_0 + 2x \operatorname{tg} \theta}{d_n} = \frac{d_0 + 2x \frac{d_n - d_0}{2l}}{d_n} = \bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x}$; (15)

$$\bar{F}_x = \bar{d}_x^2 = \left[\bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x} \right]^2; \quad (16)$$

$$\bar{F}_x' = 2 \left[\bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x} \right] (1 - \bar{d}_0); \quad (17)$$

Граничные условия

$$\text{при} \quad \left. \begin{array}{l} \bar{x} = 0 \\ \bar{x} = 1 \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} \bar{G}_0 = 0 \\ \bar{G}_n = 1 \end{array} \right\} \quad (18)$$

Величина $\mu \bar{f}$ является параметром условной щели, а $\lambda \bar{l}$ - параметром канала. Отклонение неравномерной раздачи воды от равномерной раздачи составит

$$r_x = \bar{v}_x - 1. \quad (19)$$

Установим зависимость r_x от величин $\mu \bar{f}$, $\lambda \bar{l}$, \bar{d}_0 и \bar{x} .

Аналитическое решение нелинейного дифференциального уравнения (14) с граничными условиями (18) весьма затруднено. В связи с этим его интегрирование было выполнено численным методом. В результате расчёта были получены таблицы с изменением r_x в зависимости от \bar{x} при различных значениях величин $\mu \bar{f}$, $\lambda \bar{l}$ и \bar{d}_0 .

Относительное отклонение неравномерной раздачи воды от равномерной по длине канала $r_{\bar{x}}$ в общем случае изменяется следующим образом: в конце канала $r_{\bar{x}}$ имеет значение r_0 , затем по мере увеличения \bar{x} величина $r_{\bar{x}}$ уменьшается и достигает минимума $r_{мин}$, после чего при дальнейшем увеличении \bar{x} величина $r_{\bar{x}}$ растёт и достигает в начале канала значение r_n .

По результатам расчёта при разных значениях \bar{d}_o были построены графики относительного отклонения в конце, в сечении с наименьшей скоростью истечения и в начале канала: r_0 , $r_{мин}$, r_n . При этом наименьшие отклонения оказались у каналов с $\bar{d}_o = 0,8$. Поэтому графики отклонения r_0 , $r_{мин}$, r_n приведены только для каналов с таким сужением (рис. 4).

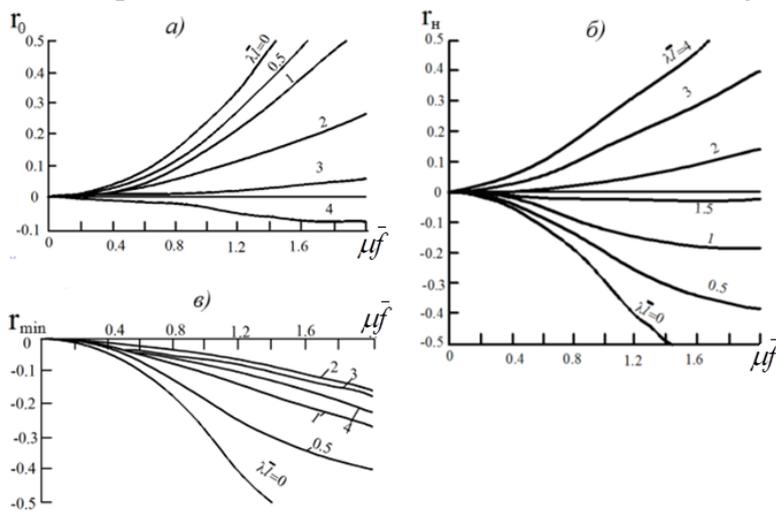


Рис. 4. График изменения относительного отклонения в конце (а), в сечении с наименьшей скоростью истечения (б) и в начале (в) конусного канала с продольной щелью при $\bar{d}_o = 0,8$.

Поэтому при конструировании и проектировании, как отдельных солнечных коллекторов, так и систем СВК следует стремиться, чтобы выполнялось условие

$$\mu \bar{f} \rightarrow \min . \quad (20)$$

Выполнение условия (20) возможно при $\mu \rightarrow \min$ и при $\bar{f} \rightarrow \min$.

На основе полученных зависимостей была разработана и изготовлена конструкция СК для СДГ с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя (рис.5).

