

QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH

QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI

XAMRAYEV SARDOR ILXOMOVICH

QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA MANBALARI ASOSIDA
QISHLOQ UYLARINING KOMBINATSIYALASHGAN ISSIQLIK
TA'MINOTI TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari
asosidagi energiya qurilmalari

TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Qarshi – 2023

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

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
потехническим наукам**

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

Xamrayev Sardor Ilxomovich

Qayta tiklanadigan energiya manbalari asosida qishloq
uylarining kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimini
ishlab chiqish 3

Хамраев Сардор Илхомович

Разработка комбинированной системы теплоснабжения сельских
домов на основе возобновляемых источников энергии..... 23

Khamraev Sardor Ilxomovich

Development of a combined heat supply system for rural houses
based on renewable energy sources..... 43

E'lonqilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works 47

QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH

QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI

XAMRAYEV SARDOR ILXOMOVICH

QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA MANBALARI ASOSIDA
QISHLOQ UYLARINING KOMBINATSIYALASHGAN ISSIQLIK
TA'MINOTI TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari
asosidagi energiya qurilmalari

TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Qarshi – 2023

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida №B2020.2.PhD/T1743 raqami bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Qarshi muhandislik iqtisodiyot institutida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.qmii.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Uzoqov G'ulom Norboyevich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponetlar:

Axatov Jasurjon Saidovich
texnika fanlari doktori

Vardiyashvili Aftandil Asqarovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Buxoro davlat universiteti

Dissertatsiya himoyasi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti huzuridagi PhD.03/30.09.2020.T.111.03 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil «___» _____ soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy. Qarshi muhandislik-iqtisodiyoti instituti konferensiyalar zali. Tel.: (99875) 224-02-89; faks: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№___ - raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy. Tel.: (99875) 224-02-89; faks: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «___» _____ kuni tarqatildi.
(2023 yil «___» _____ dagi №___ - raqamli reyestr bayonnomasi).

B.E. Xayriddinov

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

X.A. Davlonov

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

B. Urishev

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

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Jahonda bino va inshootlarning issiqlik ta'minoti tizimlarida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish, aholi uy-joylarining issiqlik ta'minoti tizimlarida an'anaviy yoqilg'i-energiya resurslarini tejash masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Dunyoda binolarning issiqlik taminoti tizimlarida 40 foizgacha an'anaviy yoqilg'i-energiya resurslari sarf qilinadi, shundan birlamchi yoqilg'ilarning 50 foizi aholi yashaydigan uylarining hissasiga to'g'ri keladi¹. Shu sababli, aholi uy-joylarining issiqlik ta'minoti tizimlarida tabiiy organik yoqilg'ilarni tejash, yoqilg'i-energetika balansini qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish hisobiga diversifikatsiyalash va energiya tejamkor kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimlarini joriy etish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi².

Jahonda yashash binolarining issiqlik ta'minoti tizimlarini takomillashtirish, qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish va issiqlik-texnik parametrlarini optimallashtirish orqali issiqlik ta'minoti tizimining energiya samaradorligini oshirish hamda an'anaviy energiya resurslarini sarfini kamaytirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, qishloq uylarining energiya tejamkor issiqlik ta'minoti tizimlarini ishlab chiqish, quyosh energiyasidan samarali foydalanish asosida kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimlarida energiya sarfini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar ustuvor hisoblanadi. Shu sababli, qishloq uylarining issiqlik ta'minoti tizimlari uchun an'anaviy va quyosh kollektorli kombinatsiyalashgan energiya tejamkor issiqlik ta'minoti tizimlarini ishlab chiqish va ularning asosiy issiqlik-texnik parametrlarini asoslashga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda aholi yashaydigan uylarni issiqlik energiyasi bilan barqaror ta'minlash maqsadida yangi zamonaviy energiya samarador issiqlik ta'minoti tizimlarini qurish ishlari amalga oshirilib, issiqlik ta'minoti tizimlarini takomillashtirish bo'yicha muayyan natijalarga erishilmoqda. Yangi O'zbekistonning 2022-2026 yillarga mo'ljallangan taraqqiyot strategiyasida "...bino va inshootlarning energiya samaradorligini oshirish, iqtisodiyot tarmoqlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini keng joriy etish, atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini kamaytirish..." bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan³. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanib qishloq uylarining issiqlik ta'minoti tizimlarini energiya samaradorligini oshirish, kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimlarining asosiy parametrlarini optimallashtirish dolzarb ilmiy-texnik vazifa hisoblanadi.

¹ "Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2021 / Detailed Market Figures 2020". IEA Solar Heating&Cooling Programme, May 2022.

²Allayev K.R. Zamonaviy energetika va uning rivojlanish istiqbollari. –T.: "Fan texnologiyalar nashriyot –matbaa uyi", 2021. 952 b.

³O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi PF-60-sonli farmoni.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarda Yangi O‘zbekistonni taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risidagi” PF-60-son, 2020 yil 10 iyuldagi PQF-4779-son “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 Farmonlari, 2019 yil 22 avgustdagi PQ-4422-son “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejavchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi va 2019 yil 4 oktabrdagi PQ-4477-son “2019-2030 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo‘yicha tadqiqotlar fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish usullarini rivojlantirish, nanotexnologiyalar, fotonika va boshqa zamonaviy ilg‘or texnologiyalar va qurilmalarni yaratish” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Yashash uylarining issiqlik ta‘minoti tizimlarida quyosh energiyasidan foydalanish sohasidagi tadqiqotlarni rivojlantirishga taniqli xorijlik olimlar, jumladan, K.Sh. Naveen, B.Ch. Evangelos, N.A. Rahim, M.A. Rutkovskiy, N.D. Shishkin, Z.X. Zamaleyev, V.A. Medyansev, O.S. Popel, N.A. Amadziyeva, S.V. Ovcharov, D.S. Strebkov, A.S. Kirichenko, A.A. Baklin, R.A. Amerxanov, V.A. Butuzov, V.V. Xarchenko, YE.V. Bryanseva, V.V. Chemekovlar katta hissa qo‘shgan.

Respublikamizda yashash uylarida talab etiladigan issiqlik energiyasini ta‘minlash uchun gelioqurilmali issiqlik ta‘minoti tizimini ishlab chiqish va takomillashtirish borasida yetakchi olimlar R.A. Zaxidov, R.R. Avezov, Y.K. Rashidov, Sh.M. Mirzayev, A.B. Vardiyashvili, N.R. Avezova, G‘.N. Uzoqov, Z.S. Iskandarov va B.E. Xayriddinovlar tomonidan ilmiy izlanishlar olib borilgan. Xususan, ular tomonidan yashash uylarining avtonom issiqlik ta‘minoti tizimlarini takomillashtirish, quyosh qurilmalarini qo‘llash asosida energiya tejamkor issiqlik ta‘minoti tizimlarini ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqotlar olib borilgan hamda past potentsialli quyosh issiqlik-sovuqlik ta‘minoti tizimlari taklif qilingan.

Erishilgan ijobiy ilmiy natijalarga qaramasdan, hozirgi vaqtda markazlashgan issiqlik ta‘minotidan uzoqda joylashgan hududlardagi qishloq uylarining energiya tejamkor kombinatsiyalashgan issiqlik ta‘minoti tizimlarini ishlab chiqish, quyosh issiq polli isitish tizimlarining energiya samaradorligini oshirish, issiqlik ta‘minoti tizimlarida hududning past potentsialli quyosh issiqligini samarali qo‘llanilishi bo‘yicha yetarlicha tadqiqotlar o‘tkazilmagan. Shuningdek, quyosh energiyasi va an‘anaviy energiya manbalari asosida ishlaydigan kombinatsiyalashgan issiqlik ta‘minoti tizimlarini ishlab chiqish, ularni issiqlik-texnik parametrlarini asoslash, quyosh issiq polli isitish tizimining ratsional sxemalarini ishlab chiqish, an‘anaviy yoqilg‘ilardan foydalanish ulushini kamaytirish, avtonom va lokal iste‘molchilarni

isitish mavsumida uzluksiz issiqlik energiyasi va yil davomida issiq suv bilan ta'minlash masalalari yetarlicha ko'rib chiqilmagan. Shu sababli, qishloq uylarining energiya tejamkor gelioqurilmali kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimini ishlab chiqish va parametrlarini optimallashtirish dolzarb ilmiy-texnik masala hisoblanadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Qarshi muhandislik - iqtisodiyot institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq IL-4821091659-son "Hudud iqlimining meteorologik xususiyatlarini hisobga olgan holda gibrid issiqlik ta'minoti tizimlarining ilmiy-texnik asoslarini ishlab chiqish" mavzusidagi fundamental loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi quyosh qurilmalari asosida qishloq uylarining kombinatsiyalashgan avtonom issiqlik ta'minoti tizimini ishlab chiqish va energiya samaradorligini asoslashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

an'anaviy energiya manbalari asosidagi qishloq namunaviy uylarining avtonom issiqlik ta'minoti tizimlarini energetik tahlil qilish;

an'anaviy va kombinatsiyalashgan quyosh qurilmalari asosida qishloq uyining isitish va issiq suv ta'minoti tizimining issiqlik sxemasini ishlab chiqish;

nostatsionar harorat rejimida qishloq uyining issiqlik ta'minoti tizimining matematik modelini ishlab chiqish;

kombinatsiyalashgan quyosh qurilmalari asosida qishloq uyining issiqlik balansini modellashtirish;

quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimining issiqlik-gidrodinamik rejimini modellashtirish va parametrlarini optimallashtirish;

kombinatsiyalashgan quyosh qurilmalari asosidagi avtonom issiqlik ta'minoti tizimining energetik samaradorligini asoslash.

Tadqiqotning obyekti sifatida qishloq namunaviy uylarining gelioqurilmali va an'anaviy yoqilg'ida ishlovchi kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimi olingan.

Tadqiqotning predmeti qishloq namunaviy uylarining issiqlik balansi, kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimida issiqlik almashinuv jarayonlari, kombinatsiyalashgan avtonom issiqlik ta'minoti tizimining issiqlik va gidrodinamik rejimlari hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida matematik modellashtirish, issiqlik texnikasining nazariy asoslari, o'xshashlik nazariyasi, issiqlik almashinuv jarayonlarini tajribaviy tadqiqot qilish va tajriba natijalarini umumlashtirish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

hududning quyosh nurlanish issiqligi potensialini o'zgarishini hisobga olgan holda, qishloq uyining avtonom issiq suv ta'minoti va isitish tizimini uzluksiz issiqlik energiyasi bilan ta'minlaydigan past potentsialli quyosh issiqlik qurilmalari va an'anaviy suv isitish qozoni asosidagi kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimi ishlab chiqilgan;

tashqi muhit, bino ichki havosi va devori konstruksiyasining issiqlik-texnik parametrlarini o'zgarishini hisobga olgan holda gelioqurilmalar va an'anaviy yoqilg'ida ishlovchi suv isitish qozonidan iborat kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimli uyning nostatsionar harorat rejimini hisoblash imkonini beradigan, issiqlik balansi tenglamalari asosidagi matematik modeli ishlab chiqilgan;

quyosh kollektorli suvli issiq pol isitish tizimini issiqlik-gidrodinamik rejimlarining tajribaviy tadqiqoti natijalarini umumlashtirish asosida suvli issiq pol quvurlarining diametrlari va joylashish qadamiga bog'liqlik holda gidravlik qarshilik va issiqlik berish koeffitsiyentlarini aniqlash imkonini beradigan empirik tenglamalar olingan;

Glauzer mezoni asosida issiqlik tashuvchining laminar va turbulent harakati rejimlarini hisobga olgan holda, quyosh kollektorli suvli issiq pol isitish tizimining yuqori issiqlik samaradorligini ta'minlash imkonini beradigan quvurning diametri, joylashish qadami va suv sarfining optimal qiymatlari aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

qishloq uylarining isitish va issiq suv ta'minoti tizimlarida talab etilgan harorat rejimini ta'minlash uchun gelioqurilmali va an'anaviy yoqilg'ida ishlovchi takomillashtirilgan kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimi ishlab chiqilgan;

qishloq uylarining isitish tizimida energiya tejash uchun past potentsialli quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi matematik modellashtirish, zamonaviy tadqiqot usullaridan foydalanish asosida olingan natijalar bilan asoslanadi, issiqlik almashinuv nazariyasi, issiqlik-texnik tajribalarni o'tkazish va natijalarni qayta ishlashning umum e'tirof etilgan usullari qo'llanilganligi hamda, bir xil fizikaviy sharoitlarda hisobiy va tajriba natijalarini mos kelishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati qishloq uylarining issiqlik ta'minoti tizimlarida energiya sarfini kamaytiruvchi parametrlarni va tashqi havo haroratini o'zgarishini hisobga olgan holda, uyning harorat rejimini aniqlash imkonini beradigan matematik model va ularni hisoblash algoritmi, kombinatsiyalashgan quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimi quvurlarida gidravlik qarshilik va issiqlik berish koeffitsiyentlarini aniqlaydigan empirik tenglamalar olinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati quyosh issiqlik qurilmalari asosida qishloq uylarining kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimini ishlab chiqishdan iborat bo'lib, ishlab chiqilgan tizim qishloq uylarining issiqlik ta'minoti tizimlarida organik yoqilg'i sarfini kamaytirishga imkon berishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Qayta tiklanadigan energiya manbalari asosida qishloq uylarining kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Qashqadaryo viloyati "Issiqlik manbai" DUK tasarrufidagi namunaviy uylarning isitish va issiq suv ta'minoti tizimlarida energiya tejamkor quyosh kollektorli kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimi joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi uy-joy kommunal xizmat ko'rsatish vazirligining 2022 yil 23 avgustdagi №04/02-4001-son ma'lumotnomasi). Natijada, isitish maydoni 180 m²

bo'lgan namunaviy uyda bir yil davomida 70800-70830 kVt·soat energiya tejalishiga erishilgan;

Qashqadaryo viloyati "Issiqlik manbai" DUK tasarrufidagi namunaviy uylarning isitish tizimlarida kombinatsiyalashgan energiya tejamkor quyosh kollektorli suvli issiq polli isitish tizimi joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi uy-joy kommunal xizmat ko'rsatish vazirligining 2022 yil 23 avgustdagi №04/02-4001-son ma'lumotnomasi). Natijada, isitish maydoni 180 m² bo'lgan namunaviy uyda isitish mavsumida 26000-26310 kVt·soat energiya tejalishiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 10 ta ilmiy-amaliy anjumanlarda, shu jumladan, 4 ta xalqaro va 6 ta respublika anjumanlarida aprobatsiyadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 26 ta ilmiy ishlar chop etilgan bo'lib, shu jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya qilingan 4 ta xalqaro va 6 ta respublika jurnallarida ilmiy maqolalar nashr qilingan hamda EHM uchun 4 ta dasturiy mahsulotga mualliflik guvohnomasi olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 118 betni tashkil etadi.

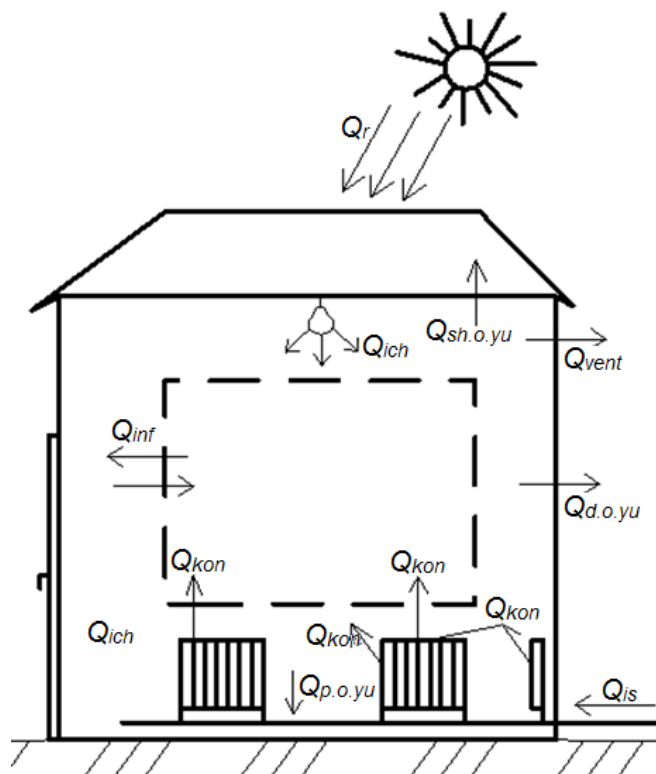
DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan, tadqiqot obyekti va predmeti tavsiflangan hamda respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi aniqlangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinishi, ishning aprobatsiyasi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Qishloq uylarining issiqlik ta'minoti tizimlari tahlili**" deb nomlangan birinchi bobida jahon amaliyotida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan issiqlik ta'minoti tizimida foydalanish usullari, namunaviy qishloq uylarini avtonom issiqlik ta'minoti tizimlarining energetik tahlili, shuningdek, Qashqadaryo viloyati hududida quyosh energiyasi resurslarining potentsiali tadqiqoti natijalari keltirilgan. Jahonda bajarilgan ilmiy ishlar tahlili shuni ko'rsatadiki, yashash uylarining issiqlik ta'minoti tizimlarini uzluksiz ishlashini ta'minlovchi energiya tejamkor kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimlarini ishlab chiqish muammolari kam o'rganilgan, shuningdek, kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimlarini issiqlik-texnik parametrlarini asoslash, quyosh issiq polli isitish tizimining ratsional sxemalarini ishlab chiqish, avtonom va lokal iste'molchilarni isitish mavsumida uzluksiz issiqlik energiyasi va yil davomida issiq suv bilan ta'minlash masalalari yetarlicha tadqiqot qilinmagan. O'tkazilgan ilmiy tahlil asosida va yashash uylarining issiqlik ta'minoti tizimlarida energiya tejash sohasida tadqiqotlar ko'lamining kengayish tendensiyalarini hisobga olib dissertatsiyaning maqsadi va vazifalari shakllantirildi.

Dissertatsiyaning “**Quyosh qurilmalari asosida qishloq uylarining kombinatsiyalashgan issiqlik ta’minoti tizimini modellashtirish va hisoblash**” deb nomlangan ikkinchi bobida quyosh qurilmalari asosida ishlaydigan uyning issiqlik yuklamasini hisoblash natijalari, quyosh uyining issiqlik balansining matematik modeli va nazariy tadqiqoti natijalari, nostatsionar rejimda quyosh uyini matematik modellashtirish va hisoblash natijalari keltirilgan.

Kombinatsiyalashgan issiqlik ta’minoti tizimini tadqiqot qilish uchun ichki yuzasi 12 m² va hajmi 36 m³ bo‘lgan tajriba quyosh uyi qurilgan. Tajriba quyosh uyining issiqlik balansini matematik modeli 1-rasmda ko‘rsatilgan hisobiy sxema asosida tuzilgan.



1-rasm. Tajriba quyosh uyining issiqlik balansi sxemasi.

Tadqiqot qilinayotgan quyosh uyi issiqlik balansining matematik modeli quyidagi tenglamalar orqali ifodalanadi:

$$Q_{kel} = Q_{sarf} \quad (1)$$

$$Q_{kel} = Q_{rad} + Q_{i.p} + Q_{i.b} \quad (2)$$

$$Q_{sarf} = Q_{kon} + Q_{ich} + Q_{vent} + Q_{inf} + Q_{dev} + Q_{sh} + Q_p \quad (3)$$

$$\rho_h V_h c_h \frac{dt_n}{d\tau} = Q_{rad} + Q_{i.p} + Q_{i.b} - Q_{ven} - Q_{dev} - Q_{sh.o.y} - Q_{p.o.y} - Q_{inf} \quad (4)$$

Quyosh uyining ichki havosiga konvektiv issiqlik tarqalishi:

$$Q_{kon} = \sum_1^n S \cdot \alpha_d \cdot (t_i - t_r) \quad (5)$$

Ichki yo‘qotiladigan issiqlik:

$$Q_{ich} = H_0 \cdot n_0 + H_l \cdot n_l + Q_b \quad (6)$$

Quyosh nurlanishi tufayli issiqlik uzatilishi:

$$Q_{rad} = q_{nur} \cdot F_{oy} \cdot k_{o'it} \cdot \alpha_{yut}, \quad (7)$$

Issiq poldan uyning ichki havosiga uzatiladigan issiqlik:

$$Q_{i.p} = G_{i.s} c_{i.s} (t_k - t_p) \quad (8)$$

Isitish batareyasidan uying ichki havosiga uzatiladigan issiqlik:

$$Q_{i.b} = G_{i.s} c_{i.s} (t_k - t_{ch}) \quad (9)$$

Ventilyatsiya orqali yo'qotiladigan issiqlik:

$$Q_{ven} = G_{T.h} \cdot \rho_{T.h} \cdot c_{T.h} \cdot (t_i - t_T) \quad (10)$$

Quyosh uyining devorlari orqali yo'qotiladigan issiqlik:

$$Q_{dev} = \frac{\Delta T}{\Sigma R} = \frac{F_d}{R_d} (t_i - t_T) + \frac{F_{oy}}{R_{oy}} (t_i - t_T) \quad (11)$$

Shift qismi orqali yo'qotiladigan issiqlik:

$$Q_{sh.o.y} = \frac{F_{sh}}{R_{sh}} (t_i - t_T) \quad (12)$$

Pol qismi orqali yo'qotiladigan issiqlik:

$$Q_{p.o.y} = \frac{F_p}{R_p} (t_i - t_T) \quad (13)$$

Infiltratsiya orqali yo'qotiladigan issiqlik energiyasi devor konstruksiyasi orqali yo'qotiladigan issiqlikning 10% qabul qilinadi:

$$Q_{inf} = 0,1 \cdot Q_{dev} \quad (14)$$

(1-14) tenglamalarni tashkil etuvchilarining qiymatini issiqlik balansi tenglamasidagi (4) ifodaga qo'yib issiqlik balansining umumiy ko'rinishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\begin{aligned} \rho_h V_h c_h \frac{dt_i}{d\tau} = & q_{nur} \cdot F_{oy} \cdot k_{oit} \cdot \alpha_{yut} + G_{i.s} c_{i.s} (t_k - t_p) + G_{i.s} c_{i.s} (t_k - t_{ch}) - \\ & - G_{T.h} \cdot \rho_{T.h} \cdot c_{T.h} \cdot (t_i(\tau) - t_T) - \left(\frac{F_d}{R_d} (t_i(\tau) - t_T) + \frac{F_{oy}}{R_{oy}} (t_i(\tau) - t_T) \right) \cdot 1,1 - \\ & - \frac{F_{sh}}{R_{sh}} \cdot (t_i(\tau) - t_T) - \frac{F_p}{R_p} \cdot (t_i(\tau) - t_T) \end{aligned} \quad (15)$$

(15) tenglamani yechish uchun birinchi tartibli chiziqli differensial tenglamalarni Eyler usulidan foydalanib $\tau = 0, t_i(\tau) = t_0$ shart asosida quyidagi tenglama (16) olingan.

Tajriba quyosh uyining ichki harorat rejimini modellashtirish Matlab/Simulinkdasturida bajarilgan va hisoblari natijalari 2-5-rasmlarda keltirilgan.

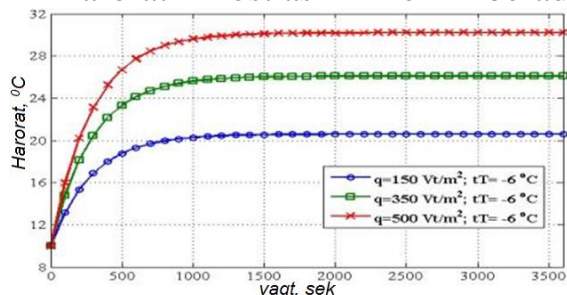
$$t_i(\tau) = \frac{\left(\frac{q_{nur} \cdot F_{oy} \cdot k_{oit} \cdot \alpha_{yut} + G_{i.s} c_{i.s} (t_k - t_p) + G_{i.s} c_{i.s} (t_k - t_{ch})}{G_h \cdot \rho_h \cdot c_h + \left(\left(\frac{F_d}{R_d} + \frac{F_{oy}}{R_{oy}} \right) \cdot 1,1 + \frac{F_{sh}}{R_{sh}} + \frac{F_p}{R_p} \right)} \right) + t_T \left(\exp \left(\frac{G_h \cdot \rho_h \cdot c_h + \left(\left(\frac{F_d}{R_d} + \frac{F_{oy}}{R_{oy}} \right) \cdot 1,1 + \frac{F_{sh}}{R_{sh}} + \frac{F_p}{R_p} \right)}{\rho_h \cdot c_h \cdot V_h} \cdot \tau \right) - 1 \right) + t_0}{\exp \left(\frac{G_h \cdot \rho_h \cdot c_h + \left(\left(\frac{F_d}{R_d} + \frac{F_{oy}}{R_{oy}} \right) \cdot 1,1 + \frac{F_{sh}}{R_{sh}} + \frac{F_p}{R_p} \right)}{\rho_h \cdot c_h \cdot V_h} \cdot \tau \right)} \quad (16)$$

Quyosh uyining ichki harorat rejimini modellashtirish natijalari shuni ko'rsatadiki, yilning qish mavsumida (Qarshi tumani sharoitida) tashqi havo harorati -6°C bo'lganda maydoni 12 m^2 bo'lgan quyosh uyida talab etilgan harorat rejimini ($+20...+22^{\circ}\text{C}$) ta'minlash uchun quyosh radiatsiyasining miqdori 150 Vt/m^2 dan yuqori bo'lishi talab etiladi (2-rasm).

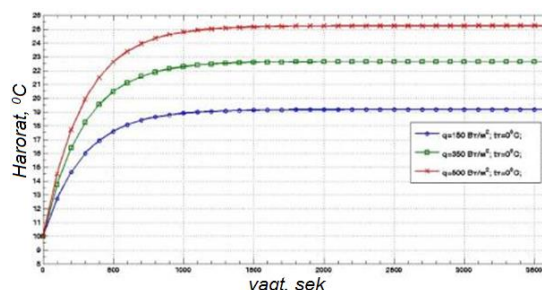
Qish mavsumida tashqi havo harorati $0...5^{\circ}\text{C}$ bo'lganda va quyosh radiatsiyasining miqdori $150...500 \text{ Vt/m}^2$ bo'lganda quyosh uyi ichidagi harorat $19...30^{\circ}\text{C}$ gacha yetadi, bu qiymat uy ichida talab etilgan harorat rejimini ta'minlash uchun yetarli hisoblanadi (3 va 4-rasmlar).

Quyosh uyining umumiy issiqlik balansida quyosh radiatsiyasining ta'sirini inobatga olsak, u holda $q=500 \text{ Wt/m}^2$ bo'lgan sharoitda isitishga zarur issiqlik yuklamasi ikki marta kamayadi ($t_T=-10^\circ\text{C}$) (5-rasm).

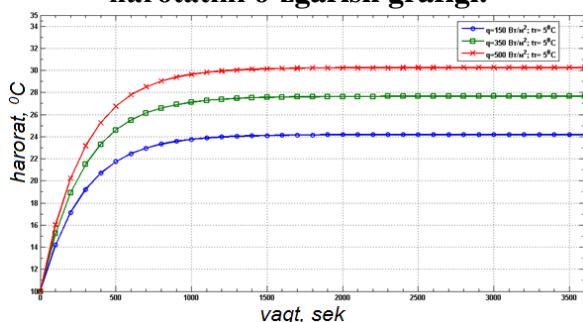
Shunday qilib, quyosh uyining ichki harorat rejimining matematik modeli tushayotgan quyosh radiatsiyasi va tashqi havo haroratiga bog'liq holda quyosh uyi ichki haroratini rostdash imkonini beradi.



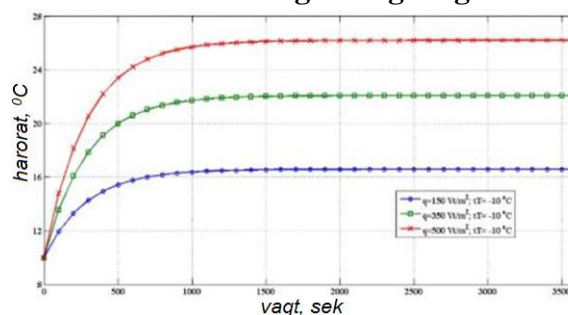
2-rasm. Tashqi havoning harorati -6°C bo'lganda $\tau=0$, $t_i(\tau)=t_0$, $t_0=10^\circ\text{C}$ shart asosida statik holatda quyosh uyining ichki haroratini o'zgarish grafigi.



3-rasm. Tashqi havoning harorati 0°C bo'lganda $\tau=0$, $t_i(\tau)=t_0$, $t_0=10^\circ\text{C}$ shart asosida statik holatda quyosh uyining ichki haroratini o'zgarish grafigi.



4-rasm. Tashqi havoning harorati 5°C bo'lganda $\tau=0$, $t_i(\tau)=t_0$, $t_0=10^\circ\text{C}$ shart asosida statik holatda quyosh uyining ichki haroratini o'zgarish grafigi.



5-rasm. Tashqi havoning harorati -10°C bo'lganda $\tau=0$, $t_i(\tau)=t_0$, $t_0=10^\circ\text{C}$ shart asosida statik holatda quyosh uyining ichki haroratini o'zgarish grafigi.

Quyosh uyining harorat rejimini chuqur tadqiqot qilish uchun quyosh uyining nostatsionar harorat rejimini dinamik modeli elektro-issiqlik o'xshashlik nazariyasiga asoslangan issiqlik-elekt sxemasi asosida ishlab chiqilgan bo'lib, u uy ichidagi haroratni devor, tashqi muhit va quyosh radiatsiyasiga bog'liq holda matematik modellashtirish imkonini beradi. Quyosh uyining issiqlik ta'minoti tizimining dinamik holati uchun issiqlik balansi tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\left\{ \begin{array}{l} c_1 m_1 \frac{dt_1}{d\tau} = \alpha_n \cdot F \cdot (t_n - t_1) - \frac{F}{R_1} \cdot (t_1 - t_2) \\ c_2 m_2 \frac{dt_2}{d\tau} = \frac{F}{R_1} \cdot (t_1 - t_2) - \frac{F}{R_2} \cdot (t_2 - t_3) \\ c_3 m_3 \frac{dt_3}{d\tau} = \frac{F}{R_2} \cdot (t_2 - t_3) - \frac{F}{R_3} \cdot (t_3 - t_4) - \alpha_T F \cdot (t_4 - t_T) + q_{nur} \cdot F \cdot k_{ort} \cdot \alpha_{ort} \\ c_n m_n \frac{dt_n}{d\tau} = G_c \cdot c_c \cdot (t_k - t_{ch}) + q_{nur} \cdot F_{oy} \cdot k_{p.o.y} \cdot \alpha_{p.o.y} - G_h \cdot c_h (t_i - t_T) - \\ - kF \cdot (t_i - t_T) - \frac{F_{oy}}{R_{oy}} \cdot (t_n - t_T) \end{array} \right. \quad (17)$$

(17) tenglamaning o'ng va chap tomonlarini soddalashtirish amalini bajarish orqali quyidagi tenglamalarga ega bo'lamiz:

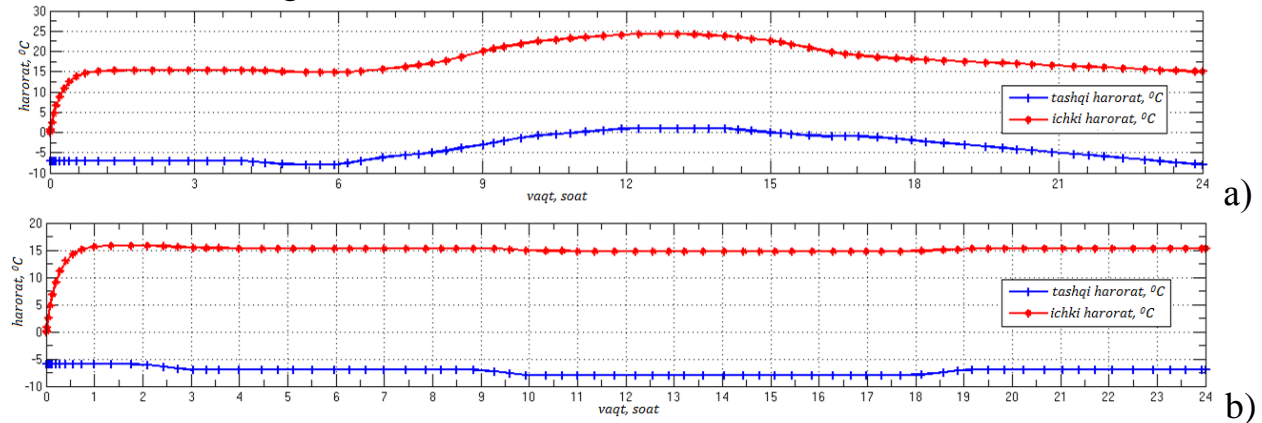
$$\frac{dt_1}{d\tau} = \frac{(-\alpha_n \cdot F - \frac{F}{R_1})}{m_1 c_1} \cdot t_1 + \frac{F}{R_1 \cdot m_1 c_1} \cdot t_2 + \frac{\alpha_n F}{m_1 c_1} t_i \quad (18)$$

$$\frac{dt_2}{d\tau} = \frac{F}{R_1 \cdot m_2 c_2} \cdot t_1 + \frac{\frac{F}{R_1} \cdot \frac{F}{R_2}}{m_2 c_2} \cdot t_2 + \frac{F}{R_2 \cdot m_2 c_2} \cdot t_3 \quad (19)$$

$$\frac{dt_3}{d\tau} = \frac{F}{R_2 \cdot m_3 c_3} \cdot t_2 + \frac{\frac{F}{R_2} \cdot \frac{F}{R_3}}{m_3 c_3} \cdot t_3 + \frac{\frac{F}{R_3} - \alpha_T \cdot F}{m_3 c_3} \cdot t_4 + \frac{\alpha_T \cdot F}{m_3 c_3} t_T + \frac{F \cdot k_{ott} \cdot \alpha_{ott}}{m_3 c_3} \cdot q_{nur} \quad (20)$$

$$\frac{dt_n}{d\tau} = \left(\frac{-G_c \cdot c_c - kF - \frac{F_{oy}}{R_{oy}}}{m_n c_n} \right) \cdot t_n + \left(\frac{G_x \cdot c_x + kF + \frac{F_{oy}}{R_{oy}}}{m_n c_n} \right) \cdot t_T + \left(\frac{1}{m_n c_n} \right) \cdot Q_{is} + \left(\frac{k_{p.o.y} \cdot \alpha_{p.o.y} \cdot F_{oy}}{m_n c_n} \right) \cdot q_{nur} \quad (21)$$

Tajriba quyosh uyi harorat rejimini dinamik modellashtirish Matlab/Simulinkdasturida xarakterli kunlarda bajarilgan hisoblari natijalari 6-rasmda ko'rsatilgan.



a) 2020 yil 29 dekabr; b) 2021 yil 4 yanvar.

6-rasm. Xarakterli kunlar uchun quyosh uyining harorat xarakteristikalari

6-rasmda keltirilgan hisob natijalaridan ko'rinib turibdiki, tashqi havo harorati ortganda va quyosh radiatsiyasi $q_p \geq 400 \dots 500 \text{ Vt/m}^2$ bo'lganda uyning ichki havosi harorati ham ortadi. Taklif etilgan dinamik model asosida belgilangan vaqt intervalida quyosh uyida zaruriy harorat rejimini o'rnatish imkoniyatlarini baholash mumkin.

Shunday qilib, issiqlik-elektr sxemasi asosida tuzilgan quyosh uyining nostatsionar harorat rejimini dinamik modeliquyosh uyining ichki haroratini rostdlash va tejaladigan energiya miqdorini aniqlash imkonini beradi.

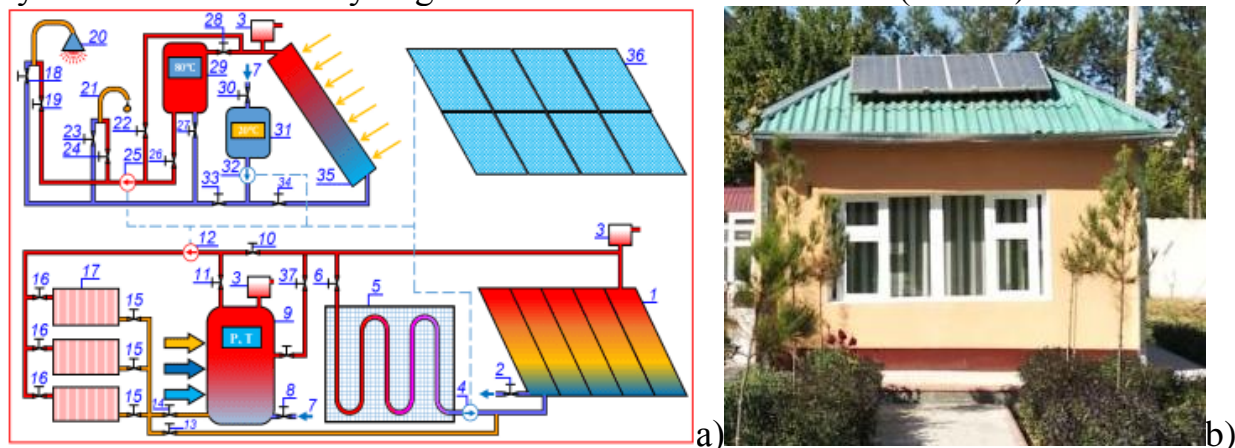
Dissertatsiyaning **“Quyosh qurilmalari asosida qishloq uylarining kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimini ishlab chiqish va tadqiqot qilish”** deb nomlangan uchinchi bobida kombinatsiyalashgan quyosh issiqlik ta'minoti tizimining issiqlik-texnikaviy parametrlari, kombinatsiyalashgan quyosh isitish va issiq suv ta'minoti tizimlari hamda kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimining tajriba tadqiqotlari natijalari keltirilgan.

Qishloq namunaviy uylarida an'anaviy yoqilg'i-energiyaresurslarini (tabiiy gaz, ko'mir va h.k.z.) tejash maqsadida uyni uzluksiz issiqlik energiyasi bilan ta'minlash uchun quyosh energiyasi va an'anaviy yoqilg'i asosidagi kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimi ishlab chiqilgan (7-rasm).

Taklif etilgan kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimi yashash uylarini uzluksiz ravishda issiqlik energiyasi bilan ta'minlash uchun xizmat qiladi, batareya

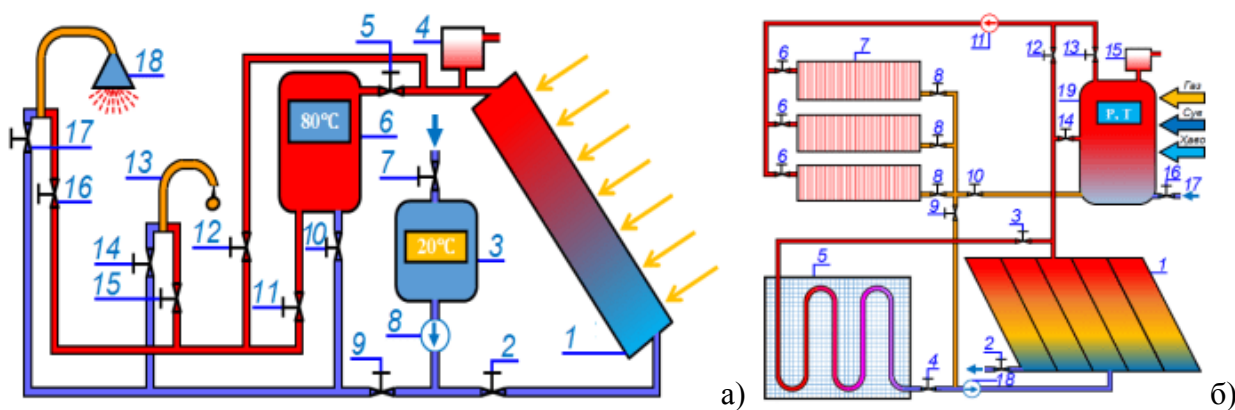
va issiq pol tizimi yordamida isitish hamda yil davomida issiq suv bilan ta'minlash imkonini beradi.

Kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimi sxemalari (7-rasm) quyosh energiyasi va an'anaviy yoqilg'i asosidagi isitish va issiq suv ta'minoti tizimlarining samaradorligini baholash hamda uying harorat rejimlarini modellashtirish va tajribaviy tadqiqot qilish uchun mo'ljallangan. Ishlab chiqilgan kombinatsiyalashgan avtonom issiqlik ta'minoti tizimi (ITT) issiq suv ta'minoti (IST) (8, a-rasm) va isitish tizimlaridan (8, b-rasm) iborat. Kombinatsiyalashgan quyosh IST tizimining tajribaviy tadqiqotlari 2020 yil martdan 2021 yil fevralgacha oylar kesimida va har oyning xarakterli kunlarida o'tkazildi (9-rasm).



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

7-rasm. Kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimining prinsipial sxemasi (a) va umumiy ko'rinishi (b).

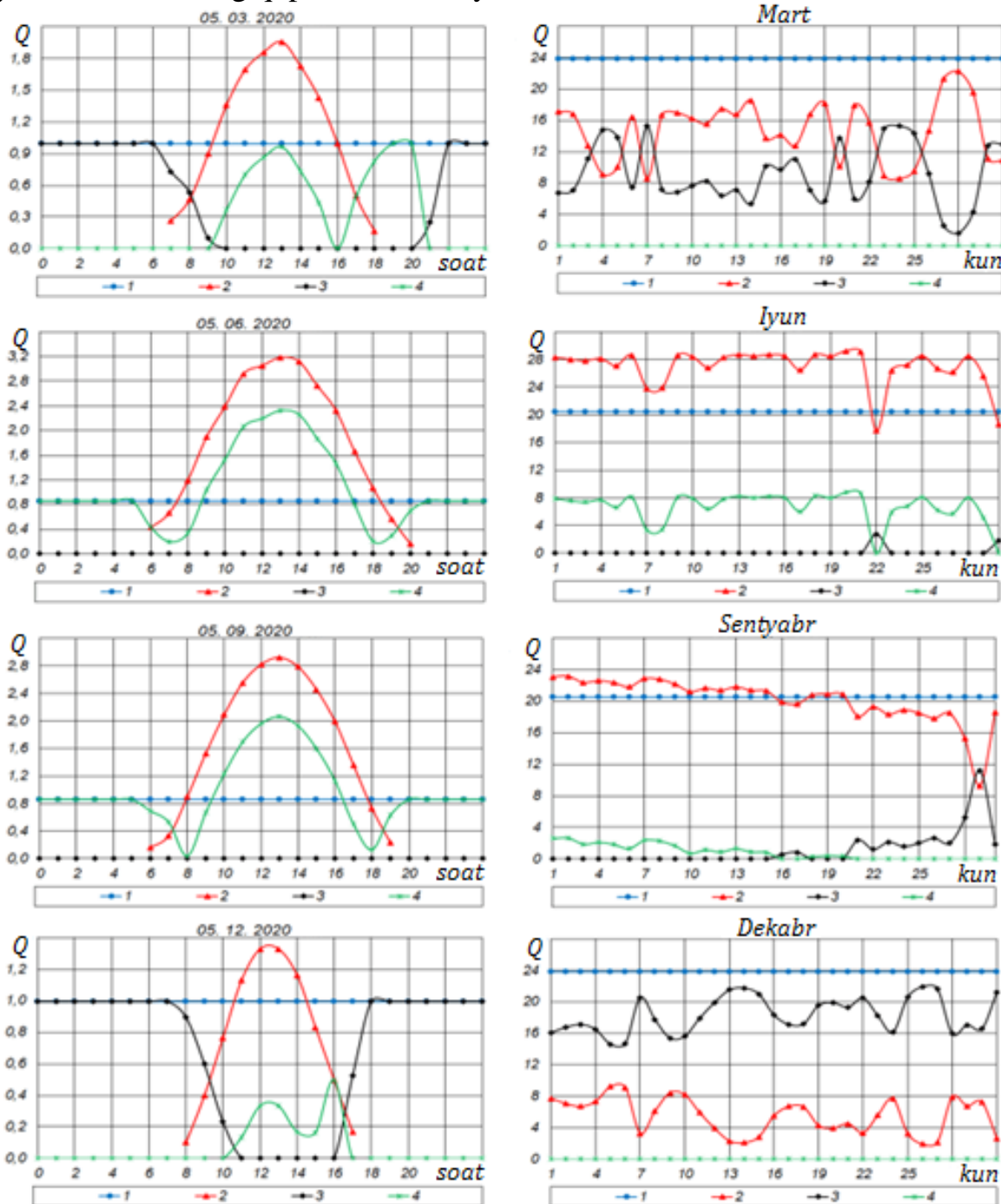


a) 1-quyosh kollektori; 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17-ventillar; 3-sovuq suv idishi; 4-kengaytiruvchi bak; 6-elektr suv qizdirgich; 8-nasos; 13, 18-suv sarflash jo'mragi;
 b) 1-quyosh kollektori; 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16-ventillar; 11, 18-sirkulyatsion nasoslar; 5-suvli issiq pol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

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

O'tkazilgan tajriba tadqiqotlari natijalari shuni ko'rsatadiki, 2020 yil martdan 2021 yil fevralgacha IST tizimini ishlash vaqtida quyosh radiatsiyasi miqdori 7,96...32,36 MJ/kun bo'lib, yuzasi 1,5 m² bo'lgan quyosh kollektori yordamida

7,34...29,86 MJ/kun miqdorida foydali energiya olindi, tizimga bir kunlik issiqlik yuklamasi yoz mavsumida 21,38 MJ/kun va qish mavsumida 24,88 MJ/kun bo‘lib, quyosh kollektorining qoplash koeffitsiyenti 0,29...1,4 ni tashkil etdi.



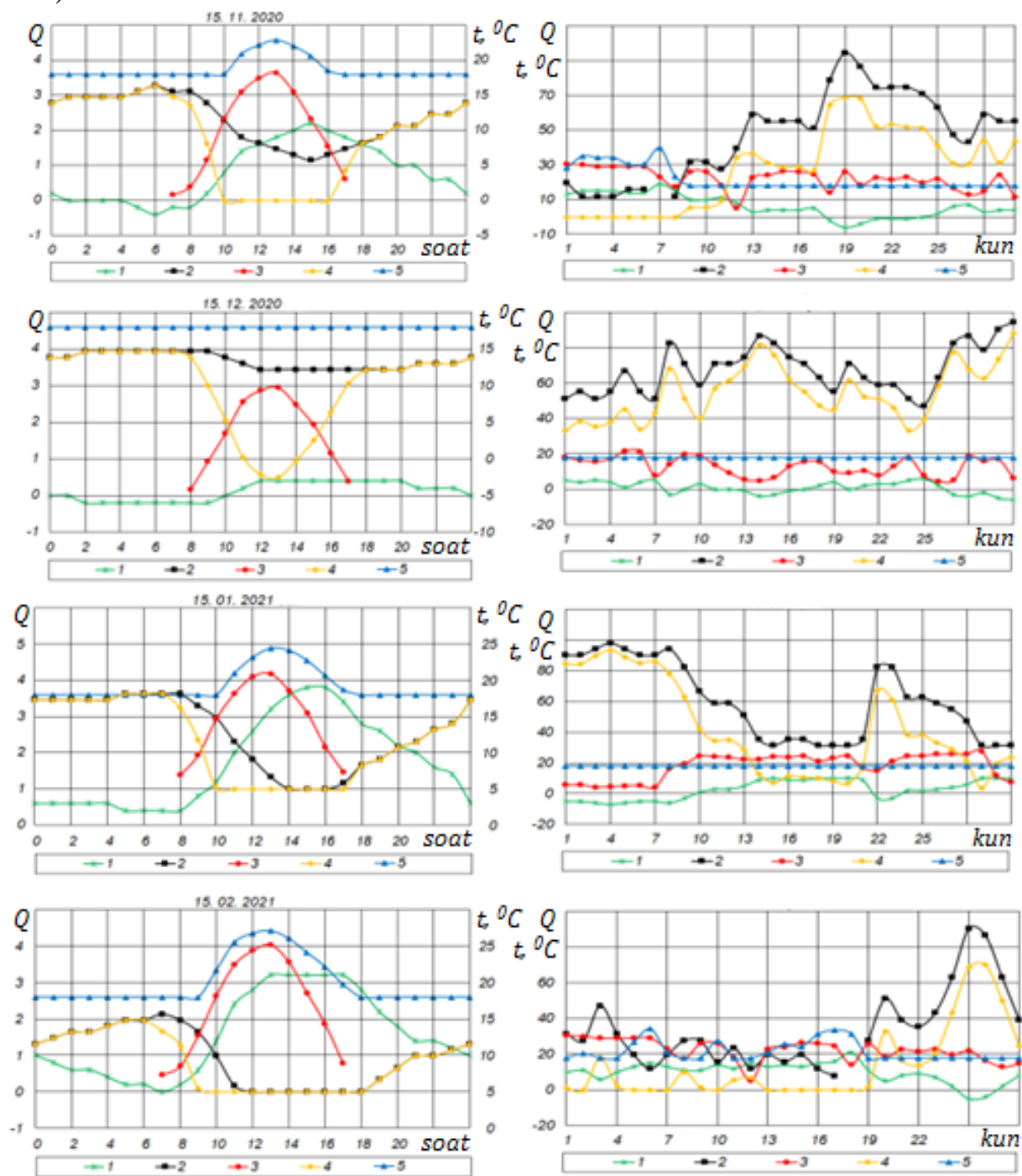
1-issiqlik yuklamasi; 2-quyosh kollektoridan olingan foydali energiya; 3-elektir qizdirgichdan uzatilgan energiya; 4-akkumulyatsiyalangan energiya.

9-rasm. Kombinatsiyalashgan IST tizimida o‘tkazilgan tajriba tadqiqotlari natijalari

2020 yil martdan 2021 yil fevralgacha ISTtizimini ishlash vaqtida 1,33...18,17 MJ/kun ortiqcha energiya bak-akkumulyatorda akkumulyatsiyalandi, quyosh kollektorida olingan foydali energiya miqdori 170,6...810,42 MJ/oy va qoplash koeffitsiyenti 0,23...1,33 tashkil etdi.

Quyosh uyining kombinatsiyalashgan isitish tizimining tajribaviy tadqiqotlari Qarshi shahri iqlim sharoitida 2020 yil 15 oktabrdan 2021 yil 15 martgacha bo‘lgan

isitish mavsumida oylar kesimida va har oyning xarakterli kunlarida o‘tkazildi (10-rasm).

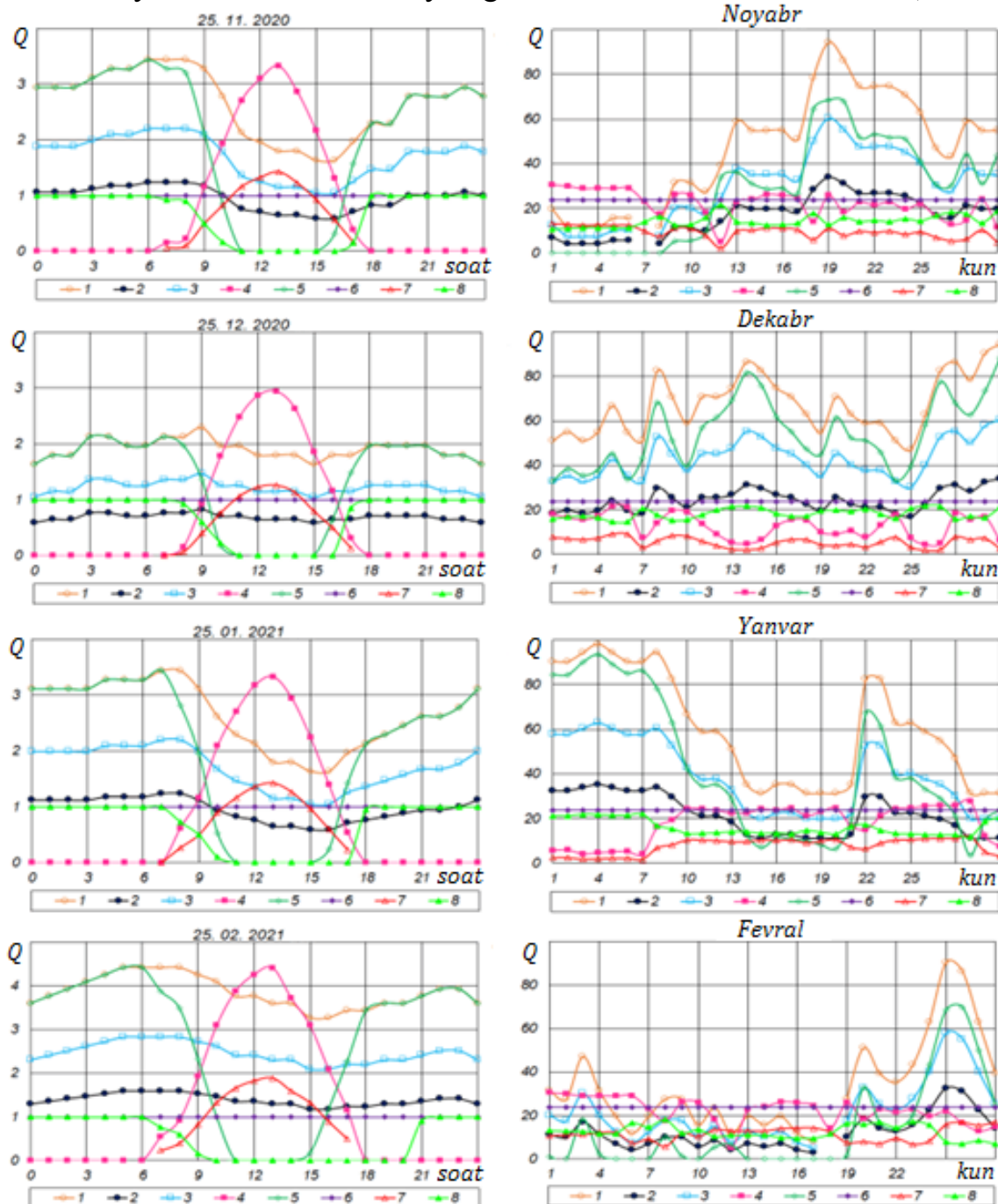


1-tashqi havo harorati; 2-issilik yuklamasi; 3-quyosh kollektoridan olingan foydali energiya; 4-suv qizdirish qozonidan uzatilgan energiya; 5-ichki havo harorati

10-rasm. Kombinatsiyalashgan isitish tizimida o‘tkazilgan tajriba tadqiqotlari natijalari

Olib borilgan tajribalar natijasida 2020 yil oktabrdan 2021 yil martgacha isitish mavsumida quyosh radiatsiyasi miqdori 7,96...17,96 MJ/m² (kun bo‘lib, foydali maydoni 3,5 m² bo‘lgan quyosh kollektori yordamida 17,13...38,67 MJ/kun miqdorida foydali energiya olindi va isitish mavsumida 1,53...37,27 MJ/kun miqdorida ortiqcha energiya zahiralandi. Shuningdek, tashqi havo harorati -6...17°C bo‘lganda uyning ichki havosini 18...24°C gacha isitishda quyosh kollektorlarining qoplash koeffitsiyenti 0,15...0,76 tashkil etdi.

Gelioqurilmalar asosidagi quyosh uyining kombinatsiyalashgan ITTning tajribaviy tadqiqotlari 2020 yil 15 oktabrdan 2021 yil 15 martgacha bo‘lgan isitish mavsumida oylar kesimida va har oyning xarakterli kunlarida o‘tkazildi (11-rasm).



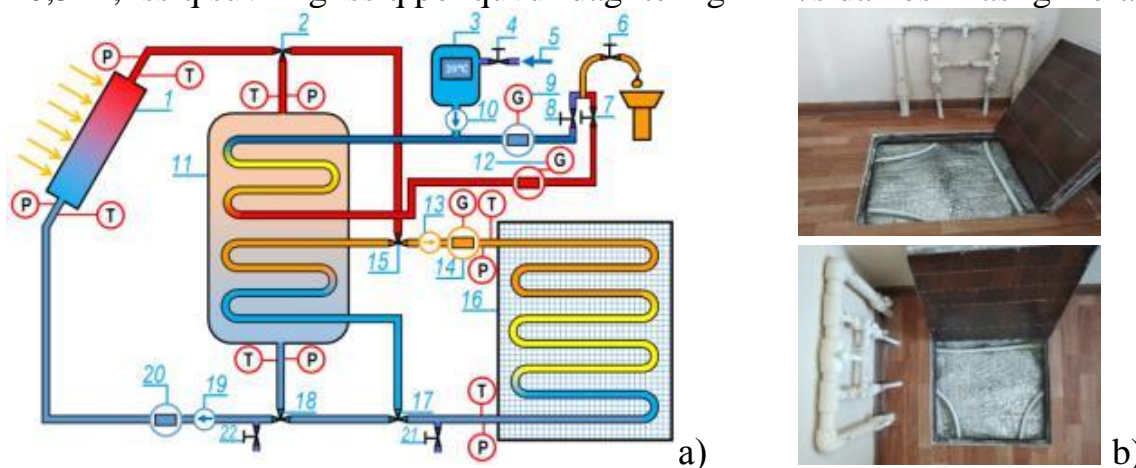
O‘tkazilgan tajriba natijalariga ko‘ra 2020 yil oktabrdan 2021 yil martgacha isitish mavsumida quyosh radiatsiyasi miqdori $7,96 \dots 17,96 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{kun}$ bo‘lib, yuzasi $3,5 \text{ m}^2$ va $1,5 \text{ m}^2$ bo‘lgan quyosh kollektorlari yordamida $24,5 \dots 55,2 \text{ MJ/kun}$ miqdorida foydali energiya olindi va isitish mavsumida $3,8 \dots 38,0 \text{ MJ}$ ortiqcha energiya akkumulyator bakiga zahiralandi.

Isitish mavsumidatashqi havo harorati $-6 \dots 17^\circ\text{C}$ bo‘lganda issiqlik ta‘minoti tizimiga issiqlik yuklamasining $20 \dots 50\%$ qismi quyosh energiyasidan qoplandi, natijada an‘anaviy suv qizdirish qozoniga yoqiladigan yoqilg‘i $33 \dots 70\%$ gacha, elektr qizdirgichda elektr energiyasi $66 \dots 86\%$ gacha tejab qolindi.

Dissertatsiyaning “**Quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimini tadqiqot qilish**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida issiq polli tajriba qurilmasining tavsifi, tajribani o‘tkazish uslubi, quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimining quvurida gidrodinamika va issiqlik almashinuvi bo‘yicha o‘tkazilgan tajriba natijalari, natijalarni umumlashtirish asosida olingan empirik tenglamalar hamda kombinatsiyalashgan issiqlik ta‘minoti tizimining energiya samaradorlik ko‘rsatkichlari keltirilgan.

Quyosh uyi isitish tizimining samaradorligini oshirish uchun kombinatsiyalashgan quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimi ishlab chiqildi va va sinovdan o‘tkazildi (12-rasm). Taklif etilgan quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimini tadqiqot qilish, suvli issiq pol tizimini gidrodinamik va issiqlik almashinuv jarayonlarini modellashtirish, issiq pol quvurining diametri va joylashish qadamini optimal parametrlarini aniqlash bo‘yicha tajriba tadqiqotlari o‘tkazildi.