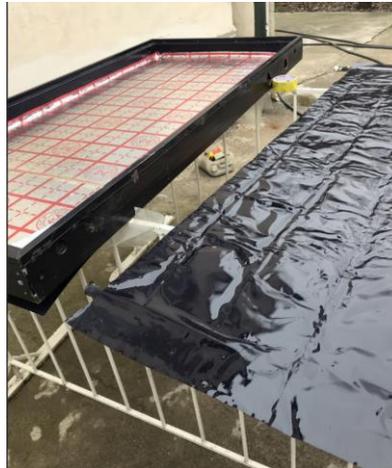
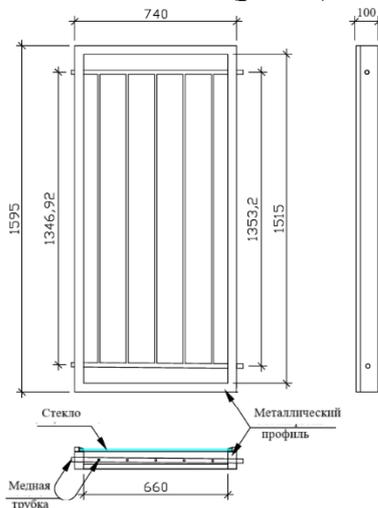


Рис.5. Конструкция СК для СДГ с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя: слева чертёж СК, справа – общий вид корпуса и медного обсорбера, окрашенного в чёрный цвет.

Габаритные размеры СК 1595×740×100 мм. Общая площадь СК 1,18 м², полезная поверхность 1 м². Вертикальные подъёмные трубки медные диаметром Ø9,9×0,8 мм, горизонтальные трубки медные - Ø19,9×0,75 мм. Абсорбер изготовлен из медного листа толщиной 0,32 мм. Внутренний объём каналов СК 0,78 л.

В третьей главе «Экспериментальные исследования самодренлируемой гелиоустановки с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в солнечных коллекторах» приведено описание гидравлического стенда для исследования гидродинамических характеристик АЭ в виде полипропиленовых труб Вентури, а также разработанной конструкции СК, методики проведения экспериментов и обработки их результатов.

Вследствие отличия характеристик потока и потерь давления в полипропиленовых трубах Вентури, имеющих более гладкую внутреннюю поверхность от характеристик потока в стандартных металлических сужающих устройствах и других ранее изученных конфузурно-диффузорных переходах, были проведены испытания полипропиленовых трубы Вентури с большой степенью сужения потока для области вязкостного сопротивления. Опытные данные обрабатывали в критериальной форме. Общий вид критериального уравнения получен на основе анализа размерностей и соответствует « π - теореме».

Для определения коэффициентов сопротивления полипропиленовых труб Вентури были изготовлены их опытные образцы (рис.6, а) и экспериментальный стенд для их испытания.

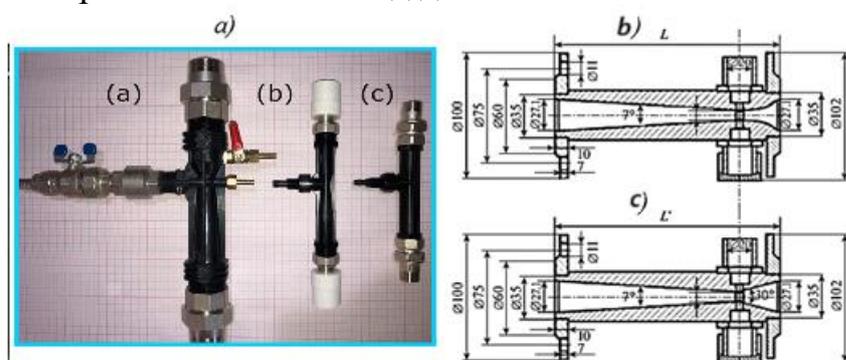


Рис. 6. Опытные образцы полипропиленовых труб Вентури; а – общий вид; б – с криволинейным (по радиусу) конфузуром; с – с прямолинейным конфузуром.

Изготавливались они в двух вариантах: с криволинейным конфузуром, очерченным по радиусу $R_k = 1,5 \div 4d$ (рис.6, б), и с прямолинейным конфузуром с углом сходимости $\alpha_k = 30^\circ$ (рис.6, с). Диффузорная часть перехода в обоих случаях была одинаковой и имела угол конусности $\alpha_\delta = 7^\circ$. Остальные геометрические характеристики, испытанных сужающихся устройств, приведены в таблице 1.