Tajriba tadqiqotlari issiq polli tizimning asosiy parametrlarning quyidagi oralig‘ida olib borilgan: issiq suvning sarfi: laminar oqim rejimida $G=0,0043\div 0,02$ kg/s, turbulent oqim rejimida $G=0,07\div 0,093$ kg/s; issiq suvning o‘rtacha harorati $t_s = 35 \dots 50^\circ\text{C}$; pol yuzasidagi o‘rtacha harorat $t_p = 26^\circ\text{C}$; quvurning diametri $d=0,016$ m; quvurlarni joylashish qadami $s=0,1$ m, $s=0,15$ m, $s=0,2$ m, $s=0,25$ m, $s=0,3$ m; issiq suvning issiq pol quvuridagi tezligi 1 m/s dan oshmasligi kerak.



1-quyosh kollektori; 2, 15, 17, 18-uch yo‘lli ventillar; 3-sovuq suv baki; 4, 6, 7, 8-ventillar; 5-sovuq suvni uzatilishi; 9, 12, 14, 20-sarf o‘lchagichlar; 10, 13, 19-sirkulyatsion nasoslar; 11-bak-akkumulyator; 16-issiq pol tizimi; 21, 22-konturni suv bilan to‘ldirish va bo‘shatish.

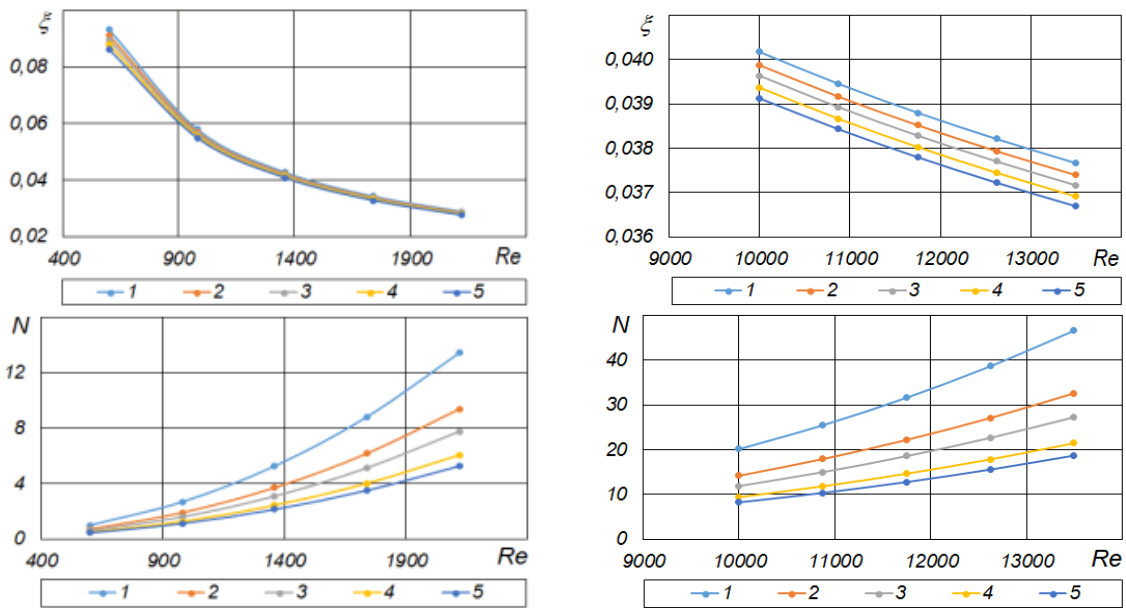
12-rasm. Quyosh kollektorli issiq pol tizimining prinsipial sxemasi(a) va umumiy ko‘rinishi (b).

Issiqlik suvning laminar va turbulent oqim rejimlarida issiq pol quvurining turli joylashish qadamida va issiq suvning turli haroratlarida quvurning gidravlik qarshilik koeffitsiyenti va nasos quvvati bo‘yicha tajriba natijalari 13-rasmda $\xi = f(Re)$ va $N = f(Re)$ grafiklar shaklida ko‘rsatilgan.

Issiqlik suvning laminar va turbulent oqim rejimlarida suvli issiq pol quvurlarida olingan tajriba natijalarini umumlashtirish asosida gidravlik qarshilik koeffitsiyentini aniqlash uchun quyidagi empirik tenglamalar olingan:

laminar oqim rejimida:

$$\xi = \frac{20,44}{Re^{0,9295} Pr_s^{0,018}} \left(\frac{Pr_d}{Pr_s}\right)^{1,038} \left(\frac{GrPr}{Re}\right)^{0,014} \quad (22)$$



1-s=100 mm; 2-s=150 mm; 3-s=200 mm; 4-s=250 mm; 5-s=300 mm.

13-rasm. Laminar va turbulent oqim rejimlarida gidravlik qarshilik ko'effitsiyenti va nasos quvvatini o'zgarish grafiklari

(22) formula $400 < Re < 2200$, $1,25 < Pr_d / Pr_s < 1,71$, $9,7 \cdot 10^5 < GrPr < 34 \cdot 10^5$ oraliqlarda o'rinli. Hisoblash xatoligi $\pm 2\%$ ni tashkil etdi.

turbulent oqim rejimida:

$$\xi = \frac{0,252}{Re^{0,217} s^{0,019}} \left(\frac{Pr_d}{Pr_s} \right)^{0,298} \quad (23)$$

(23) formula $10000 < Re < 14000$, $1,25 < Pr_d / Pr_s < 1,71$ oraliqlarda o'rinli. Hisoblash xatoligi $\pm 2\%$ ni tashkil etadi.

Fisher mezonni qiymatlari jadvalidan ishonchli ehtimollik $P=0,99$, erkinlik darajasi $f_1 = 95$ va kuzatishlar soni $n = 99$ holga mos keluvchi $F_j = 0,62$ qiymatni topamiz. (22) formula uchun Fisher mezonning hisobiy qiymati $F_h = 0,3$. (23) formula uchun Fisher mezonning hisobiy qiymati $F_h = 0,13$. Ko'rinib turibdiki, ikkala holatda ham $F_h < F_j$, demak model adekvat hisoblanadi. Shunday qilib, quyosh kollektorli issiq pol tizimining gidrodinamik va issiqlik rejimini modellashtirish asosida olingan empirik tenglamalar asosida laminar va turbulent oqim rejimlarida issiqlik berish ko'effitsiyenti va issiq pol tizimidan beriladigan issiqlik miqdorini aniqlash imkonini beradi.

Issiqlik suvning laminar va turbulent oqim rejimlarida issiq pol quvurining turli joylashish qadamida va issiq suvning turli haroratlarida quvurning issiqlik berish ko'effitsiyenti va issiqlik miqdori bo'yicha tajriba natijalari 14-rasmda $Nu = f(Re)$ va $Q = f(Re)$ grafiklar shaklida ko'rsatilgan.

Issiqlik suvning laminar va turbulent oqim rejimlarida suvli issiq pol quvurlarida olingan tajriba natijalarini umumlashtirish asosida issiqlik berish ko'effitsiyentini aniqlash uchun quyidagi empirik tenglamalar olingan:

laminar oqim rejimida:

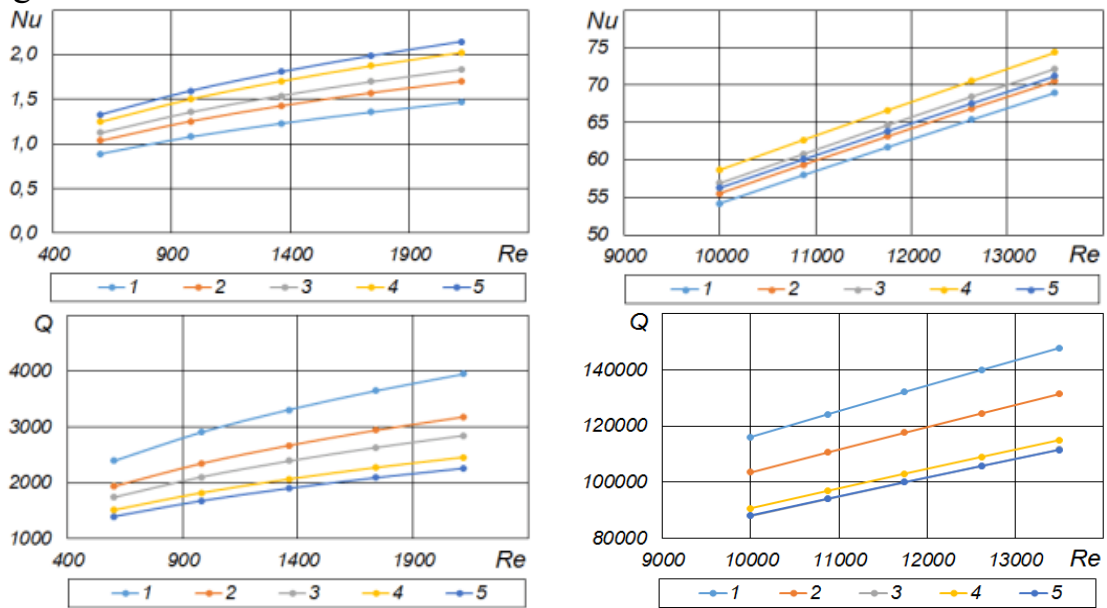
$$Nu = 0,066 Re^{0,4} Pr^{0,58} s^{0,34} \quad (24)$$

(24) $400 < Re < 2200$, $3,54 < Pr_s < 4,86$ oraliqlarda o'rinli. Hisoblash xatoligi $\pm 2\%$ ni tashkil etdi.

turbulent oqim rejimida:

$$Nu = 0,0156Re^{0,8}Pr^{0,669}s^{0,077} \quad (25)$$

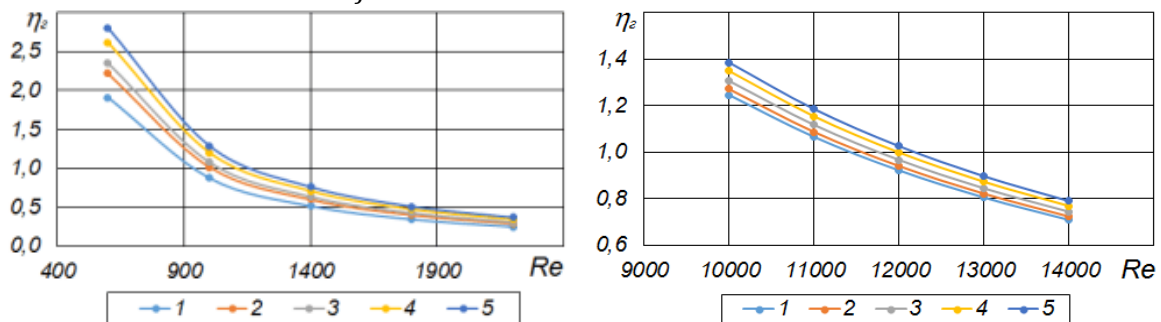
(25) formula $10000 < Re < 14000$, $3,54 < Pr_s < 4,86$ oraliqlarda o‘rinli. Hisoblash xatoligi $\pm 2\%$ ni tashkil etadi.



1-s=100 mm; 2-s=150 mm; 3-s=200 mm; 4-s=250 mm; 5-s=300 mm.

14-rasm. Laminar va turbulent oqim rejimlarida issiqlik berish koeffitsiyenti va issiqlik miqdorini o‘zgarish grafiklari

Fisher mezonni qiymatlari jadvalidan ishonchli ehtimollik $P=0,99$, erkinlik darajasi $f_1 = 95$ va kuzatishlar soni $n = 99$ holga mos keluvchi $F_j = 0,62$ qiymatni topamiz. (24) formula uchun Fisher mezonining hisobiy qiymati $F_h = 0,28$. (25) formula uchun Fisher mezonining hisobiy qiymati $F_h = 0,14$. Ko‘rinib turibdiki, ikkala holatda ham $F_h < F_j$, demak model adekvat hisoblanadi.



1-s=100 mm; 2-s=150 mm; 3-s=200 mm; 4-s=250 mm; 5-s=300 mm

15-rasm. Laminar va turbulent oqim rejimlarida issiq pol tizimining parametrlarini optimallashtirish natijalari

15-rasmdan ko‘rinib turibdiki, laminar oqim rejimining $Re=600-1000$ oralig‘ida issiq pol tizimi eng yuqori issiqlik-gidrodinamik samaradorlikka ega bo‘lib, quvurning optimal diametri $d=0,016$ m va joylashish qadami $s=0,03$ m, suvning sarfi $G=0,005-0,008$ kg/s. Turbulent oqim rejimining $Re=10000-11200$ oralig‘ida issiq pol tizimi eng yuqori issiqlik-gidrodinamik samaradorlikka ega bo‘lib, quvurning optimal diametri $d=0,016$ m va joylashish qadami $s=0,3$ m, suvning sarfi $G=0,08-0,092$ kg/s.

Kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari foydali maydoni 180 m^2 bo'lgan uch xonali namunaviy uy misolida hisoblangan. Namunaviy uyning issiq suv ta'minoti tizimida quyosh energiyasidan foydalanish bir yilda 2440-2449 kg sh.yo. tejalishini, natijada issiq suv ta'minotiga issiqlik energiyasining sarfi 65-70% ga kamayishini ta'minlaydi.

Namunaviy uyning isitish tizimida quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimini qo'llanilishi quyoshli kunlarda issiq pol tizimi isitishga umumiy issiqlik yuklamasini 50-55% qismini qoplashi va quyosh energiyasi hisobiga bir isitish mavsumida 3230-3236 kg sh.yo. tejalishini, natijada suvli issiq pol tizimiga issiqlik energiyasining sarfi 55-60% ga kamayishini ta'minlaydi.

Namunaviy uyda an'anaviy va quyosh energiyasi asosidagi kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimini qo'llanilishi bir isitish mavsumida 11940-11948 kg.sh.yo. tejalishini, natijada issiqlik ta'minoti tizimiga issiqlik energiyasining sarfi 30-35% gacha kamayishini ta'minlaydi.

XULOSA

Dissertatsiya ishida qo'yilgan vazifalarni hal etish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar taklif qilindi:

1. Yashash uylarining issiqlik ta'minoti tizimlarida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish usullari o'rganildi, namunaviy qishloq uylarining avtonom issiqlik ta'minoti tizimlari energetik tahlil qilindi va energetik ko'rsatkichlari baholandi.

2. Qishloq uyining issiq suv ta'minoti va isitish tizimini issiqlik energiyasi bilan ta'minlaydigan quyosh qurilmalari va an'anaviy yoqilg'ida ishlovchi kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimining ratsional sxemalari ishlab chiqildi.

3. Atrof-muhit, ichki havo va devor konstruksiyasining issiqlik-texnik parametrlari o'zgarishini hisobga olgan holda gelioqurilmali va an'anaviy yoqilg'ida ishlovchi kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimli uyning harorat rejimini hisoblash imkonini beradigan issiqlik balansi tenglamalari va issiqlik-elektr sxema asosida tuzilgan matematik modellari ishlab chiqildi.

4. Quyosh qurilmalari va an'anaviy yoqilg'ida ishlovchi kombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimli tajriba quyosh uyi qurildi va 2020 yil martdan 2021 yil fevralgacha issiq suv ta'minoti vaqtida quyosh radiatsiyasi miqdori $7,96 \dots 32,36 \text{ MJ/kun}$ ekanligi aniqlandi. Yuzasi $1,5 \text{ m}^2$ bo'lgan quyosh kollektori yordamida $7,34 \dots 29,86 \text{ MJ/kun}$ miqdorida foydali energiya olindi, issiq suv ta'minotiga issiqlik yuklamasi yoz mavsumida $21,38 \text{ MJ/kun}$ va qish mavsumida $24,88 \text{ MJ/kun}$ ni tashkil etdi, bunda quyosh kollektorining qoplash koeffitsiyenti $0,29 \dots 1,33$ gacha o'zgarishi aniqlandi.

5. 2020 yil oktabrdan 2021 yil martgacha isitish mavsumida quyosh radiatsiyasi miqdori $7,96 \dots 17,96 \text{ MJ/m}^2\text{-kun}$ bo'lib, yuzasi $3,5 \text{ m}^2$ bo'lgan quyosh kollektori yordamida $17,13 \dots 38,67 \text{ MJ/kun}$ miqdorida foydali energiya olindi va isitish mavsumida $1,53 \dots 37,27 \text{ MJ/kun}$ miqdoridagi ortiqcha energiyani zahiralandi. Tashqi havo harorati o'rtacha $0 \dots 14,1^\circ\text{C}$ bo'lganda uyning ichki havosini $18 \dots 30^\circ\text{C}$

gacha isitildi, bunda quyosh kollektorlarining qoplash koeffitsiyenti 0,15...0,76 gacha o'zgarishi aniqlandi.

6. 2020 yil oktabrdan 2021 yil martgacha isitish mavsumida quyosh radiatsiyasi miqdori 7,96...17,96 MJ/m²·kun bo'lib, yuzasi 3,5 m² va 1,5 m² bo'lgan quyosh kollektorlari yordamida 24,5...55,2 MJ/kun miqdorida foydali energiya olindi va isitish mavsumida 3,8...38,0 MJ miqdoridagi ortiqcha energiya zahiralandi. Tashqi havo harorati o'rtacha -6...14,1°C bo'lganda issiqlik yuklamasini 20...50% qismi quyosh energiyasidan qoplandi, natijada suv qizdirish qozonida yoqilg'i sarfi 33...70% gacha, elektr qizdirgichga elektr energiyasi sarfi 66...86% gacha tejab qolindi.

7. Kombinatsiyalashgan quyosh kollektorli suvli issiq polli isitish tizimi ishlab chiqildi va issiq pol quvurlari issiqlik-gidrodinamik rejimlarining tajribaviy tadqiqoti natijalarini umumlashtirish asosida issiq pol quvurlarida gidravlik qarshilik va issiqlik berish koeffitsiyentlarini aniqlovchi empirik tenglamalar olindi. Olingan empirik tenglamalarni hisoblash xatoligi $\pm 2\%$ ni tashkil etishi aniqlandi.

8. Isitish maydoni 180 m² bo'lgan namunaviy uyning issiq suv ta'minoti va isitish tizimida quyosh kollektori va quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimini qo'llanilishi quyoshli kunlarda issiq suv ta'minoti va isitish tizimiga umumiy issiqlik yuklamasini 65-70% qismini qoplash va quyosh energiyasi hisobiga 5680-5685 kg sh.yo. nitejash imkonini beradi, hamdakombinatsiyalashgan issiqlik ta'minoti tizimini qo'llanilishi isitish mavsumida 11940-11948 kg.sh.yo. tejalishini, natijada issiqlik ta'minoti tizimida issiqlik energiyasining sarfi 30-35% gacha kamayishini ta'minlaydi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ХАМРАЕВ САРДОР ИЛХОМОВИЧ

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ДОМОВ НА ОСНОВЕ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Карши – 2023

Тема диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2020.2.PhD/T1743.

Диссертация выполнена в Каршинском инженерно-экономическом институте.

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

Научный руководитель: **Узаков Гулом Норбоевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Ахатов Жасуржон Саидович**
доктор технических наук
Вардияшвили Афтандил Аскарлович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Бухарский государственный университет**

Защита состоится «_____» _____ 2023 года в _____ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте. (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрирована за № ____). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2023 года.

(протокол рассылки № _____ от «_____» _____ 2023 г.)