По результатам испытаний полипропиленовых труб Вентури установлены следующие критериальные зависимости для переходов при степени их сужения от 2 до 5:

- с криволинейным конфузуром $\zeta_{кр} = 15,875 Re^{-0,46} \left(\frac{D}{d}\right)^{0,65} \left(\frac{\delta}{d}\right)^{0,08}$; (21)

- с прямолинейным конфузуром $\zeta_{пр} = 7,244Re^{-0,38} \left(\frac{D}{d}\right)^{0,69} \left(\frac{\delta}{d}\right)^{0,08}$. (22)

Уравнения (21 и (22) справедливы при $Re = (0,25 \div 1,5) \cdot 10^5$; $D/d = 2 \div 5$; $\delta/d = 0,2 \div 0,6$; $l/d = 1$.

Таблица 1.

Характеристики опытных образцов полипропиленовых труб Вентури

Соотношение диаметров D/d	Диаметр горловины, d , мм	Диаметр отверстий в стенке горловины, δ , мм	Длина вставки, l , мм	Общая длина перехода с криволинейным и прямолинейным конфузуром, L/L , мм
2	13,5	2,7; 5,4; 8,1	13,5	132,2 / 152,6*
3	9,0	1,8; 3,6; 5,4	0,9	168 / 196*
5	5,4	1,0	5,4	201,6 / 228,4*

На рис.7 в логарифмических координатах приведены результаты испытаний полипропиленовых труб Вентури с криволинейным и прямолинейным конфузуром для трех соотношений диаметров $D/d=2; 3; 5$; при числах Рейнольдса $Re = (0,25 \div 1,5) \cdot 10^5$. Здесь же приведены опытные данные Б.И.Яньшина, для переходов с аналогичной формой при $D/d=2$, полученные им на аэродинамическом стенде при больших числах Рейнольдса.

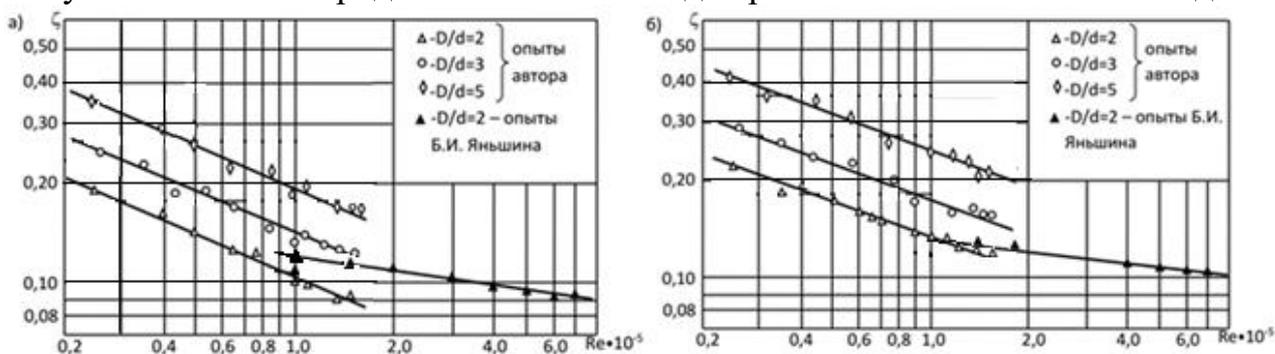


Рис. 7. Зависимость коэффициентов сопротивления ζ полипропиленовых труб Вентури с криволинейным (а) и прямолинейным (б) конфузуром от числа Рейнольдса при различных соотношениях диаметров D/d по опытным данным.

Предложена методика гидравлического расчета самодренирующегося гелиоконтра, основанная на методе характеристик сопротивления

Для проведения экспериментальных исследований разработанной конструкции СК для СДГ с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя был разработан и изготовлен специальный передвижной (на роликах) экспериментальный стенд (рис.8), позволяющий проводить исследования как в лабораторных условиях с имитацией солнечного излучения основе трёх галогенных ламп (рис.8, а), так и в натуральных условиях (рис.8, б).

По результатам испытаний определялась эффективность разработанного СК η при различных расходах теплоносителя G в зависимости от интенсивности солнечной радиации E , температуры окружающего воздуха $t_{в}$ и средней температуры нагреваемого в СК теплоносителя $t_{ср}$. Учитывая, что площадь изготовленного экспериментального образца СК равна 1 м^2 его эффективность определялась по формуле:

$$\eta = \frac{Q}{E} = \frac{c_p G(t_2 - t_1)}{E}. \quad (23)$$

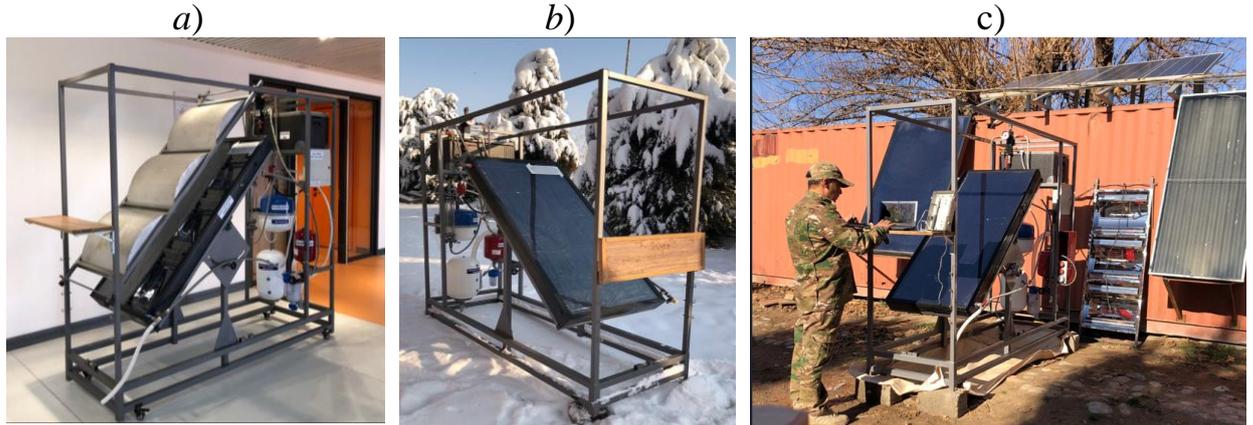


Рис. 8. Передвижной экспериментальный стенд для определения характеристик СК в лабораторных (а) и в натуральных (б) условиях, а также фрагмент процесса проведения экспериментов

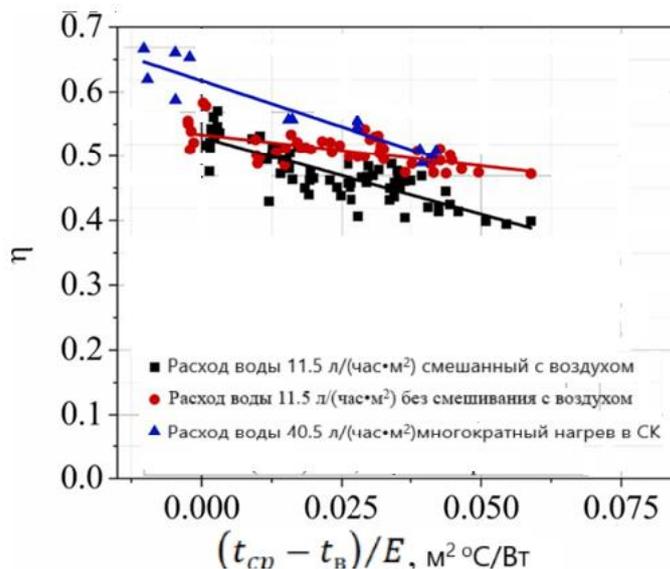
Испытания СК проводились либо в натуральных условиях в полдень в ясные дни, либо в помещении в лабораторных условиях с применением солнечного имитатора. В обоих случаях диффузная составляющая солнечной радиации мала и падающее излучение направлено почти по нормали к поверхности коллектора. В результате значение приведённой поглощательной способности, определяемой из этих опытов, соответствует прямой радиации, падающей по нормали к поверхности, и обозначается $(\tau\alpha)_n$.

Поэтому результаты испытаний лучше всего представить в виде графика зависимости мгновенной эффективности коллектора от параметра $(t_{cp} - t_B)/E$. В этом случае эффективность коллектора будет равна

$$\eta = \frac{Q}{E} = \frac{F_R(\tau\alpha)_n - F_R U_L(t_{cp} - t_B)}{E}, \quad (24)$$

где $t_{cp} = (t_2 + t_1)/2$ – средняя температура воды, нагреваемой в СК, °С.