Б.Э. Хайриддинов

Вр.и.о. Председателя научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Х.А. Давлонов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., доцент

Б. Уришев

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. В мире уделяется особое внимание использованию в системах теплоснабжения зданий и сооружений возобновляемых источников энергии, а также задачам экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов в системах теплоснабжения жилых зданий. До 40% традиционных топливно-энергетических ресурсов в мире расходуется в системах теплоснабжения зданий, из них 50% первичного топлива приходится на долю жилых домов¹. В связи с этим, имеет важное значение экономия в системах теплоснабжения жилых зданий природного топлива органического происхождения, диверсификация структуры топливно-энергетического баланса за счет развития возобновляемых источников энергии и внедрение энергоэффективных комбинированных систем теплоснабжения².

В мире проводятся научные исследования, направленные на повышение энергоэффективности системы теплоснабжения путем совершенствования систем теплоснабжения жилых домов, использования возобновляемых источников энергии, оптимизации теплотехнических параметров, а также на снижение потребления традиционных энергоресурсов. В этом направлении, в частности, считаются приоритетными исследования по разработке энергоэффективных систем теплоснабжения сельских домов, снижению энергопотребления и повышению энергоэффективности комбинированных систем теплоснабжения на основе эффективного использования солнечной энергии. Поэтому придается особое значение разработке для систем теплоснабжения сельских домов традиционных и гелиоколлекторных комбинированных энергосберегающих систем теплоснабжения, обоснованию их основных теплотехнических параметров.

В нашей республике в целях стабильного обеспечения жилых домов тепловой энергией ведется строительство новых современных энергоэффективных систем теплоснабжения, достигнуты определенные результаты по совершенствованию систем теплоснабжения. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены важные задачи по повышению энергоэффективности зданий и сооружений, широкому внедрению возобновляемых источников энергии в отрасли экономики, сокращению объема выброса вредных газов в атмосферу³. В процессе реализации этих задач повышение энергоэффективности систем теплоснабжения сельских домов с использованием возобновляемых источников энергии, оптимизация основных параметров комбинированных систем теплоснабжения является актуальной научно-технической задачей.

¹“Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2021 / Detailed Market Figures 2020”. IEA Solar Heating&Cooling Programme, May 2022.

²Аллаев К.Р. Замонавий энергетика ва унинг ривожланиш истикболлари. –Т.: “Фан технологиялар нашриёт – матбаа уйи”, 2021. 952 б.

³ Указ Президента Республики Узбекистана от 28 января 2022 года “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022- 2026 годы” № УП-60.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановлением №ПП-4779 от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов», №ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии» и №ПП-4477 от 4 октября 2019 года «Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной области.

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

Степень изученности проблемы. В развитие исследований в области использования солнечных установок в системах теплоснабжения жилых домов значительный вклад внесли такие известные зарубежные ученые, как K.Sh. Naveen, B.Ch. Evangelos, N.A. Rahim, M.A. Рутковский, Н.Д. Шишкин, З.Х. Замалеев, В.А. Медянцев, О.С. Попель, Н.А. Амадзиева, С.В. Овчаров, А.А. Стребков, А.С. Кириченко, А.А. Баклин, В.В. Харченко, Е.В. Брянцева, В.В. Чемяков и др.

В республике научные исследования по разработке и совершенствованию систем теплоснабжения, оснащенных гелиоустановками, в целях надежного обеспечения жилых домов тепловой энергией проводили Р.А. Захидов, Р.Р. Аvezов, Ю.К. Рашидов, Ш.М. Мирзаев, А.Б. Вардияшвили, Н.Р. Аvezова, Г.Н. Узаков, З.С. Искандаров и Б.Э. Хайридинов. В частности, ими выполнены исследования по совершенствованию автономных систем теплоснабжения жилых домов, разработке энергосберегающих систем теплоснабжения на основе использования гелиоустановок, предложены низкопотенциальные солнечные системы тепло- и хладоснабжения.

Однако, несмотря на достигнутые положительные научные результаты, в настоящее время проведено недостаточно исследований по разработке энергоэффективных комбинированных систем теплоснабжения сельских домов, расположенных на удаленном расстоянии от централизованного теплоснабжения, повышению энергоэффективности солнечных систем отопления «теплый пол», эффективному использованию в системах теплоснабжения низкопотенциального солнечного тепла региона. Также не рассмотрены должным образом вопросы, связанные с разработкой комбинированных систем теплоснабжения на основе солнечной энергии и

традиционных источников энергии, обоснованием их теплотехнических параметров, разработкой рациональных схем солнечных систем отопления «теплый пол», снижением доли использования традиционных видов топлива, бесперебойным обеспечением автономных и локальных потребителей тепловой энергией – во время отопительного сезона и теплой водой – круглогодично. Поэтому разработка и оптимизация параметров энергосберегающей комбинированной системы теплоснабжения сельских домов с гелиоустановкой является актуальной научно-технической задачей.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Работа выполнена по плану научно-исследовательских работ Каршинского инженерно-экономического института, по проектам № ИЛ-4821091659 «Разработка научно-технических основ гибридных систем теплоснабжения с учетом метеорологических особенностей климата региона».

Целью исследования является разработка и обоснование энергоэффективности комбинированной автономной системы теплоснабжения сельских домов на основе солнечных установок.

Задачи исследования:

проведение энергетического анализа автономных систем теплоснабжения сельских домов на основе традиционных источников энергии;

разработка тепловой схемы системы отопления и горячего водоснабжения сельского дома на основе традиционных и комбинированных гелиоустановок;

разработка математической модели системы теплоснабжения сельского дома в нестационарном температурном режиме;

моделирование теплового баланса сельского дома на основе комбинированных гелиоустановок;

моделирование и оптимизация параметров теплогидродинамического режима системы водяного теплого пола с солнечным коллектором;

обоснование энергоэффективности автономной системы теплоснабжения на основе комбинированных гелиоустановок.

Объектом исследования является комбинированная система теплоснабжения типовых сельских домов, работающая на основе гелиоустановки и традиционного топлива.

Предметом исследования являются тепловой баланс типовых сельских домов, теплообменные процессы в комбинированной системе теплоснабжения, тепловой и гидродинамический режимы комбинированной автономной системы теплоснабжения.

Методы исследования. В процессе исследования использованы методы математического моделирования, теоретические основы теплотехники, теория подобия, методы экспериментального исследования теплообменных процессов и обобщения его результатов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

с учетом изменения теплового потенциала солнечной радиации региона разработана комбинированная система теплоснабжения на основе низкопотенциальных гелиоустановок и традиционного водогрейного котла, обеспечивающая непрерывную подачу тепловой энергии в автономную систему горячего водоснабжения и отопления сельского дома;

с учетом изменения теплотехнических параметров внешней среды, внутреннего воздуха здания и конструкции стен разработана математическая модель, основанная на уравнениях теплового баланса, которая позволяет рассчитать нестационарный температурный режим дома с комбинированной системой теплоснабжения, состоящей из гелиоустановок и традиционного топливного водогрейного котла;

на основе обобщения результатов экспериментального исследования тепло- и гидродинамических режимов системы водяного теплого пола с солнечным коллектором получены эмпирические уравнения, позволяющие определить коэффициенты гидравлического сопротивления и теплоотдачи в зависимости от диаметров труб водяного теплого пола и шага их укладки;

с учетом ламинарного и турбулентного режимов движения теплоносителя на основе критерия Глаузера определены оптимальные значения диаметра трубы, шага укладки и расхода воды, позволяющие обеспечить высокую тепловую эффективность системы отопления водяного теплого пола с солнечным коллектором.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана усовершенствованная комбинированная система теплоснабжения с гелиоустановкой и использованием традиционного топлива для обеспечения необходимого температурного режима в системах отопления и горячего водоснабжения сельских домов;

в целях экономии энергии в системе отопления сельских домов разработана система водяного теплого пола с низкопотенциальным солнечным коллектором.

Достоверность результатов исследования обосновывается результатами, полученными на основе математического моделирования и современных методов исследования, базируется на применении общепризнанных методов теории теплообмена, проведения и обработки результатов теплотехнического эксперимента, а также совпадении расчетных и экспериментальных результатов при одинаковых физических условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке математической модели и алгоритма расчета, позволяющих определить температурный режим дома, исходя из параметров, понижающих расход энергии в системах теплоснабжения сельских домов, и температуры наружного воздуха, а также эмпирических уравнений для определения коэффициентов гидравлического сопротивления и теплоотдачи в трубах комбинированной системы водяного теплого пола с солнечным коллектором.

Практическая значимость результатов работы состоит в разработке комбинированной системы теплоснабжения сельских домов на основе

солнечных тепловых установок, позволяющей снизить расход органического топлива в данных системах.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов по разработке комбинированной системы теплоснабжения сельских домов на основе возобновляемых источников энергии:

в системах отопления и горячего водоснабжения типовых жилых домов, обслуживаемых ГУП «Иссиклик манбаи» Кашкадарьинской области, внедрена энергоэффективная комбинированная система теплоснабжения с солнечным коллектором (справка № 04/02-4001 Министерства жилищно-коммунального обслуживания Республики Узбекистан от 23 августа 2022 года). В результате в типовом доме с отапливаемой площадью 180 м² в течение одного года сэкономлено 70800-70830 кВт·ч электроэнергии.

В системах отопления типовых жилых домов, обслуживаемых ГУП «Иссиклик манбаи» Кашкадарьинской области, внедрена комбинированная энергоэффективная система отопления водяного теплого пола с солнечным коллектором (справка № 04/02-4001 Министерства жилищно-коммунального обслуживания Республики Узбекистан от 23 августа 2022 года). В результате в течение одного отопительного сезона в типовом доме с отапливаемой площадью 180 м² сэкономлено 26000-26310 кВт·ч электроэнергии.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований апробированы на 10 научно-практических конференциях, в том числе 4 международных и 6 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 26 научных работ, в том числе 4 статьи в зарубежных и 6 статей в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, получены свидетельства об официальной регистрации 4 программных продукта для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, указаны объект и предмет исследования, определено соответствие проведенных исследований основным приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, изложена научная новизна и практические результаты исследований, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены краткие сведения о внедрении результатов исследования и апробации работы, а также сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной «**Анализ систем теплоснабжения сельских домов**», представлены методы использования

возобновляемых источников энергии в системе теплоснабжения в мировой практике, энергетический анализ автономных систем теплоснабжения типовых сельских домов, а также результаты изучения потенциала ресурсов солнечной энергии на территории Кашкадарьинской области. Анализ научных работ, выполненных в мире, показал, что проблемы разработки энергоэффективных комбинированных отопительных систем, обеспечивающих непрерывную работу систем теплоснабжения жилых домов, мало изучены, кроме того, не достаточно исследованы вопросы, связанные с обоснованием теплотехнических параметров комбинированных систем теплоснабжения, разработкой рациональных схем системы отопления солнечного теплого пола, непрерывным обеспечением автономных и локальных потребителей тепловой энергией во время отопительного сезона и теплой водой – круглогодично. На основе проведенного научного анализа, с учетом тенденций к расширению масштабов исследований в области энергосбережения в системах теплоснабжения жилых домов, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «**Моделирование и расчет системы комбинированного теплоснабжения сельских домов на основе гелиоустановок**», представлены результаты расчета тепловой нагрузки дома, отапливаемого на основе гелиоустановок, математическая модель теплового баланса солнечного дома и результаты теоретических исследований, результаты математического моделирования и расчета солнечного дома в нестационарном режиме.

Для исследования комбинированной системы теплоснабжения сооружен экспериментальный солнечный дом с внутренней площадью 12 м² и объемом 36 м³. Математическая модель теплового баланса экспериментального солнечного дома построена на основе расчетной схемы, представленной на рис. 1.

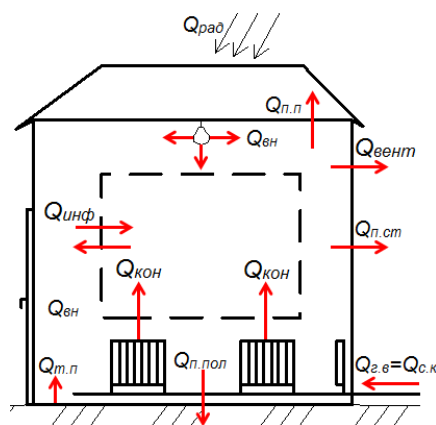


Рис. 1. Схема теплового баланса экспериментального солнечного дома.

Математическая модель теплового баланса исследуемого солнечного дома представлена следующими уравнениями:

$$Q_{пр} = Q_{рас} \quad (1)$$

$$Q_{пр} = Q_{рад} + Q_{т.п} + Q_{о.б} \quad (2)$$

$$Q_{рас} = Q_{кон} + Q_{вн} + Q_{вент} + Q_{инф} + Q_{ст} + Q_{п} + Q_{пол} \quad (3)$$

$$\rho_{\text{воз}} V_{\text{воз}} c_{\text{воз}} \frac{dt_{\text{в}}}{d\tau} = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{т.п}} + Q_{\text{о.б}} - Q_{\text{вент}} - Q_{\text{ст}} - Q_{\text{п.п}} - Q_{\text{п.пол}} - Q_{\text{инф}} \quad (4)$$

Конвективная теплоотдача к внутреннему воздуху солнечного дома:

$$Q_{\text{кон}} = \sum_1^n S \cdot \alpha_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (5)$$

Внутренние теплопотери:

$$Q_{\text{вн}} = H_0 \cdot n_0 + H_l \cdot n_l + Q_b \quad (6)$$

Теплопередача за счет солнечного излучения:

$$Q_{\text{рад}} = q_{\text{рад}} \cdot S_{\text{мес}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пог}}, \quad (7)$$

Тепло, переданное от теплого пола к внутреннему воздуху дома:

$$Q_{\text{т.п}} = G_{\text{г.в}} c_{\text{г.в}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{пол}}) \quad (8)$$

Тепло, переданное от отопительной батареи к внутреннему воздуху:

$$Q_{\text{о.б}} = G_{\text{г.в}} c_{\text{г.в}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) \quad (9)$$

Теплопотери через вентиляцию:

$$Q_{\text{вент}} = G_{\text{н.воз}} \cdot \rho_{\text{воз}} \cdot c_{\text{воз}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (10)$$

Теплопотери через ограждающие конструкции солнечного дома:

$$Q_{\text{ст}} = \frac{\Delta T}{\Sigma R} = k \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) + k \cdot F_{\text{ок}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (11)$$

Теплопотери через потолок:

$$Q_{\text{п.п}} = \frac{1}{R_{\text{п}}} \cdot F_{\text{п}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (12)$$

Теплопотери через пол:

$$Q_{\text{п.пол}} = \frac{1}{R_{\text{п}}} \cdot F_{\text{п}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (13)$$

Потери тепловой энергии, связанные с инфильтрацией можно принять в размере 10% от теплопотерь через ограждения дома:

$$Q_{\text{инф}} = 0,1 Q_{\text{ст}} \quad (14)$$

Подставив значения составляющих уравнений (1-14) в выражение в уравнении теплового баланса (4), общий вид теплового баланса можно выразить следующим образом:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{воз}} V_{\text{воз}} c_{\text{воз}} \frac{dt_{\text{в}}}{d\tau} = & q_{\text{р}} \cdot F_{\text{ок}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пог}} + G_{\text{г.в}} c_{\text{г.в}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{пол}}) + G_{\text{г.в}} c_{\text{г.в}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) - \\ & - G_{\text{н.в}} \cdot \rho_{\text{н.в}} \cdot c_{\text{н.в}} \cdot (t_{\text{в}}(\tau) - t_{\text{н}}) - \left(\frac{F_{\text{ст}}}{R_{\text{ст}}} (t_{\text{в}}(\tau) - t_{\text{н}}) + \frac{F_{\text{ок}}}{R_{\text{ок}}} (t_{\text{в}}(\tau) - t_{\text{н}}) \right) \cdot 1,1 - \\ & - \frac{F_{\text{пот}}}{R_{\text{пот}}} \cdot (t_{\text{в}}(\tau) - t_{\text{н}}) - \frac{F_{\text{п}}}{R_{\text{п}}} \cdot (t_{\text{в}}(\tau) - t_{\text{н}}) \end{aligned} \quad (15)$$

Для решения уравнения (15) исходя из условия $\tau = 0, t_{\text{и}}(\tau) = t_0$ методом линейных дифференциальных уравнений первого порядка (Эйлера) было получено следующее уравнение (16):

$$t_{\text{в}}(\tau) = \frac{\left(\frac{q_{\text{р}} \cdot F_{\text{ок}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пог}} + G_{\text{г.в}} c_{\text{г.в}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{пол}}) + G_{\text{г.в}} c_{\text{г.в}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})}{G_{\text{воз}} \cdot \rho_{\text{воз}} \cdot c_{\text{воз}} + \left(\frac{F_{\text{ст}} + F_{\text{ок}}}{R_{\text{ст}} + R_{\text{ок}}} \right) \cdot 1,1 + \frac{F_{\text{п}}}{R_{\text{п}}} + \frac{F_{\text{пол}}}{R_{\text{пол}}}} \right) + t_{\text{н}} \left(\exp \left(\frac{G_{\text{воз}} \cdot \rho_{\text{воз}} \cdot c_{\text{воз}} + \left(\frac{F_{\text{ст}} + F_{\text{ок}}}{R_{\text{ст}} + R_{\text{ок}}} \right) \cdot 1,1 + \frac{F_{\text{п}}}{R_{\text{п}}} + \frac{F_{\text{пол}}}{R_{\text{пол}}}}{\rho_{\text{воз}} \cdot c_{\text{воз}} \cdot V_{\text{воз}}} \cdot \tau \right) - 1 \right) + t_0}{\exp \left(\frac{G_{\text{воз}} \cdot \rho_{\text{воз}} \cdot c_{\text{воз}} + \left(\frac{F_{\text{ст}} + F_{\text{ок}}}{R_{\text{ст}} + R_{\text{ок}}} \right) \cdot 1,1 + \frac{F_{\text{п}}}{R_{\text{п}}} + \frac{F_{\text{пол}}}{R_{\text{пол}}}}{\rho_{\text{воз}} \cdot c_{\text{воз}} \cdot V_{\text{воз}}} \cdot \tau \right)} \quad (16)$$

Результаты расчетов, выполненных в программе Matlab/Simulink для моделирования внутреннего температурного режима экспериментального солнечного дома, представлены на рисунках 2-5.

Результаты моделирования внутреннего температурного режима солнечного дома показывают, что требуемое количество солнечной радиации для обеспечения необходимого температурного режима (+20...+22°C) в солнечном доме площадью 12 м² при температуре наружного воздуха -6°C в зимний период (в условиях Каршинского района) составляет 150 Вт/м² (рис. 2).

Зимой при температуре наружного воздуха 0...5°C и количестве солнечной радиации 150...500 Вт/м² температура внутри солнечного дома достигает 19...30°C, что достаточно для обеспечения требуемой температуры внутри помещения (рис. 3 и 4). Если учесть влияние солнечной радиации на общий тепловой баланс солнечного дома, то требуемая тепловая нагрузка на отопление снижается в два раза ($t_i = -10^\circ\text{C}$) при $q = 500 \text{ Вт/м}^2$ (Рис. 5).

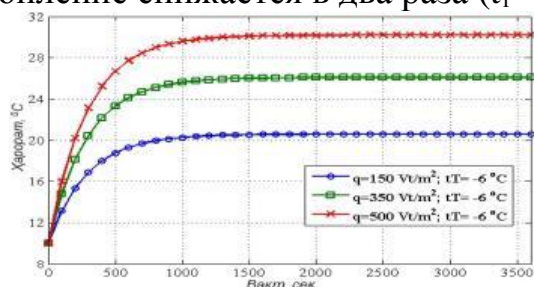


Рис. 2. График изменения внутренней температуры солнечного дома в статическом состоянии при условии $\tau=0$, $t_n(\tau)=t_0$, $t_0=10^\circ\text{C}$ при температуре наружного воздуха -6°C.