На основе проведённых испытаний разработанного СК были построены графики зависимости эффективности η от параметра $(t_{cp} - t_B)/E$ (рис.9),



для расходов воды 11,5 л/(час·м²) через СК при наличии смешения с воздухом и без смешения, что характерно для известных СДГ и предлагаемого решения. Установлено, что наличие воздуха уменьшает эффективном СК до 20%.

Рис.9. Сравнение изменения тепловой эффективности η СК для различных расходов при наличии и отсутствии перемешивания воды с воздухом при дренировании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны основные требования к характеристикам оборудования и схемным решениям самодренируемых гелиоустановок с низкорасходным однократным нагревом теплоносителя в солнечных коллекторах для условий двухфазного водо-воздушного потока и усовершенствована гидравлическая конфигурация схемы дренирования для переменной интенсивности солнечной радиации, обеспечивающие снижение инвестиционных и эксплуатационных затрат гелиоустановки;

2. Повышения энергосбережения и надежности самодренируемых гелиоустановок, а также снижения их инвестиционных и эксплуатационных затрат можно достичь за счёт применения в них низкорасходного однократного нагрева теплоносителя в солнечных коллекторах при удельных расходах теплоносителя в пределах от 7.2 до 21.6 кг/(м²•час) и усовершенствования ее элементов, включая конструкцию солнечного коллектора.

3. Получена зависимость для оценки влияния изменения интенсивности солнечной радиации в самодренируемой гелиоустановке с активным элементом при низкорасходном однократном нагреве теплоносителя на величину относительной разности геометрических отметок взаимного расположения солнечных коллекторов и дренажного бака.

4. Разработана методика расчёта времени дренирования и заполнения теплоносителем солнечных коллекторов в самодренируемой гелиоустановке при переменном напоре и уровне жидкости в дренажном баке.

5. Разработаны математическая модель равномерной раздачи воды конусным водораспределителем по каналам солнечного коллектора, имеющим постоянное сечение и экспериментальный стенд для сравнительных испытаний новой конструкции солнечного коллектора самодренируемой гелиоустановки.

6. Разработан и изготовлен экспериментальный стенда для сравнительных испытаний новой конструкции солнечного коллектора для самодренируемой гелиоустановки.

7. Результаты проведённых исследований, в частности, разработанный метод повышения энергоэффективности и надежности самодренируемой гелиоустановки за счет разового нагрева теплоносителя низким потоком в солнечных коллекторах и совершенствования конструкции солнечного коллектора внедрены частным предприятием "Gold-Arch Construction" в доме 59 МСГ Шодлик Ташкентской области. В результате достигнуто повышение эффективности солнечных коллекторов до 20%, экономия потребления электроэнергии от сети на 9-11% и годовой экономический эффект составляет 31407063 сумов, а также внедрены на солнечных водонагревательных установках на улице Дурмон, 4-й тупик Курама Ташкентской области. В результате достигнуто снижение потребления электроэнергии и природного газа от сети на 20% и достигнут годовой экономический эффект в размере 39 366 894 сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING SCIENTIFIC DEGREE
PhD.26/27.02.2020.T.109.01 AT THE SAMARKAND STATE
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION UNIVERSITY**

TASHKENT UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

KARSHIYEV SHARIF SHERQULOVICH

**ENERGY-EFFICIENT AND RELIABLE SELF-DRAINING SOLAR
INSTALLATIONS FOR PROTECTING SOLAR COLLECTORS FROM
DAMAGE**

05.09.03 – Heat supply. Ventilation, air conditioning. Gas supply and lighting.

**DISSERTATION ABSTRACT
of doctor of philosophy (PhD) dissertation on technical sciences**

Samarqand – 2025

The theme of the dissertation for the degree of doctor of philosophy is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan B2021.1.PhD/T1259.

The dissertation was conducted at the Tashkent university of architecture and construction.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific council (www.samdaqu.edu.uz) and on Information and educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific advisor

Rashidov Yusuf Karimovich,
Doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents:

Klichev Shavkat Isakovich,
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

Abdullayev Qulmamat Yusupovich,
Candidate of technical sciences, docent

Leading organization:

Namangan State Technical University

Defensing of the dissertation will take place on «29» of august 2025 at 14⁰⁰ hours at a meeting of the Scientific Council numbered PhD.26/27.02.2020.T.109.01 meeting at Samarkand State Architecture and Construction University as the following address: 140147, Samarkand, Lolazor st., 70. Tel.: (998.66) 237-18-47; fax: (998 66) 237-19-53, e-mail: samdaqu@edu.uz.