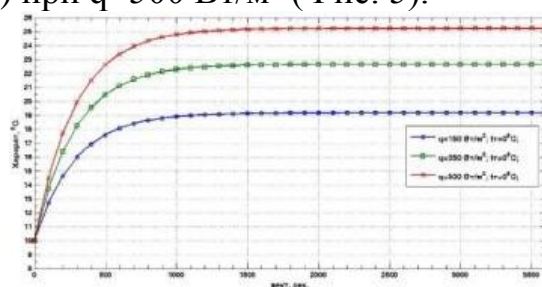


Рис. 2. График изменения внутренней температуры солнечного дома в статическом состоянии при условии $\tau=0$, $t_n(\tau)=t_0$, $t_0=10^\circ\text{C}$ при температуре наружного воздуха 0°C.

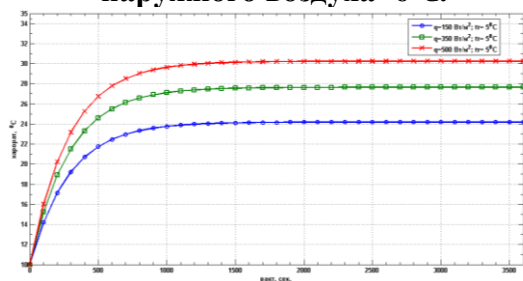


Рис.4. График изменения внутренней температуры солнечного дома в статическом состоянии при условии $\tau=0$, $t_n(\tau)=t_0$, $t_0=10^\circ\text{C}$ при температуре наружного воздуха 5°C.

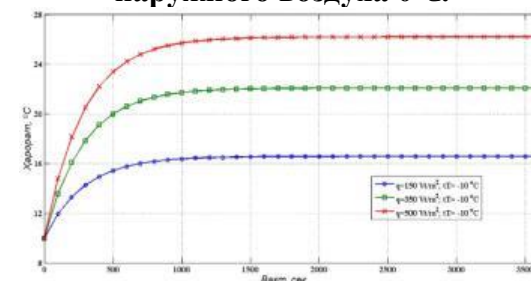


Рис.5. График изменения внутренней температуры солнечного дома в статическом состоянии при условии $\tau=0$, $t_n(\tau)=t_0$, $t_0=10^\circ\text{C}$ при температуре наружного воздуха -10°C.

Таким образом, математическая модель внутреннего температурного режима солнечного дома позволяет регулировать внутреннюю температуру солнечного дома в зависимости от падающей солнечной радиации и температуры наружного воздуха.

С целью глубокого изучения температурного режима солнечного дома на основе теплоэлектрической схемы, основанной на теории электротеплового подобия, разработана динамическая модель нестационарного температурного режима солнечного дома, которая позволяет проводить математическое моделирование температуры внутри дома в зависимости от стены, внешней среды и солнечной радиации. Уравнение температурной зависимости для

динамического состояния системы теплоснабжения солнечного дома будет иметь следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} c_1 m_1 \frac{dt_1}{d\tau} = \alpha_B \cdot F \cdot (t_B - t_1) - \frac{F}{R_1} \cdot (t_1 - t_2) \\ c_2 m_2 \frac{dt_2}{d\tau} = \frac{F}{R_1} \cdot (t_1 - t_2) - \frac{F}{R_2} \cdot (t_2 - t_3) \\ c_3 m_3 \frac{dt_3}{d\tau} = \frac{F}{R_2} \cdot (t_2 - t_3) - \frac{F}{R_3} \cdot (t_3 - t_4) - \alpha_T \cdot F \cdot (t_4 - t_T) + q_{\text{рад.}} \cdot F \cdot k_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пог}} \\ c_B m_B \frac{dt_B}{d\tau} = G_{\text{вод}} \cdot c_{\text{вод}} \cdot (t_B - t_{\text{вых}}) + q_{\text{рад.}} \cdot F_{\text{ок}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пог}} - G_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) - \\ - kF \cdot (t_B - t_H) - \frac{F_{\text{ок}}}{R_{\text{ок}}} \cdot (t_B - t_H) \end{array} \right. \quad (17)$$

Упрощая правую и левую части уравнения (17), получаем следующие уравнения:

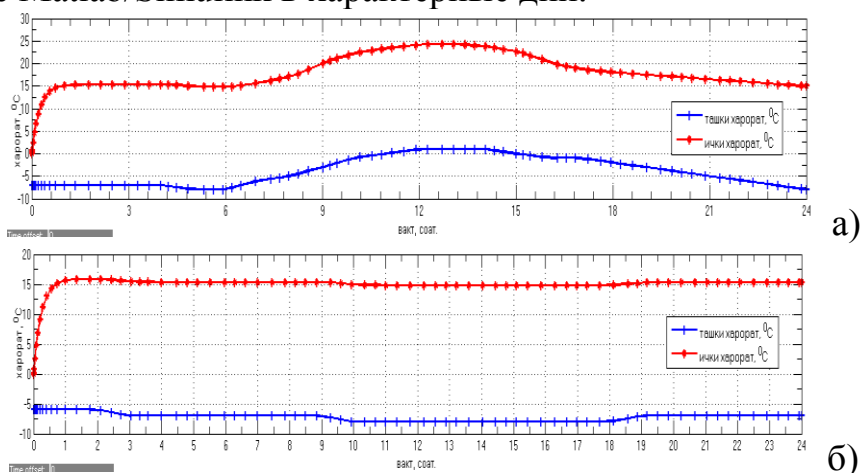
$$\frac{dt_1}{d\tau} = \frac{(-\alpha_B \cdot F - \frac{F}{R_1})}{m_1 c_1} \cdot t_1 + \frac{F}{R_1 \cdot m_1 c_1} \cdot t_2 + \frac{\alpha_B F}{m_1 c_1} t_B \quad (18)$$

$$\frac{dt_2}{d\tau} = \frac{F}{R_1 \cdot m_2 c_2} \cdot t_1 + \frac{-\frac{F}{R_1} - \frac{F}{R_2}}{m_2 c_2} \cdot t_2 + \frac{F}{R_2 \cdot m_2 c_2} \cdot t_3 \quad (19)$$

$$\frac{dt_3}{d\tau} = \frac{F}{R_2 \cdot m_3 c_3} \cdot t_2 + \frac{-\frac{F}{R_2} - \frac{F}{R_3}}{m_3 c_3} \cdot t_3 + \frac{F}{R_3} \cdot \alpha_T \cdot F \cdot t_4 + \frac{\alpha_T \cdot F}{m_3 c_3} t_T + \frac{F \cdot k_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пог}}}{m_3 c_3} \cdot q_{\text{рад.}} \quad (20)$$

$$\frac{dt_B}{d\tau} = \left(\frac{-G_B \cdot c_B - kF - \frac{F_{\text{ок}}}{R_{\text{ок}}}}{m_B c_B} \right) \cdot t_B + \left(\frac{G_B \cdot c_B + kF + \frac{F_{\text{ок}}}{R_{\text{ок}}}}{m_B c_B} \right) \cdot t_H + \left(\frac{1}{m_B c_B} \right) \cdot Q_{\text{Г.В}} + \left(\frac{k_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пог}} \cdot F_{\text{ок}}}{m_B c_B} \right) \cdot q_{\text{рад}} \quad (21)$$

На рис. 6 представлены результаты динамического моделирования температурного режима экспериментального солнечного дома, выполненного в программе Matlab/Simulink в характерные дни.



а) 29 декабря 2020 г.; б) 4 января 2021 г.

Рис. 6. Температурные характеристики солнечного дома для характерных дней

Из результатов, представленных на рис. 6, видно, что при повышении температуры наружного воздуха и наличии солнечного излучения повышается температура внутреннего воздуха дома. В результате анализа можно оценить возможности установления необходимого температурного режима в солнечном доме в заданный интервал времени.

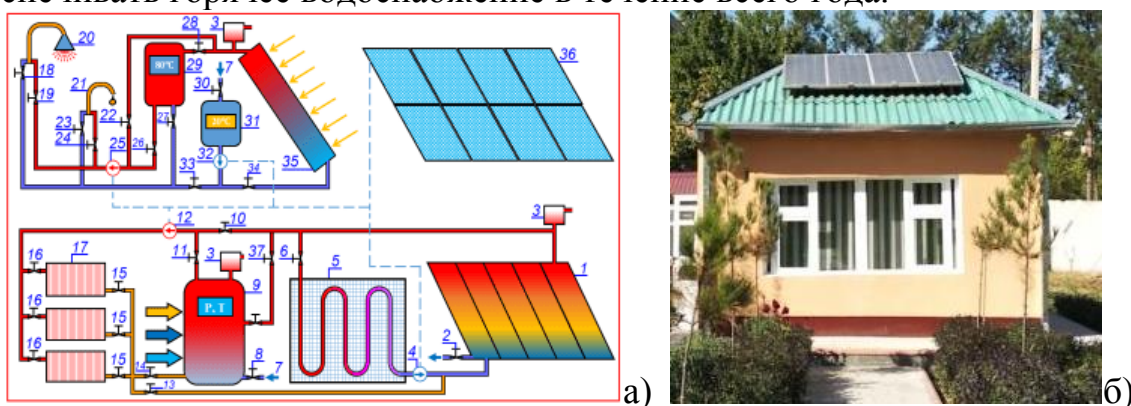
Таким образом, динамическая модель нестационарного температурного режима солнечного дома, построенная на основе теплоэлектрической схемы, позволяет регулировать внутреннюю температуру солнечного дома.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Разработка и исследование комбинированной системы теплоснабжения сельских

домов на основе гелиоустановок», представлены теплотехнические параметры комбинированной системы солнечного теплоснабжения, комбинированной системы солнечного отопления и горячего водоснабжения, а также результаты экспериментальных исследований комбинированной системы теплоснабжения.

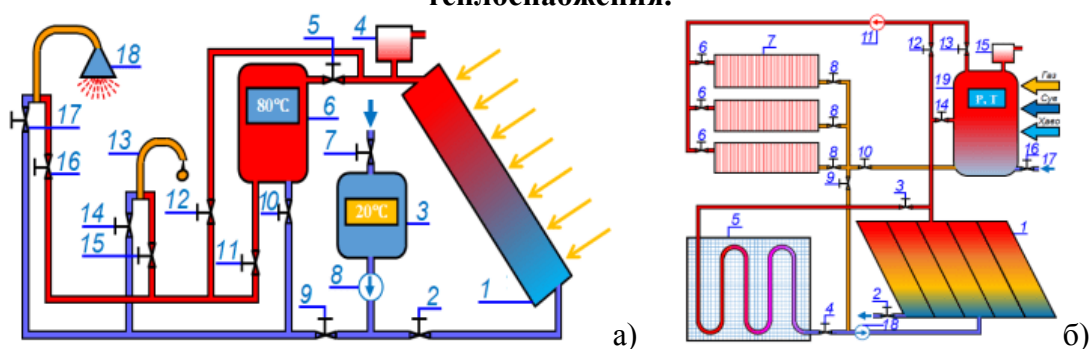
В целях экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов (природный газ, уголь и др.) в жилых домах для непрерывного обеспечения дома тепловой энергией разработана комбинированная система теплоснабжения на основе солнечной энергии и традиционного топлива (рис. 7).

Предлагаемая комбинированная система теплоснабжения служит для непрерывного снабжения жилых домов тепловой энергией, позволяет отапливать жилые дома с помощью системы батарей и теплых полов, обеспечивать горячее водоснабжение в течение всего года.



1, 35-солнечные коллекторы; 2, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 33, 34 клапаны; 3-расширительный бачок; 4, 12, 25, 32-циркуляционные насосы; 5-система водяного теплого пола; 7-дополнительная вода; 9-водогрейный котел; 17-отопительные батареи; 20, 21-краны; 29-водонагреватель электрический; 31-бак холодной воды.

Рис. 7. Принципиальная схема (а) и общий вид (б) комбинированной системы теплоснабжения.



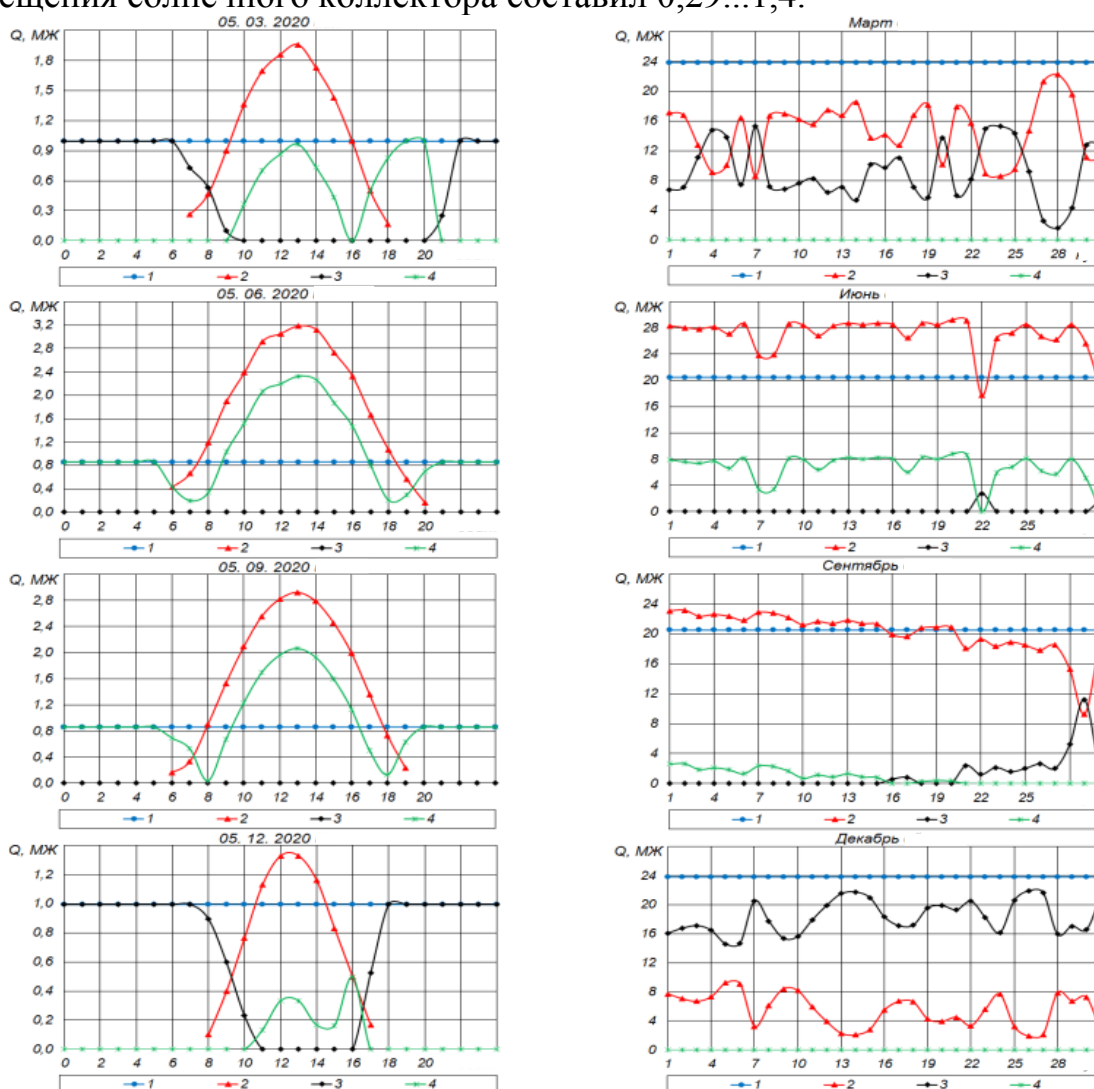
а) 1-солнечный коллектор; 2, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17-клапаны; 3-бак холодной воды; 4-расширительный бачок; 6-электрический водонагреватель; 8-насос; 13, 18- краны;
 б) 1-солнечный коллектор; 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16-клапаны; 11, 18-циркуляционные насосы; 5- система водяного теплого пола; 7-батареи отопления; 15-расширительный бачок; 17-добавочная вода; 19-водяной котел.

Рис. 8. Принципиальные схемы комбинированных систем горячего водоснабжения (а) и отопления (б).

Комбинированная система теплоснабжения (рис. 7) предназначена для оценки эффективности систем отопления и горячего водоснабжения на основе

солнечной энергии и традиционного топлива, а также для моделирования и экспериментального исследования температурных режимов дома. Разработанная автономная система теплоснабжения (СТС) состоит из систем горячего водоснабжения (ГВС) (рис. 8, а) и отопления (рис. 8, б).

Экспериментальные исследования комбинированной солнечной системы ГВС проводились с марта 2020 г. по февраль 2021 г. в разрезе месяцев и в характерные дни каждого месяца (рис. 9). Результаты проведенных экспериментальных исследований показывают, что при эксплуатации системы горячего водоснабжения с марта 2020 г. по февраль 2021 г. количество солнечной радиации составило 7,96...32,36 МДж/сут, а с помощью солнечного коллектора площадью 1,5 м², была получена полезная энергия в количестве 7,34..29,86 МДж/сут, суточная тепловая нагрузка на систему составила 21,38 МДж/сут в летний период и 24,88 МДж/сут в зимний период, а коэффициент замещения солнечного коллектора составил 0,29...1,4.

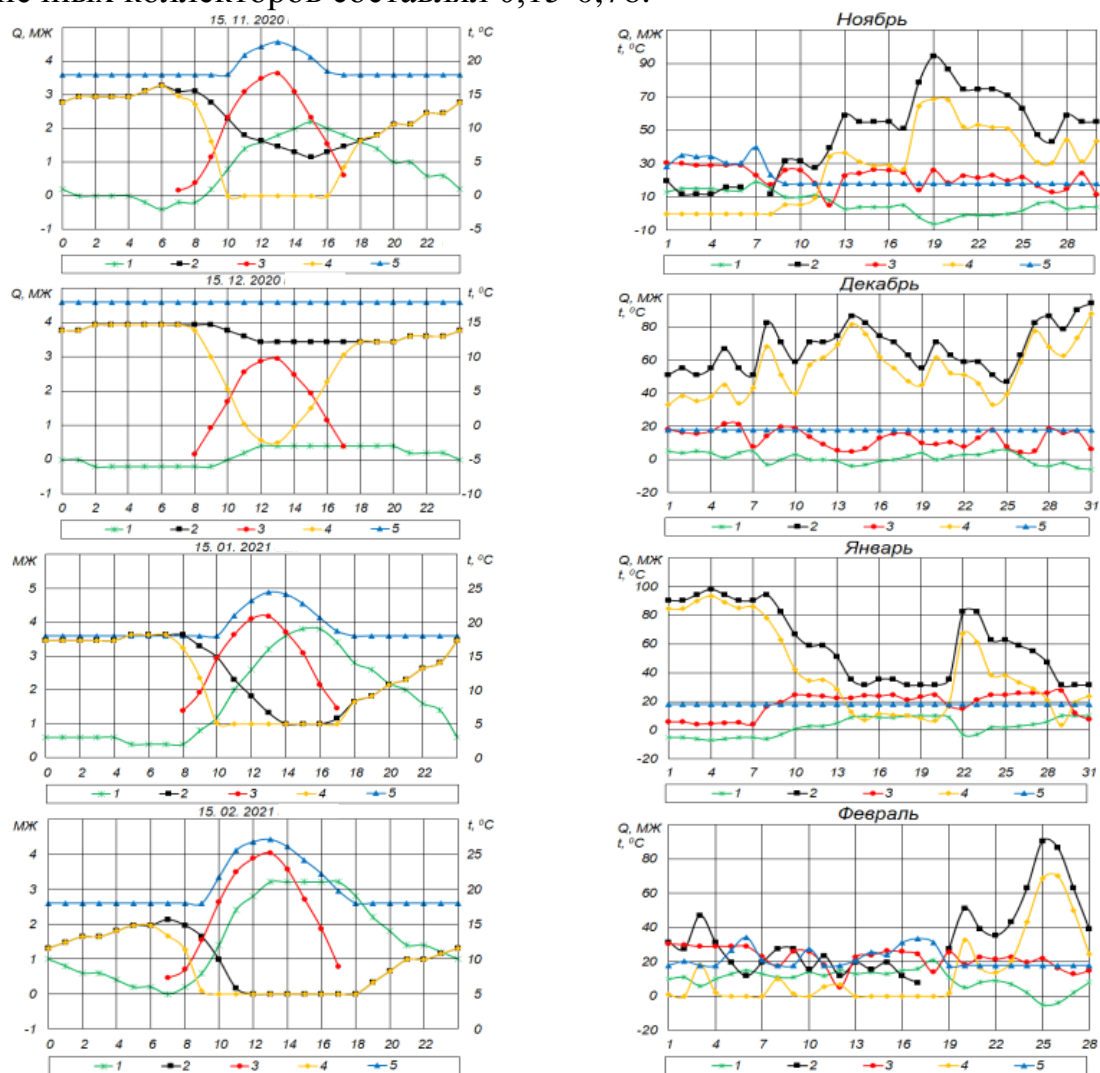


1-тепловая нагрузка; 2-полезная энергия, полученная от солнечного коллектора; 3-энергия, переданная от электронагревателя; 4-аккумулятивная энергия.