The dissertation can be found in the Information Resource Center of the Samarkand State Architecture and Construction University (registered under No 264). Address: 140147, Samarkand, st. Lolazor, 70. tel.: (998 97) 315-44-50, e-mail: <http://arm.samdaqu.edu.uz>.

The abstract of the dissertation was circulated on 13 08 2025.
(mailing report № 9 on «13» 08 2025 year).



S.M. Boboev

Deputy of the chairman of the Scientific Council for the award the degree of Doctor of Science, Doctor of technical Sciences, Professor

R.M. Makhmudov

Scientific Secretary of the Scientific Council for the awarding scientific degrees, Candidate of technical sciences, docent

E.S. Tulakov

Chairman of scientific Seminar at the attachment to the Scientific council for the award the degrees, Doctor of technical Sciences, Professor.

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the study is to increase the energy efficiency and reliability of a self-draining solar installation with low-consumption single-heating of the heat carrier in solar collectors, to reduce investment and operating costs by improving its elements, including the design of the solar collector.

The tasks of the research:

development of basic requirements for the characteristics of equipment and schematic solutions of self-draining solar installations with low-consumption single-use heating of the heat carrier in solar collectors;

assessment of the influence of changes in solar radiation intensity in a self-draining solar installation with an active element on the relative difference in the geometric marks of the mutual arrangement of solar collectors and a drainage tank when heating the heat carrier at a low flow rate;

development of a methodology for calculating the time of drainage and filling of solar collectors with a heat carrier in a self-draining solar installation at variable pressure and liquid level in the drainage tank;

study of the uniform distribution of water by a conical water distributor through solar collector channels with a constant cross-section;

study of the uniform water intake from solar collector channels by a permanent cross-section water intake;

development of a methodology for calculating a conical water distributor and a water intake with a constant cross-section of a solar collector;

development and manufacture of a stand for comparative tests of the new design of a solar collector for a self-draining solar installation;

implementation of the scientific results of research on self-draining solar installations with low specific heat carrier consumption, reduced investment and operating costs, including solar collector design, into practice.

The object of the research is self-draining solar installations with an active element in solar collectors with low-flow single-heating of the heat carrier.

Scientific novelty of the research work is as following stages:

the main requirements for the characteristics of equipment and schematic solutions of self-draining solar installations with low-consumption single-stroke heating of the heat carrier in solar collectors for two-phase water-air flow conditions have been developed, and the hydraulic configuration of the drainage scheme for variable solar radiation intensity has been improved, ensuring a reduction in investment and operating costs of the solar installation;

a dependence was obtained for assessing the influence of changes in solar radiation intensity in a self-draining solar installation with an active element on the relative difference in the geometric marks of the mutual arrangement of solar collectors and a drainage tank when the heat carrier is heated once at low flow rates;

a method for calculating the drainage time and filling of solar collectors with a heat carrier in a self-draining solar installation under variable pressure and liquid level in the drainage tank has been developed;

a mathematical model for the uniform distribution of water by a conical water distributor through solar collector channels with a constant cross-section and an

experimental stand for comparative tests of the new design of a self-draining solar collector have been developed.

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The main volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть, I part)

1. Rashidov Yu.K., Rashidov K.Yu., Mukhin I.I., Sur'atov Kh.T., Orzimatov J. T., Karshiev Sh. Sh. Main Reserves for Increasing the Efficiency of Solar Thermal Energy in Heat Supply Systems (Review)// Applied Solar Energy. – USA. 2019. – Vol.55, №2. – pp. 91-100 (05.00.00; №4).
2. Рашидов Ю.К., Рашидов К.Ю., Мухин И.И., Суръатов Х.Т., Орзиматов Ж.Т., Каршиев Ш.Ш. Основные резервы повышения эффективности использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения // Гелиотехника.- Ташкент, 2019, Том 55, №1, с.19-36. (05.00.00; №1).
3. Karshiev Sh.Sh. Solar collector's development drain back systems International Journal of Research. ISSN:2236-6124 Volume–IX. Issue IX,. Impact factor -5.7. September-2020, pp. 229–233.
4. Karshiev Sh.Sh. Devices for protecting modern solar collectors // Universum технические науки. Международный научный журнал. ISSN NO:2311-5122.– № 9(78), 2020.vol. 6, no. 7, pp. 96–99. (02.00.00; №1).
5. Rashidov Yu. K., Karshiev Sh.Sh. Modern solar collectors from destruction self-draining solar devices to protect // Ўзбекгидроэнергетика илмий-техник йўналиши журнали, – Ташкент: ТДТУ 2021, №2. 78-79 бет (05.00.00; №21).
6. Қаршиев Ш.Ш. Энергия тежамкор инновацион яратилган лаборатория стендини, қуёш иссиқлик таъминоти тизимларида қуёш коллекторларини ўзини ўзи дренаж қиладиган ва турли хил шароитларда мавсумий синаб кўриш // Academic research in educational sciences. ISSN: 2181-1385 scientific journal impact factor (sjif) 2021: 5.723. Volume-2. Issue-6, 357-362бет.
7. Karshiev Sh.Sh. Methods for developing the efficiency of solar collectors in heating supply systems // Архитектура, қурилиш ва дизайн илмий-амалий журнали. – Ташкент: ТАҚИ, 2021. – №3, 187-190 бет (05.00.00; №4).
8. Қаршиев Ш.Ш. Энергия тежамкор инновацион яратилган лаборатория стендини, қуёш иссиқлик таъминоти тизимларида қуёш коллекторларини ўзини ўзи дренаж қиладиган ва турли хил шароитларда мавсумий синаб кўриш // Архитектура, қурилиш ва дизайн илмий-амалий журнали. – Ташкент: ТАҚИ, 2021. – №3, 190-194 бет (05.00.00; №4).
9. Karshiev Sh.Sh. Methods of efficiency development of energy saving solar collectors in heating supply systems// Ўзбекгидроэнергетика илмий-техник йўналиши журнали, – Ташкент: ТДТУ 2021, №3.11- октябр 60-62 бет (05.00.00; №21).
10. Қаршиев Ш.Ш. Қуёш иссиқлик таъминоти тизимларида, қуёш коллекторларини ўзини ўзи дренаж қилишда вентури қузури билан энергия тежамкорлигини ишончлигини таъминлаш. //

Ўзбекгидроэнергетика илмий-техник йўналиши журнали, Ташкент: ТДТУ 2022, №1. 76-78 бет (05.00.00; №21).

11. Қаршиев Ш.Ш. Вентури қувури билан, қуёш коллекторларини ўзини ўзи дренаж қилишида энергия тежамкорлигини ва ишончилигини таъминлаш. // Архитектура, қурилиш ва дизайн илмий-амалий журнали. – Ташкент: ТАҚИ, 2022. – №2, 220-223 бет. (05.00.00; №4).
12. Қаршиев Ш.Ш. Қуёшли иссиқлик таъминоти тизимларида энергия тежамкор қуёш коллекторларини самарадорлигини оширишда гидравлик жараёнлари. // Ўзбекгидроэнергетика илмий-техник йўналиши журнали, Ташкент: ТДТУ 2023, №1. 70-73 бет (05.00.00; №21).

II бўлим (II часть, part II)

13. Karshiyev Sh.Sh. DGU 2021291. “Issiqlik ta`minoti tizimlarida quyosh kollektorlarini buzulishdan himoyalash uchun energiya tejamkor va ishonchli o`zini-o`zi drenaj diladigan gelioqurilmalarning issiqlik miqdorini aniqlash tizimi” EXM uchun dasturni O`zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi. Guvoxnoma №12942.
14. Рашидов Ю.К., Каршиев Ш.Ш., Мухин И.И., Рашидов К.Ю. Расчётные зависимости для проектирования самодренируемой гелиоустановки с активным элементом. Международная научно-практическая конференция «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность–2018», Севастополь 24-27 сентября 2018 года, стр.1002-1006.
15. Рашидов Ю.К., Рашидов К.Ю., Каршиев Ш.Ш. Разработка способов защиты самодренируемых гелиоустановок от гидравлических ударов при пуске и остановке циркуляционных насосов // Мухандислик коммуникацияларини лойиҳалаш, қуриш ва фойдаланишда инновацион технологиялар Республика илмий ва илмий-техник анжумани. ФарПи-Фарғона. 29-30 март 2019. 69-72 бет.
16. Каршиев Ш.Ш., Орзиматов Ж.Т., Жураев О.А. Особенности режимов работы самодренируемой гелиоустановки с саморегулируемым активным элементом // Актуальные проблемы строительства, жкх и техносферной безопасностиматериалы VI Всероссийской научно-технической конференции молодых исследователей Волгоград, 22—27 апреля 2019 г. С. 369-37.
17. Рашидов Ю.К., Каршиев Ш.Ш., Жураев О.А., Орзиматов Ж.Т. Солнечный воздушный коллектор с отбором тепла от фотоэлектрического модуля для круглогодичного теплоснабжения зданий // Актуальные проблемы строительства, жкх и техносферной безопасностиматериалы VI Всероссийской научно-технической конференции молодых исследователей Волгоград, 22—27 апреля 2019 г. С. 394-396.
18. Рашидов Ю.К., Рашидов К.Ю., Орзиматов Ж.Т. Самодренируемые гелиоустановки: опыт разработки и применения // I Международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству

строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях” сборник материалов 24-25 мая 2019 года 3 – ТОМ Фергана – 2019 стр53-56.)

19. Rashidov Yu.K., Karshiev Sh.Sh., Xayrullaev R.S. Solar collectors for a private house promising technology for organizing hot water and heating // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Новосибирский государственный Архитектурно-строительный университет (Сибстрин) Российская академия архитектуры и строительных наук Лакокрасочный завод «Колорит» Качество. Технологии. Инновации Материалы III международной научно-практической конференции Новосибирск, 18 - 20 февраля 2020 239-241pp.
20. Рашидов Ю.К., Қаршиев Ш.Ш. Муқобил қуёш энергиясида мутахасис ва кадрлар тайёрлаш тизимини кенг куламда такомиллаштириш // Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг жорий ҳолати ва истиқболлари мавзусида Республика миқёсидаги илмий-амалий конференция. НамМҚИ, 22-23 апрель, 2020 – 7–10 бет.
21. Рашидов Ю.К., Қаршиев Ш.Ш. Кадрлар тайёрлаш тизимини такомиллаштириш ва замонавий қуёш коллекторлари бўйича мутахасис илмий фаолиятини ривожлантириш // Таълимда “Устоз-шогирд” тизими – сифат ва самарадорлик кафолати мавзусида Республика миқёсида онлайн илмий-амалий конференция НавДПИ 20 апрел 2020 – 285-287 бет.
22. Rashidov Yu.K., Karshiev Sh.Sh. Self-draining solar devices to protect modern solar collectors from destruction // Иқтидорли талабалар, магистрантлар, докторантлар ва мустақил изланувчилар online илмий-амалий анжумани дастури. ФарПИ 2020 йил 24-25 апрель 261–264, бет.
23. Рашидов Ю.К., Қаршиев Ш.Ш. Замонавий қуёш коллекторлари бўйича мутахасис кадрлар тайёрлаш тизимини такомиллаштириш // Миллий юксалиш ва ёшларнинг ижтимоий сиёсий фаоллигини оширишнинг долзарб масалалари мавзусида республика илмий-назарий масофавий конференцияси, СамДАҚИ 25-апрель. 2020 йил 436–440бет.
24. Karshiev Sh.Sh. Modern solar devices to protect solar collectors from destruction self-draining // Paxta tozalash, to'qimachilik va yengil sanoat sohalarining texnologiyasini takomillashtirish mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. Termiz Muhandislik-Tehnologiya Instituti. 2023-yil 20-21-oktabr.446-448 .bet
25. Karshiev Sh.Sh. Methods of efficiency development of energy saving solar collectors in heating supply systems heating // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Новосибирский государственный Архитектурно-строительный университет (Сибстрин) Российская академия архитектуры и строительных наук Лакокрасочный завод «Колорит» Качество. Технологии. Инновации Материалы VII международной научно-практической конференции Новосибирск, 13 - 15 февраля 2024г 138-143стр.
26. Karshiev Sh.Sh. Ensuring energy efficiency and reliability through a venturi pipe in the self-draining process of solar collectors // Министерство науки и

высшего образования Российской Федерации Новосибирский государственный Архитектурно-строительный университет (Сибстрин) Российская академия архитектуры и строительных наук Лакокрасочный завод «Колорит» Качество. Технологии. Инновации Материалы VIII международной научно-практической конференции Новосибирск, 12 - 14 февраля 2025 г 33-37стр.

Avtoreferat « Me'morchilik va qurilish muammolari » ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va uning o'zbek, rus va ingliz (tezis) tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi (08.08.2025 y)

Bosishga ruxsat etildi: 09.08.2025 yil
Bichimi 60x45 ¹/₈, «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 3. Adadi: 70.

“AKTIV PRINT” bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent shahri, Chilonzor mavzesi 25, 1A-uy.