Рис. 9. Результаты экспериментальных исследований, проведенных в комбинированной системе горячего водоснабжения

С марта 2020 г. по февраль 2021 г. при эксплуатации системы горячего водоснабжения в баке-аккумуляторе аккумулировалось 1,33...18,17

МДж/сутки избыточной энергии, количество полезной энергии, полученной в солнечном коллекторе, составило 170,6... 810,42 МДж/мес, а коэффициент замещения 0,23...1,33. Экспериментальные исследования комбинированной системы отопления солнечного дома были проведены в климатических условиях города Карши в отопительный сезон с 15 октября 2020 г. по 15 марта 2021 г., в разрезе месяцев и в характерные дни каждого месяца (рис. 10). В результате проведенных экспериментов количество солнечной радиации в отопительный период с октября 2020 г. по март 2021 г. составил 7,96...17,96 МДж/м²-сут, а с помощью солнечного коллектора полезной площадью 3,5 м² получена полезная энергия в размере 17,13-38,67 МДж/сут и в течение отопительного сезона аккумулирована избыточная энергия в количестве 1,53-37,27 МДж/сут. Также при температуре наружного воздуха -6...17°С и при нагреве внутреннего воздуха дома до 18-24°С коэффициент замещения солнечных коллекторов составлял 0,15-0,76.

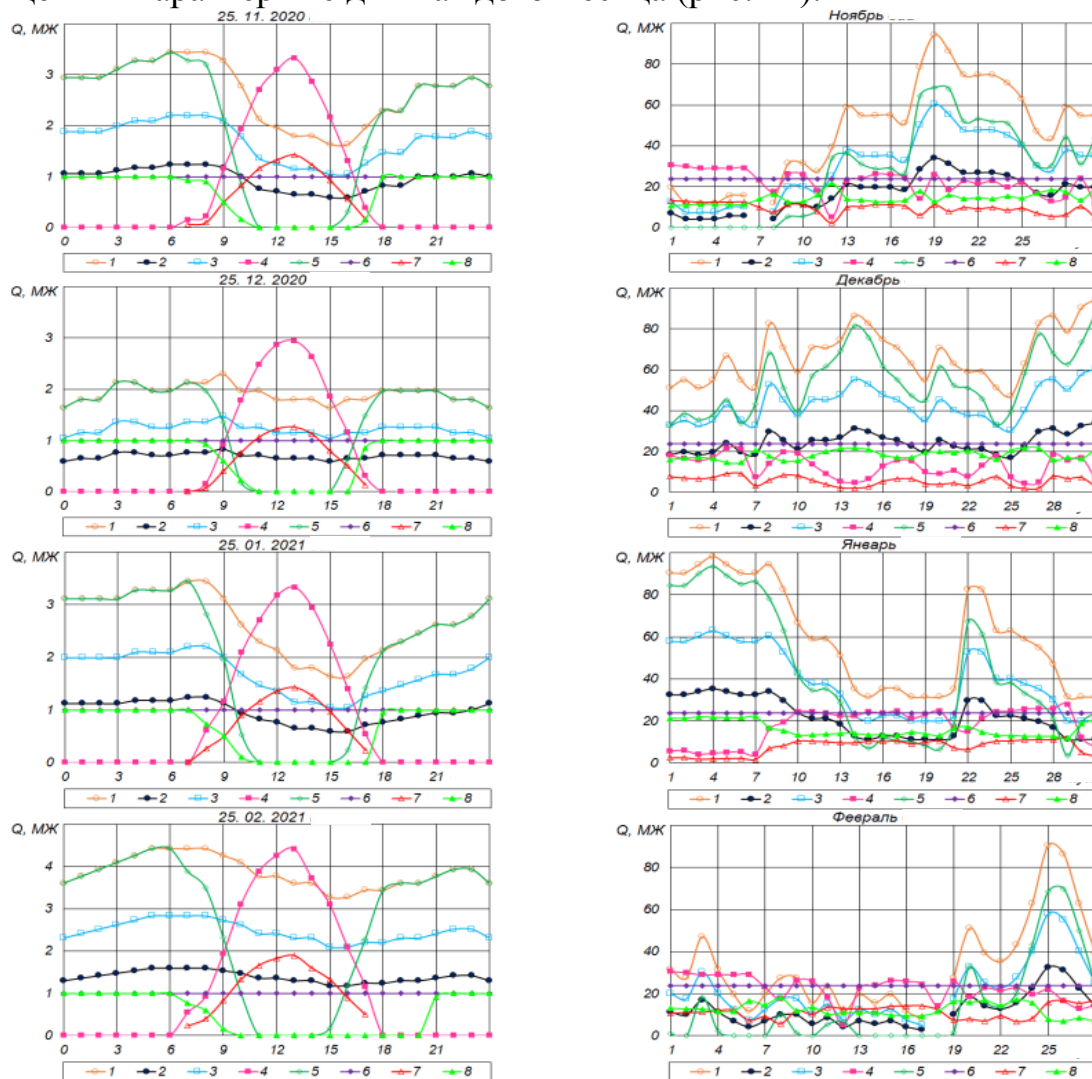


1-температура наружного воздуха; 2-тепловая нагрузка; 3-полезная энергия, полученная от солнечного коллектора; 4-энергия, переданная от водогрейного котла; 5-температура внутреннего воздуха

Рис. 10. Результаты экспериментальных исследований, проведенных в комбинированной системе отопления

Экспериментальные исследования комбинированной системы теплоснабжения солнечного дома на основе гелиоустановок проводились в

отопительный период с 15 октября 2020 г. по 15 марта 2021 г., в разрезе месяцев и в характерные дни каждого месяца (рис. 11).



1-тепловая нагрузка на систему отопления; 2-тепловая нагрузка на систему теплого пола; 3-тепловая нагрузка на отопительную батарею; 4-полезная энергия, полученная от солнечного коллектора; 5- энергия, переданная от водогрейного котла; 6-тепловая нагрузка на систему ГВС; 7-полезная энергия, полученная от солнечного коллектора в системе ГВС; 8- энергия, переданная от электронагревателя

Рис. 11. Результаты экспериментальных исследований, проведенных в комбинированной системе теплоснабжения

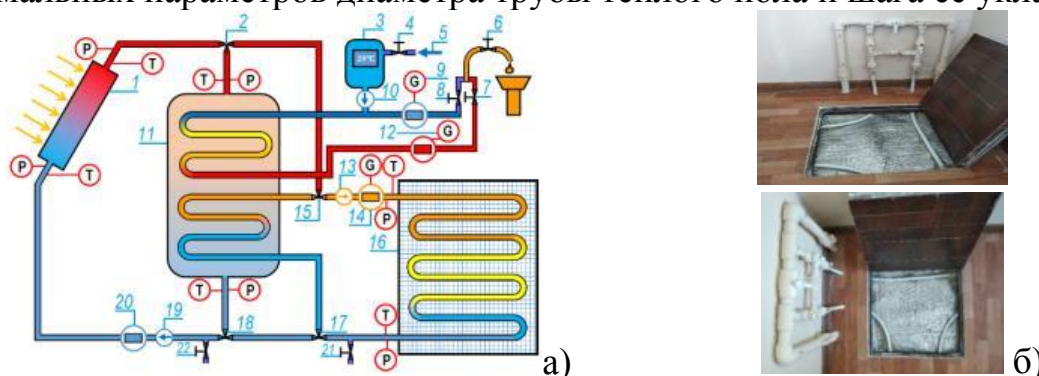
В результате проведенных экспериментов количество солнечной радиации в отопительный сезон с октября 2020 г. по март 2021 г. составил 7,96...17,96 МДж/м²·сут, а с помощью солнечных коллекторов площадью 3,5 м² и 1,5 м², получена полезная энергия в количестве 24,5-55,2 МДж/сутки и аккумулировано 3,8-38,0 МДж избыточной энергии за отопительный сезон.

В отопительный период при температуре наружного воздуха -6...17°C, 20...50% тепловой нагрузки на систему теплоснабжения покрывалось за счет солнечной энергии, в результате сэкономлено 33...70% топлива, сжигаемого в традиционном водогрейном котле, 66...86% электрической энергии в электронагревателе.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Исследование системы водяного теплого пола с солнечным коллектором», приводятся описание

экспериментального устройства теплого пола, методика проведения эксперимента, результаты проведенного эксперимента по гидродинамике и теплообмену в трубе системы водяного теплого пола с солнечным коллектором, эмпирические уравнения, полученные на основе обобщения результатов, а также показатели энергетической эффективности комбинированной системы теплоснабжения.

Для повышения эффективности системы отопления солнечного дома была разработана и испытана комбинированная система водяного теплого пола с солнечными коллекторами (рис. 12). Проведены экспериментальные исследования по изучению предлагаемой системы водяного теплого пола с солнечным коллектором, моделированию гидродинамических и теплообменных процессов системы водяного теплого пола, определению оптимальных параметров диаметра трубы теплого пола и шага ее укладки.



1-солнечный коллектор; 2, 15, 17, 18-трехходовые вентили; 3-бак холодной воды; 4, 6, 7, 8-вентили; 5-подача холодной воды; 9, 12, 14, 20-расходомеры; 10, 13, 19-циркуляционные насосы; 11-бак-аккумулятор; 16-система теплого пола; 21, 22-заполнение контура водой и слив.

Рис. 12. Принципиальная схема (а) и общий вид (б) системы теплого пола с солнечном коллектором.

Экспериментальное исследование проводилось в следующем диапазоне основных параметров системы теплого пола: при ламинарном режиме течения $G=0,0043\div 0,02$ кг/с, при турбулентном режиме течения $G=0,07\div 0,093$ кг/с; средняя температура горячей воды $t_b = 35 \dots 50^\circ\text{C}$; средняя температура поверхности пола $t_n = 26^\circ\text{C}$; диаметр трубы $d = 0,016$ м; шаг укладки трубы $s = 0,1$ м, $s = 0,15$ м, $s = 0,2$ м, $s = 0,25$ м, $s = 0,3$ м; скорость горячей воды в трубах теплого пола не должна превышать 1 м/с.

Экспериментальные данные по коэффициенту гидравлического сопротивления и мощности насоса при различных шагах укладки трубы теплого пола и при различных температурах горячей воды при ламинарном и турбулентном режиме течения горячей воды представлены на рис. 13 в виде графика $\xi = f(Re)$ и $N = f(Re)$.

На основе обобщения полученных экспериментальных результатов в трубах водяного теплого пола при ламинарном и турбулентном режимах течения горячей воды, были получены следующие эмпирические уравнения для определения коэффициента гидравлического сопротивления:

при ламинарном режиме течения:

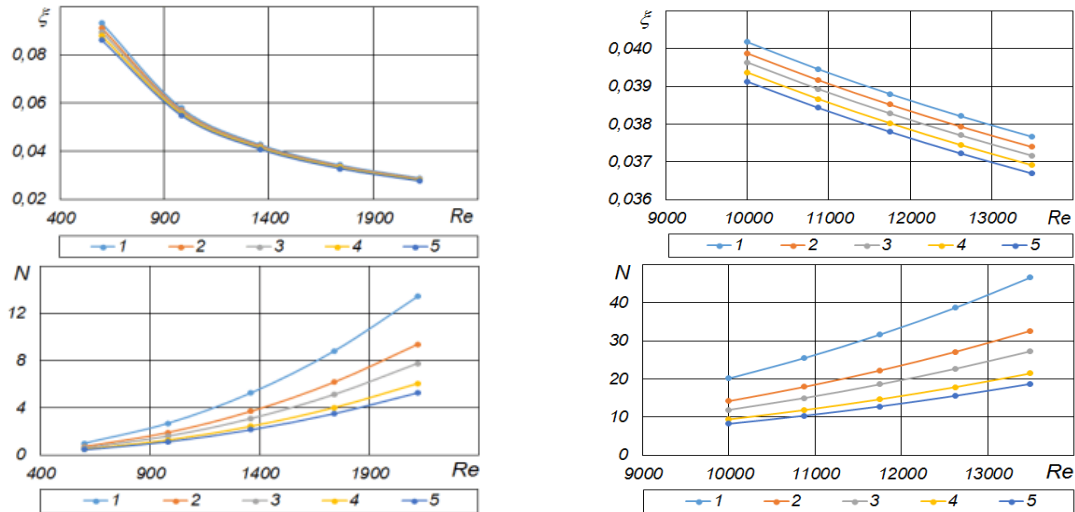
$$\xi = \frac{20,44}{Re^{0,929} s^{0,018}} \left(\frac{Pr_{ст}}{Pr_{ж}} \right)^{1,038} \left(\frac{GrPr}{Re} \right)^{0,014} \quad (22)$$

Формула (22) справедлива при $400 < Re < 2200$, $1,25 < Pr_{ст}/Pr_{ж} < 1,71$, $9,7 \cdot 10^5 < GrPr < 34 \cdot 10^5$. Погрешность вычислений составляет $\pm 2\%$.

при турбулентном режиме течения:

$$\xi = \frac{0,252}{Re^{0,217} s^{0,019}} \left(\frac{Pr_{ст}}{Pr_{ж}} \right)^{0,298} \quad (23)$$

Формула (23) справедлива при $10000 < Re < 14000$, $1,25 < Pr_{ст}/Pr_{ж} < 1,71$. Погрешность вычислений составляет $\pm 2\%$.



1-s=100 мм; 2-s=150 мм; 3-s=200 мм; 4-s=250 мм; 5-s=300 мм.

Рис. 13. Графики изменения коэффициента гидравлического сопротивления и мощности насоса при ламинарном (а) и турбулентном (б) режимах течения

Из таблицы значений критерия Фишера находим значение $F_T = 0,62$, который соответствует достоверной вероятности $P=0,99$, степени свободы $f_1 = 95$ и количеству наблюдений $n = 99$. Расчетное значение критерия Фишера для формулы (22) составляет $F_p = 0,3$. Расчетное значение критерия Фишера для формулы (23) равно $F_p = 0,13$. Видно, что в обоих случаях $F_p < F_T$, значит, модель адекватна. Таким образом, эмпирические уравнения, полученные на основе моделирования гидродинамического и теплового режима системы горячего пола солнечного коллектора, позволяют определить коэффициент теплоотдачи в ламинарном и турбулентном режимах потока и количество тепла, подаваемого от системы горячего пола.

Экспериментальные данные по коэффициенту теплоотдачи и количеству тепла при различных шагах укладки трубы теплового пола и при различных температурах горячей воды при ламинарном и турбулентном режиме течения горячей воды представлены на рис. 14 в виде графика $Nu = f(Re)$ и $Q = f(Re)$.

На основе обобщения полученных экспериментальных результатов в трубах водяного теплого пола при ламинарном и турбулентном режимах течения горячей воды, были получены следующие эмпирические уравнения для определения коэффициента теплоотдачи:

при ламинарном режиме течения:

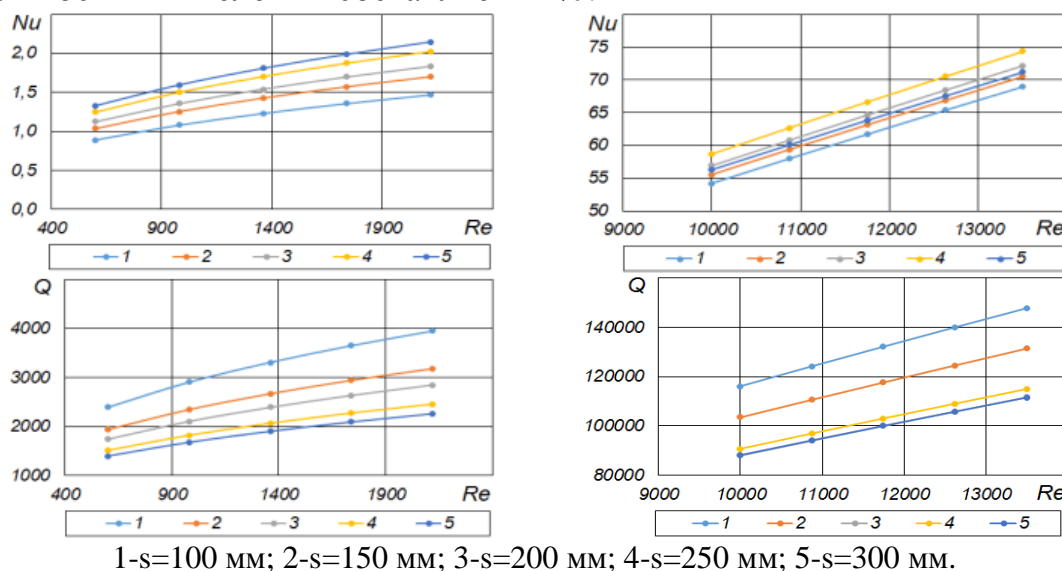
$$Nu = 0,066 Re^{0,4} Pr^{0,58} s^{0,34} \quad (24)$$

Формула (24) справедлива при $400 < Re < 2200$, $3,54 < Pr_{ж} < 4,86$.
 Погрешность вычислений составляет $\pm 2\%$.

при турбулентном режиме течения:

$$Nu = 0,0156 Re^{0,8} Pr^{0,669} s^{0,077} \quad (25)$$

Формула (25) справедлива при $10000 < Re < 14000$, $3,54 < Pr_{ж} < 4,86$.
 Погрешность вычислений составляет $\pm 2\%$.



1-s=100 мм; 2-s=150 мм; 3-s=200 мм; 4-s=250 мм; 5-s=300 мм.

Рис. 14. Графики изменения коэффициента теплоотдачи и количества тепла при ламинарном (а) и турбулентном (б) режимах течения

Из таблицы значений критерия Фишера находим значение $F_T = 0,62$, который соответствует достоверной вероятности $P=0,99$, степени свободы $f_1 = 95$ и количеству наблюдений $n = 99$. Расчетное значение критерия Фишера по формуле (24) составляет $F_p = 0,28$. Расчетное значение критерия Фишера для формулы (25) равно $F_p = 0,14$. Видно, что в обоих случаях $F_p < F_T$, значит, модель адекватна. Таким образом, на основе эмпирических уравнений, полученных путем моделирования гидродинамического и теплового режима системы теплого пола с солнечным коллектором, можно определить коэффициент теплопередачи в ламинарном и турбулентном режимах течения и количество тепла, передаваемого от системы теплого пола.

При оптимизации параметров системы теплого пола использован критерий Глазера и оптимизированы параметры теплого пола при ламинарном и турбулентном режимах течения горячей воды. Полученные по критерию Глазера результаты при ламинарном и турбулентном режимах течения горячей воды представлены на рис. 15 в виде зависимости $\eta_r = f(Re)$.

На рис. 15 видно, что при ламинарном режиме течения при $Re=600-1000$ система «теплый пол» имеет наибольшую теплогидродинамическую эффективность, при этом оптимальный диаметр трубы $d=0,016$ м и шаг укладки трубы $s=0,03$ м, расход воды $G = 0,005-0,008$ кг/с. В диапазоне $Re=10000-11200$ турбулентного режима течения система «теплый пол» имеет наибольшую теплогидродинамическую эффективность, оптимальный диаметр трубы $d=0,016$ м, шаг укладки трубы $s=0,3$ м, расход воды $G=0,08 - 0,092$ кг/с.

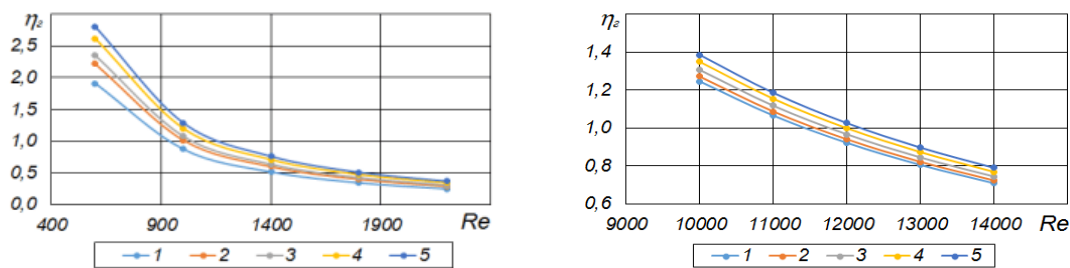


Рис. 15. Результаты оптимизации параметров системы теплого пола при ламинарном и турбулентном режимах течения

Технико-экономические показатели комбинированной системы теплоснабжения рассчитаны на примере трехкомнатного типового дома полезной площадью 180 м². Использование солнечной энергии в системе горячего водоснабжения типового дома обеспечивает экономию 2440-2449 кг у.т. в год, в результате расход тепловой энергии на горячее водоснабжение снижается на 65-70%.

Использование системы водяного теплого пола с солнечным коллектором в системах отопления типового дома позволяет покрыть 50-55% всей тепловой нагрузки на отопление в солнечные дни и обеспечивает экономию 3230-3236 кг у.т. за отопительный сезон за счет солнечной энергии, в результате расход тепловой энергии на систему водяного теплого пола снижается на 55-60%.

Использование комбинированной системы теплоснабжения на основе традиционной и солнечной энергии в типовом доме обеспечивает экономию 11940-11948 кг. у.т. за один отопительный сезон, в результате расход тепловой энергии в системе теплоснабжения снижается на 30-35%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, осуществленных для реализации поставленных в диссертации задач, предложены следующие выводы:

1. Изучены способы использования возобновляемых источников энергии в системах теплоснабжения жилых домов, проведен энергетический анализ автономных систем теплоснабжения типовых сельских домов и оценены энергетические показатели.

2. Разработаны рациональные схемы комбинированной системы теплоснабжения, работающей на традиционном топливе и с использованием солнечных установок, обеспечивающих системы горячего водоснабжения и отопления сельского дома тепловой энергией.

3. На основе уравнений теплового баланса и теплоэлектрической схемы разработаны математические модели, позволяющие рассчитать температурный режим дома с комбинированной системой теплоснабжения, работающей с использованием гелиоустановки и на традиционном топливе, с учетом изменения теплотехнических параметров окружающей среды, внутреннего воздуха и конструкции стен.

4. Построен экспериментальный солнечный дом с комбинированной системой теплоснабжения с использованием солнечной установки и традиционного топлива, определено количество солнечной радиации во время

горячего водоснабжения с марта 2020 года по февраль 2021 года - 7,96...32,36 МДж/сут. С помощью солнечного коллектора площадью 1,5 м² получена полезная энергия в количестве 7,34...29,86 МДж/сут, тепловая нагрузка на горячее водоснабжение составила 21,38 МДж/сут во время летнего и 24,88 МДж/сут во время зимнем периоде, при этом коэффициент замещения солнечного коллектора составлял 0,29...1,33.

5. Количество солнечной радиации во время отопительного сезона с октября 2020 года по март 2021 года составило 7,96...17,96 МДж/сут, с помощью коллектора площадью 3,5 м² получено полезной энергии в количестве 17,13...38,67 МДж/сут и за отопительный сезон аккумулирована избыточная энергия в количестве 1,53...37,27 МДж/сут. При температуре наружного воздуха в среднем 0...14,1°С внутренний воздух дома нагревался до 18...30°С, и было определено, что коэффициент замещения солнечных коллекторов изменился на 0,15...0,76.

6. Количество солнечной радиации во время отопительного периода с октября 2020 года по марта 2021 года составило 7,96...17,96 МДж/сут, с помощью коллекторов площадью 3,5 м² и 1,5 м² получена полезная энергия в количестве 24,5...55,2 МДж/сут и аккумулирована избыточная энергия в количестве 3,8...38,0 МДж/сут за отопительный период. В отопительный сезон при температуре наружного воздуха -6...17°С, 20...50% тепловой нагрузки на систему теплоснабжения покрывалось за счет солнечной энергии, в результате сэкономлено до 33...70% топлива, сжигаемого в традиционном водогрейном котле, а также сэкономлено 66...86% электрической энергии в электронагревателе.

7. Разработана комбинированная система водяного теплого пола с солнечным коллектором и на основе обобщения результатов экспериментального исследования теплогидродинамических режимов труб теплого пола получены эмпирические уравнения, определяющие коэффициенты гидравлического сопротивления и теплоотдачи в трубах теплого пола. Установлено, что погрешность расчета полученных эмпирических уравнений составляет ±2%.

8. В системе горячего водоснабжения и отопления типового дома с площадью обогрева 180 м² использование солнечного коллектора и системы водяного теплого пола с солнечным коллектором позволяет покрыть 65-70% общей тепловой нагрузки на систему горячего водоснабжения и отопления в солнечные дни и позволяет сэкономить 5680-5685 кг у.т. за счет солнечной энергии, вместе с тем, использование комбинированной системы теплоснабжения обеспечивает экономию 11940-11948 кг у.т. за отопительный период, в результате потребление тепловой энергии в системе теплоснабжения снижается на 30-35%.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.09.2020.T.111.03 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT
KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS INSTITUTE**

KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS INSTITUTE

KHAMRAEV SARDOR ILKHOMOVICH

**DEVELOPMENT OF A COMBINED HEAT SUPPLY SYSTEM FOR
RURAL HOUSES BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES**

05.05.06 – Power plants on the basis of renewable energy

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) DISSERTATION
IN TECHNICAL SCIENCES**

KARSHI – 2023

Theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under №B2020.2.PhD/T1743.

Dissertation has been prepared at Karshi engineering-economics institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the scientific council (www.qmii.uz) and on Information and education portal “Ziyonet” (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	Uzakov Gulom Norboyevich Doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Axatov Jasur Saidovich Doctor of technical sciences Vardiyashvili Aftandil Askarovich Candidate of technical sciences docent
Leading organization:	Bukhara state university

The defense of PhD dissertation will take place _____ “___” 2023 at _____ at the meeting of the Scientific Council PhD.03/30.09.2020.T.111.03 at Karshi engineering-economics institute. (Address: 180100, Uzbekistan, Karshi city, Mustakillik street, 225. Conference hall of the Karshi engineering-economics institute. Phone: (+99875) 224-02-89; Fax: (+99875) 224-13-95, e-mail:qmii@qmii.uz).

The PhD thesis can be founded at the Information-resource Center of Karshi engineering-economics institute (registered with number _____). Address: 180100, Uzbekistan, Karshi city, Mustakillik street, 225. Karshi engineering-economics institute. Phone: (+99875) 224-02-89; Fax: (+99875) 224-13-95, e-mail:qmii@qmii.uz).

Abstract of dissertation sent on “___” _____ 2023 year.
(Register of the distribution protocol on “___” _____ 2023 year).

B.E. Xayriddinov
p.d.Chairman of the Scientific council on awarding scientific degrees, DSc, professor.

X.A. Davlanov
Scientific secretary of the Scientific Council on award scientific degrees, docent.

B. Urishev
Chairman of Scientific seminar under Scientific Council on award of scientific degrees, DSc, professor.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work to develop a combined autonomous heating system for rural houses based on solar installations and to substantiate energy efficiency.

Tasks of research:

energy analysis of autonomous heat supply systems based on traditional energy sources;

development of a thermal scheme for the heating and hot water supply system of a rural house based on traditional and combined solar installations;

development of a mathematical model of the heat supply system of a rural house in a non-stationary temperature regime;

modeling of the heat balance of a rural house based on combined solar installations;

modeling and optimization of the parameters of the thermohydrodynamic regime of a water-heated floor system with a solar collector;

substantiation of the energy efficiency of an autonomous heat supply system based on combined solar installations.

The object of the research is a combined heat supply system for rural houses operating on the basis of a solar plant and traditional fuel.

The scientific novelty of the research is as follows:

taking into account the change in the thermal potential of solar radiation in the region, a combined heat supply system was developed based on low-potential solar installations and a traditional hot water boiler, which provides a continuous supply of thermal energy to an autonomous system of hot water supply and heating of a rural house;

taking into account the change in the thermal parameters of the external environment, the internal air of the building and the structure of the walls, a mathematical model was developed based on the heat balance equations, which allows calculating the non-stationary temperature regime of a house with a combined heat supply system consisting of solar installations and a traditional fuel hot water boiler;

based on the generalization of the results of an experimental study of the heat and hydrodynamic regimes of a water heated floor system with a solar collector, empirical equations were obtained that make it possible to determine the hydraulic resistance and heat transfer coefficients depending on the diameters of the water heated floor pipes and their laying step;

taking into account the laminar and turbulent modes of movement of the coolant, based on the Glauser criterion, the optimal values of the pipe diameter, laying step and water flow are determined, which make it possible to ensure high thermal efficiency of the heating system for a water-heated floor with a solar collector.

Implementation of the research results. Based on the obtained research on the development of a combined heat supply system for rural houses based on renewable energy sources:

an energy-efficient heat supply system with solar collectors has been introduced in the traditional heating and hot water supply systems of standard

residential buildings located in the State Unitary Enterprise "Issiklik Manbai" of Kashkadarya region (certificate No. 04/02-4001 of the Ministry of Housing Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated August 23, 2022 of the year). As a result, 26,000-26,310 kWh of electricity was saved in a typical house with a usable area of 180 m² in one heating period;

an energy-saving heat supply system with solar collectors has been introduced in the heating systems of typical residential buildings located in the State Unitary Enterprise Issiklik Manbai, Kashkadarya region (certificate No. 04/02-4001 of the Ministry of Housing Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated August 23, 2022). As a result, 26,000-26,310 kWh of electricity was saved in a typical house with a usable area of 180 m² in one heating period.

Approbation of the research results. The research results were tested at 10 scientific and practical conferences, including 4 international and 6 republican conferences.

Publication of the research results. On the topic of the dissertation, only 26 scientific papers were published, 4 articles in foreign and 6 articles in republican journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, and 4 software products for computers were received.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 118 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (Iчасть; Ipart)

1. Xujakulov S.M., Xamrayev S.I. Kombinatsiyalashgan muqobil energiya qurilmalari asosidagi avtonom issiqlik ta'minoti tizimi // Innovatsion texnologiyalar. -Qarshi, 2020. -№ 3(38). 40-44 betlar. (05.00.00; № 38).

2. Xamrayev S.I., Xujakulov S.M., Kamolov B.I. Namunaviy qishloq uylarining avtonom issiqlik va elektr ta'minoti tizimlari tahlili // Innovatsion texnologiyalar. -Qarshi, 2020. Maxsus son. 67-73 betlar. (05.00.00; № 38).

3. Uzoqov G'.N., Xamrayev S.I., Xujakulov S.M., Kamolov B.I. Qashqadaryo viloyati hududida quyosh energiyasi resurslarining potensialini baholash // Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali. -Farg'ona, 2021. -№4(25). 69-75betlar. (05.00.00; № 20).

4. Xamrayev S.I., Xujakulov S.M., Kamolov B.I. Quyosh issiqlik ta'minoti tizimli tajriba qishloq uyining issiqlik balansini tadqiqot qilish // Energiya va resurs tejash muammolari. -Toshkent, 2021. № 3. 181-191 betlar. (05.00.00; № 21).

5. Khuzhakulov S.M., Khamraev S.I., Mamedova D.N., Kamolov B.I. Study the characteristics of heat energy in the autonomic solar system // PalArch's Journal of Archaeology of Egypt / Egyptology (2020). PJAEE 17(6),. ISSN 1567-214x pp 3240 – 3252 (Scopus,Q₃).

6. Khamraev S.I., Khuzhakulov S.M., Kamolov B.I., Djuraev R.T. Thermal-technical characteristics and thermal regime of energy-efficient solar house //Asian Journal of Multidimensional Research. ISSN: 2278-4853. Vol 10, Issue 5, May, 2021. pp 769-776. SJIF-2021-7.699. DOI: 10.5958/2278-4853.2021.00450.8.

7. Khamraev S.I., Khuzhakulov S.M., Kamolov B.I., Khusunov Sh.Kh., Narzullaev B.A. Analysis Of Scientific Research On The Use Of Renewable Energy Sources In The Heat Supply System //The American Journal of Applied Sciences. ISSN- 2869-0992 Volume 03 Issue 04- 2021 | pp. 264-274. SJIF-5.634. DOI: <https://doi.org/10.37547/tajas/Volume03Issue04-37>.

8. Uzakov G. N., Charvinski V. L., Ibragimov U. Kh.,Khamraev S. I., Kamolov B. I. (2022) Mathematical Modeling of the Combined Heat Supply System of a Solar House. Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc.65 (5), 412–421. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2022-65-5-412-421> (Scopus,Q₃).

9. Xamrayev S.I, Ibragimov U. X, Kamolov B.I, Zuvaytova. Z. K. Quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimi quvuridan issiqlik berish jarayonini modellashtirish. Innovatsion texnologiyalar. -Qarshi, 2022. Maxsus son. 68-74 betlar. (05.00.00; № 38).

10. Uzoqov G'.N., Ibragimov U.X., Xamrayev S.I., Bazarov O.SH. Quyosh kollektorli suvli issiq pol tizimining gidrodinamik jarayonlari tadqiqoti natijalari. Energiya va resurs tejash muammolari. -Toshkent, 2022. Maxsus son. № 81. 162-176 betlar. (05.00.00; № 21).

II bo‘lim (II часть; II part)

11. Uzoqov G‘.N., Xamrayev S.I., Xujakulov S.M., Kamolov B.I. “Qayta tiklanadigan energiya manbalari asosida ishlaydigan uyning issiqlik yuklamasini hisoblash” dasturi // O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 09503 (26.10.2020).

12. Uzoqov G‘.N., Xamrayev S.I., Kamolov B.I. “Qayta tiklanadigan energiya manbalari asosida qishloq uylarining kombinatsiyalashgan issiqlik taminoti tizimini hisoblash” dasturi. // O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 10314 (28.01.2021).

13. Xamrayev S.I., Kamolov B.I. “Qayta tiklanadigan energiya manbalari asosida qishloq uyining kombinatsiyalashgan issiq suv taminoti tizimini ishlab chiqish” dasturi. // O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 13295 (02.11.2021).

14. Ibragimov U.X., Xamrayev S.I., Kamolov B.I. “Namunaviy uylarning issiqlik balansini modellashtirish va hisoblash” dasturi. // O‘zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № 14875 (07.02.2022).

15. Uzakov G.N., Khamraev S.I., Khuzhakulov S.M. Rural house heat supply system based on solar energy // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012167 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012167 (www.scopus.com).

16. Khamraev S. I, Ibragimov U. Kh Kamolov B.I. Removal of hydrodynamic lesions of a heated floor with a solar collector// APEC-V-2022 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1070(2022) 012018 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1070/1/012018. (www.scopus.com).

17. Uzoqov G‘.N., Xujakulov S.M., Xamrayev S.I., Ro‘ziqulov G‘.Y., Safarova S.U. Namunaviy uylarning issiq suv ta‘minoti tizimida quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligi // “Muqobil energiya manbalaridan foydalanishning joriy holati va istiqbollari” mavzusida Respublika miqyosida ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami. –Namangan: NamMQU, 2020 yil 22-23 aprel, 188-191betlar.

18. Xamrayev S.I., Xujakulov S.M. Qishloq uylarining quyosh energiyasi asosidagi kombinatsiyalashgan isitish tizimini tadqiqot qilish. // “Qayta tiklanadigan energiya manbalari: ilmiy tadqiqotlar, innovatsion texnologiyalar va ishlanmalar” Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to‘plami. –Qarshi: QarMII, 2020 yil 16-17 oktabr, 142-149 betlar.

19. Xamrayev S.I. Qishloq uylarining kombinatsiyalashgan issiqlik ta‘minoti tizimi // “Ilm-fan taraqqiyotiga yoshlarning innovatsion yondashuvlari” mavzusidagi onlayn hududiy ilmiy-amaliy anjumani maqolalar to‘plami. –Qarshi: QarMII, 2020 yil 14 may, 295-297 betlar.

20. Xamrayev S.I. Kombinatsiyalashgan quyosh isitish tizimining issiqlik-texnik parametrlarini asoslash // «Энерго- и ресурсосбережение: новые исследования, технологии и инновационные подходы» Сборник материалов

труды международной конференции. –Карши: КИЭИ, 24-25 сентября 2021г. ст. 292-295.

21. Xamrayev S.I., Tursunov B.G'. Energiya samarador quyosh uyi // «Ilm-fan taraqqiyotiga yoshlarning innovatsion yondashuvlari» mavzusidagi yosh olimlar va iqtidorli talabalarning Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami. - Qarshi:QarMII, 2021yil 4-5 iyun, 44-47 betlar.

22. Uzakov G. N., Khamraev S. I, Zuvaytova Z.K, Charvinski V. L. Thermal-technical characteristics and thermal regime of energy-efficient solar house. // «Информационные технологии в политических, социально-экономических и технических системах» Материалы международной научно-практической конференции. –Минск: БНТУ, 22 апреля 2022. ст. 180-187.

23. Khamraev S.I. Zuvaytova Z K, Temirova L.Z., Uzoqova Yu.G'. Increasing the Efficiency of Solar, Heating, Cooling and Electricity System in Model Houses “O‘zbekistonning innovatsion taraqqiyotida yoshlarning o‘rni” mavzusidagi yosh olimlar va iqtidorli talabalarning Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami.- Qarshi: QMII, 2022 yil 3-4 iyun, 33-34 betlar.

24. Xamrayev S.I., Ibragimov U.X., Kamolov B.I., Zuvaytova Z.K. Quyosh kollektorli suvli issiq pol quvurida issiq suvning laminar oqimida issiqlik almashinuv jarayonlarini modellashtirish. “Energiya va resurs tejamkor innovatsion texnologiyalarni rivojlantirishning dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallar to'plami. –Qarshi: QMII, 23-24 sentabr 2022 yil. 557-562 betlar.

25. Xamrayev S.I. Quyosh kollektorli issiq pol tizimining parametrlarini optimallashtirish. “Hozirgi zamon fizikasining dolzarb muammolari” xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik anjuman materiallari. –Buxoro: BuxDU, 25-26 noyabr 2022 yil. 381-383 betlar.

26. Xamrayev S.I., Ibragimov U.X., Kamolov B.I., Zuvaytova Z.K. Quyosh kollektorli suvli issiq pol quvurida issiq suvning turbulent oqimida issiqlik almashinuv jarayonlarini modellashtirish. «Iqtisodiyotni raqamlashtirish sharoitlarida eneretikaning dolzarb muammolari» mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami. – Buxoro:BMTI, 24-26 noyabr 2022 yil. 347-350 betlar.

Avtoreferat «Innovatsion texnologiyalar» ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va uning o'zbek, rus, ingliz (tezis) tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi
04.03.2023 yil

Bosishga ruxsat etildi: 04.03.2023 yil
Bichimi 60x841/8 , «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 3,12 Adadi: 80.

Buyurtma: № 23

QarMII «INTELLEKT» nashriyoti MIUda chop etilgan.
Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy.