

**O'zR FA FIZIKA-TEXNIKA INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.02/27.02.2020.FM/T.110.01 RAQAMLI ILMY KENGASH**

---

**FIZIKA-TEXNIKA INSTITUTI**

**SAMIEV KAMOLIDDIN A'ZAMOVICH**

**PASSIV QUYOSH ISITISH TIZIMLARINING  
ISSIQLIK SAMARADORLIGI**

**05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari  
asosidagi energiya qurilmalari**

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2023**

**Doktorlik (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации**

**Contents of the of Doctoral (DSc) Dissertation Abstract**

**Samiyev Kamoliddin A'zamovich**

Passiv quyosh isitish tizimlarining issiqlik samaradorligi ..... 3

**Самиев Камолиддин Аъзамович**

Тепловая эффективность пассивных систем солнечного отопления ..... 23

**Samiev Kamoliddin A`zamovich**

Thermal efficiency of passive solar heating systems ..... 45

**E'lon qilingan ishlar ro`yxati**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 50

**O'zR FA FIZIKA-TEXNIKA INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.02/27.02.2020.FM/T.110.01 RAQAMLI ILMY KENGASH**

---

**FIZIKA-TEXNIKA INSTITUTI**

**SAMIEV KAMOLIDDIN A'ZAMOVICH**

**PASSIV QUYOSH ISITISH TIZIMLARINING  
ISSIQLIK SAMARADORLIGI**

**05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari  
asosidagi energiya qurilmalari**

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2023**

Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2020.2.DSc/T344 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya O'ZR FA Fizika-texnika institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz(rezyume)) ilmiy kengashning veb-sahifasiga (www.fti.uz) va "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portaliga (www.ziyounet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy maslahatchi:** Avezova Nilufar Rabbanakulovna,  
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

**Rasmiy opponentlar:** Kenjayev Idirisbek Gulamovich  
texnika fanlari doktori, professor

Raximov Rustam Xakimovich  
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Urishev Boborahim Urishevich  
texnika fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:** Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi O'ZR FA Fizika-texnika instituti huzuridagi DSc.02/27.02.2020.FM/T.110.01 raqamli ilmiy kengashning 2023 yil "29" 08 soat 10<sup>00</sup> daqiqa majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 100084, O'zbekiston, Toshkent shahri, Chingiz Aytmatov ko'chasi 2b. Tel: (+99871) 235-42-91).

Dissertatsiya bilan Fizika-texnika institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin. (\_\_\_\_-raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100084, O'zbekiston, Toshkent shahri, Chingiz Aytmatov ko'chasi 2b. Tel: (+99871) 235-42-91).

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil "17" 08 kuni tarqatildi.

(2023 yil "17" 08 daqiqa 03 raqamli reestr bayonnomasi).



**X.K. Olimov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi,  
f.-m.f.d., professor

**J.S. Axatov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash  
ilmiy kotibi, t.f.d., katta ilmiy xodim

**M.N. Tursunov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash  
qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., katta  
ilmiy xodim

## KIRISH (doktorlik dissertatsiyasi (DSs) annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining zarurati va dolzarbligi.** Jahonda turar-joy binolarini isitish uchun energiya sarfini kamaytirish bo'yicha qayta tiklanadigan energiya manbalaridan, ayniqsa passiv quyosh isitish tizimlari va ularning tamoyillaridan foydalanish yetakchi o'rinlardan birini egallaydi. Jahonda tarmoqlar bo'yicha jami yakuniy energiya iste'molining 22,5 foizi (88,5 million TJ)<sup>1</sup> turar-joy sektoriga to'g'ri kelishini hisobga olib, isitish va sovutish sohasida birlamchi energiya sarfini kamaytirish imkonini beruvchi, resurslarni ularning ehtiyojlari uchun ajratish va yashil texnologiyalarni amaliy qo'llashni kengaytirish va, o'z navbatida, butun ekologik tizimga ta'sirini kamaytirishga imkon beruvchi qat'iyroq norma va qoidalarni joriy etish zarur. Shu munosabat bilan turar-joy binolarida passiv quyosh isitish tizimlaridan foydalanish katta ahamiyatga ega.

Jahonda turar-joy binolarini isitishga sarflanadigan an'anaviy energiya resurslarini tejash uchun foydalaniladigan passiv quyosh isitish tizimlarining yangi muhandislik yondashuvlarini hamda ilmiy-texnik yechimlarini ishlab chiqish va izlashga qaratilgan tadqiqot ishlari olib borilmoqda<sup>2,3</sup>. Shu munosabat bilan turar-joy binolari va ularga integratsiya qilingan passiv quyosh isitish tizimlarining statik va dinamik matematik modellarini ishlab chiqish, yillik xususiyatlarini baholash, issiqlik akkumulyatorlarining yangi turlarini tanlash va ularning optimal joylashuvi, geometrik va issiqlik parametrlarining optimal va ratsional qiymatlarini aniqlash dolzarb masalalardan hisoblanadi. Ko'p mezonli optimallashtirish usullarini qo'llagan holda texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni, jumladan tizimning issiqlik ko'rsatkichlarini aniqlash uchun laboratoriya va tabiiy sharoitda o'tkaziladigan tajriba usullarini ishlab chiqish, shuningdek, passiv isitish tizimlarining optimal ishlashini asoslash masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda turar-joy binolarini isitish uchun energiya sarfini kamaytirish maqsadida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish bo'yicha kompleks chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida"<sup>4</sup>, jumladan "uy-joy-kommunal xo'jaligi, ijtimoiy soha ob'yektlari va boshqa sohalarda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini keng joriy etish va energiya samaradorligini oshirish" vazifalari belgilangan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda turar-joy binolariga passiv quyosh isitish tizimlarini integratsiya qilish, ularning parametrlarini optimallashtirish, issiqlik xossalarini hisoblashning takomillashgan uslubiyatini ishlab chiqish muhim hisoblanadi.

Ushbu dissertatsiya tadqiqotlari O'zbekiston Respublikasining "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to'g'risida"gi Qonunida, O'zbekiston

<sup>1</sup> <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCShareBySector>

<sup>2</sup> Gupta N., Tiwari G.N. Review of passive heating/cooling systems of buildings // Energy Science & Engineering. – 2016. – Vol.4, №5. – pp.305-333.

<sup>3</sup> Wang D., Hu L., Du H., Liu Y., Huang J., Xu Y., Liu J. Classification, experimental assessment, modeling methods and evaluation metrics of Trombe walls // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol.124. 109772.

<sup>4</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni

Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22 avgustdagi PQ-4422-son “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejoyvchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori, 2022-yil 9-sentabrdagi PF-220-sonli “Energiya tejoyvchi texnologiyalarni joriy qilish va kichik quvvatli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi farmoni hamda ushbu sohada qabul qilingan boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining IV. “Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish usullarini ishlab chiqish, nanotexnologiya, fotonika va boshqa zamonaviy texnologiyalar asosida yangi texnologiyalar va qurilmalar ishlab chiqish” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

**Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi**<sup>5</sup>. Quyosh energiyasini passiv isitish tizimlarida issiqlikka aylantirish va to‘planishning nazariyasi va amaliyotini rivojlantirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar dunyoning ko‘plab ilmiy markazlarida olib borilmoqda.

Fransiyaning Quyosh energiyasi laboratoriyasi issiqlik akkumulyatsiyalovchi devorga ega quyosh uyini ishlab chiqdi va qurdi. Portugaliyaning Tras-os-Montes va Alto Doru universitetlarida olimlar Tromb devorining issiqlik xususiyatlarini tajriba va sun‘iy intellekt bilan ma‘lumotlarni tahlil qilish usuli orqali ichki harorat va issiqlik oqimini bashorat qilishni o‘rganib masofaviy boshqaruv tizimlarini ishlab chiqmoqdalar. Gonkong politexnika universitetida (Xitoy) hisoblash gidrodinamikasi usullaridan foydalanib, ikki qavatli quyosh fasadining vertikal havo quvurlarida tabiiy konvektsiya sharoitida havo oqimi va issiqlik uzatish xususiyatlari o‘rganilmoqda. Tunis energiya tadqiqot va texnologiya markazi Issiqlik jarayonlari laboratoriyasida turli binolar uchun turli xil issiqlik almashinuvi elementlarini joriy etish orqali Tromb devorining samaradorligini oshirish ustida ishlanmoqda. Hindiston Texnologiya Institutining Energetika tadqiqot markazi va Texnika Universiteti (Hindiston) larida bino tashqi to‘siqlarini optimallashtirish uchun passiv quyosh isitish tizimlaridan foydalanish va ularning Hindistondagi binolarga qo‘yiladigan talablari o‘rganilmoqda. Xususan, Osaka telekommunikatsiya universiteti (Yaponiya), Gonkong politexnika universiteti (Gonkong), Delft texnologiya universiteti (Niderlandiya), Afina milliy texnika universiteti (Gretsiya), Sidney universiteti (Avstraliya), Lleyda universiteti (Ispaniya), Nitsa Sophia Antipolis universiteti (Frantsiya), Otaturk universiteti (Turkiya) issiqlik ta‘minoti tizimlari

---

<sup>5</sup> Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xalqaro ilmiy tadqiqotlar sharhi quyidagi manbalarga asoslanadi: Daffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. Fourth Edition. – Madison, New York: John Wiley & Sons, Inc., – 2013. P.944.; Classification, experimental assessment, modeling methods and evaluation metrics of Trombe walls // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol.124. 109772.; Review of passive heating/cooling systems of buildings // Energy Science & Engineering. – 2016. – Vol.4, №5. – pp.305-333.; Trombe walls: a review of opportunities and challenges in research and development // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol.16. – P.6340-6351.; A review on the application of Trombe wall system in buildings // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol.70. – P.976–87.

ehtiyojlari uchun fazaviy o'tish materiallaridan foydalangan holda quyosh energiyasini akkumulyatsiya qilish jarayonlarini o'rganmoqdalar.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Passiv quyosh isitish tizimini ishlab chiqish va tadqiq qilish bilan dunyoning E.Morse, J.A.Duffi, J.D. Balkomb, S.A. Klein (AQSh), S.-Y. Wu, V. He, X. Zhang (Xitoy), A.E. Morgan, H.B. Awbi (Buyuk Britaniya) F. Trombe, L. Zalevski (Fransiya), V.B. Veynberg, N.P. Selivanov, E.V. Sarnatskiy, O.S. Popel (Rossiya), E. Tasdemiroglu (Turkiya), G.N. Tiwari, M.S. Sodha, C.L. Gupta (Hindiston), R.B. Bayramov, K. Toyliiev (Turkmaniston) kabi yetakchi olimlari shug'ullangan.

T. Shi, A.D. Garsiya, G. Zhou, Y.A. Kara va boshqalar passiv quyosh isitish tizimlariga turli xil issiqlik akkumulyatorlarini qo'llash bo'yicha tadqiqotlar o'tkazganlar. F.Martin-Konsuegra, A. Briga Sa, F. Abbasi, S. Jaber passiv quyosh isitish tizimlarining yangi turlarini ishlab chiqish, ularning geometrik va issiqlik-texnikaviy parametrlarini optimallashtirish, ularning issiqlik hisobi uchun ilmiy asoslarini ishlab chiqish va rivojlantirish, shuningdek ularning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini baholash bo'yicha tadqiqotlar olib borganlar.

Respublikamizda passiv quyosh isitish tizimlarining issiqlik-texnikaviy, geometrik va rejim parametrlarini asoslash bo'yicha tadqiqotlar R.R. Avezov, N.R. Avezova, Yu.K. Rashidov, M.M. Zoxidov, M. Kenisarin, K.B. Babaqulov, O. Azimov, A.S. Dusyarov, Sh.B. Imomov va boshqalar tomonidan olib borilgan.

Yuqoridagi tadqiqotlar natijasida ishlab chiqilgan passiv quyosh isitish tizimlari turar-joy binolarini isitish tizimlari uchun energiya tejash nuqtai nazaridan ma'lum ijobiy natijalar bilan qo'llanilsa-da, lekin passiv quyosh isitish tizimlarining geometrik va issiqlik parametrlari hududning iqlimiy ma'lumotlariga asoslangan ko'p mezonli optimallashtirish usuli yordamida optimallashtirilmagan. Passiv quyosh isitish tizimlarining energiya, iqtisodiy va ekologik ko'rsatkichlarini hisobga olgan holda yillik resurs ko'rsatkichlarini oqilona qiymatlarni aniqlash, baholash va asoslash bo'yicha tadqiqotlar yetarli darajada amalga oshirilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti «Fizika-Quyosh» IChB ning Fizika-texnika institutida O'zR FA ning  $\Phi 3-\Phi A-0-050940$  fundamental tadqiqotlar dasturiga kiruvchi "Quyoshiy insolyatsion isitish tizimlari va termodinamik qayta o'zgartirgichlarining issiqlik-texnikaviy va dinamik tavsiflarini tadqiq qilish" ilmiy loyihasida va O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Fizika-texnika institutining bazaviy moliyalashtirish dasturi doirasidagi "Quyosh energiyasini issiqlikka aylantirishning fizikaviy asoslarini rivojlantirish hamda geliotexnik qurilmalarning energosamarador konstruksiyalarini ishlab chiqish" mavzusidagi ilmiy-tadqiqot ishlari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** passiv quyosh isitish tizimiga ega turar-joy binolarining asosiy konstruktiv va issiqlik-texnikaviy parametrlarining ratsional qiymatlarini O'zbekiston iqlimi sharoitida aniqlash uchun mazkur tizimlarda sodir bo'ladigan issiqlik jarayonlarining matematik modelini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

passiv quyosh isitish tizimlarini turar-joy binolarida qo'llash maqsadida ilgari olib borilgan tadqiqot ishlarining tadqiqot natijalari, ularning issiqlik parametrlarining

optimal qiymatlarini aniqlash uchun matematik modellar ishlab chiqish va tajribalar o'tkazish bo'yicha mavjud ilmiy-texnik yechimlarni tanqidiy tahlil qilish;

4 xonali qishloq uyining namunaviy loyihasi misolida statik matematik modelni ishlab chiqish asosida O'zbekiston Respublikasi iqlimini hisobga olgan holda passiv quyosh isitish tizimlarining yillik samaradorligini baholash;

dinamik matematik modelni ishlab chiqish asosida faza o'zgartiruvchi issiqlik akkumulyatorlari yordamida passiv quyosh isitish tizimlarining yillik samaradorligini baholash;

"Massiv devor", "Issiqlik akkumulyatorli massiv devor" va "Energiyani tejoyvchi oyna blokli massiv devor" kabi passiv quyosh isitish tizimlarining issiqlik xossalarini aniqlash maqsadida tabiiy sharoitda tajriba tadqiqotlari o'tkazish;

"Massiv devor" tipidagi passiv quyosh isitish tizimining geometrik va issiqlik parametrlarining oqilona qiymatlarini, texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini hisobga olgan holda, ko'p mezonli optimallashtirish usuli bilan aniqlash.

**Tadqiqotning ob'ekti** sifatida turar-joy binolarida shamollatiladigan va shamollatilmaydigan havo qatlami bo'lgan "To'g'ridan-to'g'ri nurlanish" va "Massiv devor" turlarining passiv quyosh isitish tizimlari olingan.

**Tadqiqotning predmetini** «Massiv devor» va «To'g'ridan-to'g'ri nurlanish» turdagi passiv quyosh isitish tizimlarida quyosh nurlanishining issiqlik energiyasiga aylantirish jarayonlari hamda passiv quyosh isitish tizimlariga ega turar-joy binolarida sodir bo'ladigan issiqlik jarayonlarini modellashtirish tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida passiv quyosh isitish tizimlari va ularning elementlarida quyosh nurlanish energiyasini issiqlikka aylantirishning fizik modelidan foydalanildi, sonli hisoblashlarda issiqlik texnikasining nazariy asoslari, ko'p mezonli optimallashtirish va faktorli tahlil usullari qo'llanildi. Passiv quyosh isitish tizimlarining asosiy issiqlik parametrlarini issiqlik jarayonlarini modellashtirish va tabiiy sharoitda o'tkazilgan tajribaviy tadqiqotlar orqali o'rganildi.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

"To'g'ridan-to'g'ri nurlanish" turdagi passiv quyosh isitish tizimlariga ega bo'lgan turar-joy binolarining issiqlik xususiyatlarini hududning iqlim sharoitini hisobga olgan holda aniqlash imkonini beruvchi bino issiqlik rejimining matematik modeli taklif etilgan;

umumiy fasad yuzasining 24% Tromb devori bo'lgan "Massiv devor" tipidagi passiv quyosh isitish tizimiga ega turar joy binosining issiqlik rejimini hamda foydalanish muddatining narxini inobatga olib, turli passiv elementlarni qo'llash samaradorligini hududning iqlimiy ko'rsatkichlarini hisobga olgan holda baholash imkonini beruvchi matematik model ishlab chiqilgan;

turar-joy binosiga birlashtirilgan "Issiqxona" tipidagi passiv quyosh isitish tizimlarida sodir bo'ladigan nostatsionar issiqlik jarayonlarini hududning aktinometrik va iqlimiy ko'rsatkichlarini hisobga olgan holda, hisoblash imkonini beruvchi matematik model ishlab chiqilgan;

Tromb devori bilan passiv quyosh isitish tizimlariga ega turar-joy binolarining solishtirma issiqlik xossalarini bino fasadining yo'nalishi, shaffof to'siqning solishtirma issiqlik qarshiligi, Tromb devori yuzasining fasad yuzasiga nisbati va massa sarfi orqali aniqlash imkonini beruvchi approksimatsiyalovchi ifoda olingan;

ko'p parametrli optimallashtirish va faktorli tahlil usulidan foydalangan holda, bino fasadining yo'nalishi, shaffof to'siqning solishtirma issiqlik qarshiligi, Tromb devori yuzasining fasad yuzasiga nisbati va massa sarfining optimal kombinatsiyasi aniqlangan;

“To'g'ridan-to'g'ri nurlanish” va “Massiv devor” turdagi passiv quyosh isitish tizimlari uchun tizimning issiqlik yo'qotilishini mavjud analoglarga nisbatan 23,8% dan 61,4% gacha kamaytirish imkonini beruvchi energiya tejovchi oyna bloki ishlab chiqilgan;

Gradus-sutka usulidan foydalangan holda, O'zbekistonning besh hududi uchun passiv quyosh isitish tizimiga ega turar-joy binolarining tashqi devorlari izolyatsiya qatlami qalinligining optimal qiymati aniqlangan. Bunda, passiv quyosh isitish tizimlariga ega binolar uchun energiya tejamkor va iqtisodiy jihatdan maqbul devor issiqlik izolyatsiyasi qatlamining qalinligi passiv element sifatida qaralib, isitish va sovutish davrining gradus-sutkasi qiymatlariga ko'ra 1,9 sm dan 5 sm gacha bo'lishi aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

passiv quyosh isitish tizimlarining yangi avlodlarini yaratish uchun passiv quyosh isitish tizimlariga ega turar-joy binolarini isitish ehtiyojlariga sarflanadigan solishtirma energiya sarfi qiymatining optimal issiqlik-texnikaviy va geometrik parametrlarini hisobga olgan holda regressiya bog'liqligi olingan;

tajribaviy tadqiqotlar davomiyligini sezilarli darajada qisqartirishi va ularning asosiy issiqlik-muhandislik parametrlarining qiymatlarini aniqlashi mumkin bo'lgan passiv quyosh isitish tizimiga ega turar-joy binolarining isitish tizimlarida solishtirma energiya sarfini aniqlash usuli ishlab chiqilgan;

Tromb devorli passiv quyosh isitish tizimlariga ega turar-joy binolarining energiya, iqtisodiy va ekologik xususiyatlarini aniqlash imkonini beruvchi muhandislik hisoblash usuli taklif etilgan; Passiv quyosh isitishning o'rtacha yillik issiqlik samaradorligi qiymatlari, ularning texnik-iqtisodiy va ekologik ko'rsatkichlari aniqlangan, turar-joy binolarida ulardan foydalanishning oqilona muddatlari tavsiya etilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** umume'tirof etilgan zamonaviy tadqiqot usullaridan foydalanilganligi, tabiiy sharoitda o'tkazilgan tajribalarning sinalgan usullar va vositalar asosida o'tkazilishi, olingan natijalarning hisobiy natijalarga mosligi bilan tasdiqlanadi. Dissertatsiyada keltirilgan ilmiy xulosalar, tavsiyalar va natijalar mazkur sohada ma'lum bo'lgan natijalarni inkor etmaydi, balki to'ldiradi va kengaytiradi. Natijalarni tayyorlash, tahlil qilish va ta'riflash ma'lumotlar bilan ishlash va statistik tahlil usullariga asoslanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati** shundan iboratki, tadqiqot natijalari issiqlik jarayonlarini modellashtirish, issiqlik hisobining nazariyasi va amaliyoti hamda issiqlik akkumulyatorlari yordamida passiv quyosh isitish tizimlari parametrlarini optimallashtirishga katta hissa qo'shadi.

Passiv quyosh isitish tizimlarining asosiy issiqlik-texnikaviy hamda geometrik parametrlarini optimallashtirish bo'yicha ishlab chiqilgan usullarni amaliyotga tatbiq etish, respublikada mahalliy iqlimni inobatga olgan holda passiv binolarni loyihalash

uchun yangi texnik yechimlar va muhandislik yondashuvlarini yaratish imkonini berishi bilan izohlanadi.

Passiv quyosh isitish tizimlarining solishtirma issiqlik xossalarini aniqlash va CO<sub>2</sub> chiqindilarini kamaytirish bo'yicha tadqiqotlar natijalari respublika vazirliklari va idoralari tomonidan turar-joy va ijtimoiy-maishiy binolarda passiv quyosh isitish tizimlaridan foydalanish hisobiga an'anaviy yoqilg'i-energetika resurslarini tejash va atrof-muhitga CO<sub>2</sub> chiqindilari chiqishini kamaytirish bo'yicha chora-tadbirlar rejalashtirishda foydalanilishi mumkin.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Respublika bino va inshootlarida foydalanish uchun passiv quyosh isitish tizimlari parametrlarini o'rganishda olingan natijalarga asosan:

FAP 01883 "Energiya tejoychi oyna bloki" asosida ishlab chiqilgan qurilma "Tashelektromash" MChJdagi "Mir-solar" MChJ ma'muriy binosida amaliyotga joriy etilgan ("O'zeltexsanoat" AJning 2022-yil 21-noyabrdagi 04-3/2404-son ma'lumotnomasi). Energiya tejoychi oyna blokiga ega passiv quyosh isitish tizimidan foydalanish natijasida, yilning isitish davrida, birlamchi yoqilg'i-energetika resurslarini 30 % dan ortiq tejash imkonini bergan;

Passiv quyosh isitish tizimlari uchun energiya tejoychi oyna blokida o'tkazilgan tajriba natijalari O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi V.I. Romanovski nomidagi Matematika institutida bajarilgan  $\text{E}\Phi\text{A}-\Phi\text{Tex}-2018-13$  «Singulyar integral tenglamalarni taqribiy-analitik yechish uchun optimal algoritmlar» loyihasini bajarishda foydalanilgan (O'zR FA V.I. Romanovski nomidagi Matematika institutining 2023 yil 17 maydagi ma'lumotnomasi). Ilmiy natijalardan foydalanish loyiha doirasida amalga oshirilgan tadqiqotlarni yuqori aniqlikda amalga oshirish imkonini bergan;

«Issiqxona» tipidagi passiv quyosh isitish tizimining issiqlik xarakteristikallari va samaradorligini o'rganish natijalari bir qator xorijiy tadqiqotlarda qo'llanilgan [Sustainability, 12, 2794, 2020, IF: 5.0; Acta Mathematica Sinica, English Series, 37(7), 1066-1088, 2021, IF:1,2; Applied Solar Energy, 51(2), 107-111, 2015, IF:2.5 va boshqalar], natijada, turli xil konstruksiyalarni tahlil qilish, "issiqxona" tipidagi passiv quyosh isitish tizimlarining texnik va iqtisodiy xususiyatlarini optimallashtirish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Dissertatsiya ishining asosiy natijalari 7 ta xalqaro konferensiya va simpoziumlarda hamda 3 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 33 ta ilmiy ish chop etilgan, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 13 ta (10 ta xalqaro va 3 ta respublika jurnallarida) maqola nashr etilgan, 13 ta xalqaro va respublika miqyosidagi konferentsiyalar materiallarida tezislari chop qilingan, 1 ta foydali model uchun patent va EHM lar uchun 6 ta dasturiy mahsulotga guvohnoma olingan.

**Dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi.** Dissertatsiya kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va 2 ta ilovadan, 102 ta rasm va 28 ta jadvaldan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 184 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

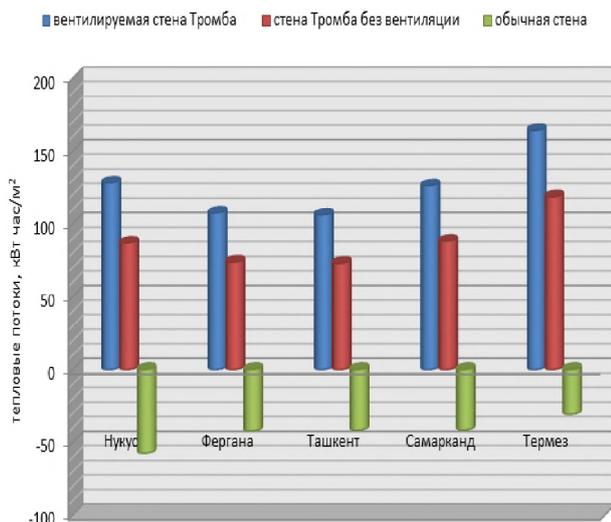
Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'jekt va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "Passiv quyosh isitish tizimlarining issiqlik parametrlari va asosiy konstruktorlik yechimlari" nomli **birinchi bobida** mavjud passiv quyosh isitish tizimlarining loyihaviy yechimlarining tanqidiy tahlili o'tkazildi, ularning asosiy issiqlik-texnikaviy parametrlari tadqiq etildi, shaffof qoplamalar orqali o'tadigan quyosh nurlanishining qisman yutilishi va issiqligiga aylanishining ularning issiqlik yo'qotish koeffitsienti va issiqlik samaradorligiga ta'siri o'rganildi va shu asosda tadqiqot muammolari bayoni shakllantirildi.

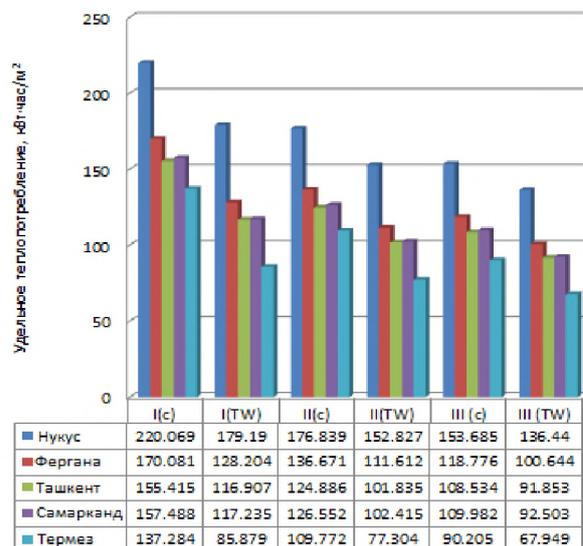
Dissertatsiyaning "Passiv quyosh isitish tizimlarining statsionar issiqlik rejimini matematik modellashtirish" nomli **ikkinchi bobida** "To'g'ridan-to'g'ri nurlanish" va "Massiv devor" tipidagi passiv quyosh isitish tizimlarining issiqlik xossalari bo'yicha statik matematik modellardan foydalangan holda tadqiqot natijalari keltirilgan. Ishlab chiqilgan matematik modellar eksperimental natijalar bilan taqqoslash yo'li bilan sinovdan o'tkazilgan. Tadqiqotlar, asosan, to'rt xonali turar-joy binosining issiqlik xususiyatlarini va unga birlashtirilgan ventilyatsiya qilingan va ventilyatsiyalanmaydigan Tromb devorini o'rganishga bag'ishlangan. Ko'rib chiqilayotgan turlardagi passiv quyosh isitish tizimlarining energiya va ekologik nuqtai nazardan tahlili o'tkazilgan.

1-rasmda O'zbekistonning turli iqlim hududlari uchun isitish mavsumida Tromb devorlarining ko'rib chiqilayotgan turlari bo'yicha issiqlik kirishi va issiqlik yo'qotilishi va oddiy devorlar orqali issiqlik yo'qotishlarining farqini aniqlash bo'yicha hisob-kitoblar natijalari ko'rsatilgan. Tromb devori tizimidan foydalanganda issiqlik yo'qotishlari o'rniga foydali issiqlik oqimi kuzatiladi. Nukus shahri mamlakat shimolida joylashgan bo'lib, u yerda atrof-muhit harorati isitish mavsumida boshqa hududlarga nisbatan pastroq bo'lishiga qaramay, yig'indi quyosh radiatsiyasi quyosh balanadlining kamayishi hisobiga foydali issiqlik boshqa hududlarga nisbatan ko'proq bo'ladi. Barcha ko'rib chiqilgan iqlim zonalarida foydali issiqlik oqimlari ventilyatsiyalanadigan Tromb devorlarida ventilyatsiyalanmaydigan Tromb devorlariga qaraganda 55-65% yuqori bo'ladi.

Hisoblash natijalari shuni ko'rsatadiki, turar-joy binosining janubiy devorini Tromb devori bilan qoplashda binolarning issiqlik yuklanishi issiqlik himoyasining birinchi, ikkinchi yoki uchinchi darajalarida respublikaning mos ravishda, shimoliy hududlarida 9-17 foizga, janubiy viloyatlarida esa 21-34 foizga kamayadi (2-rasm).

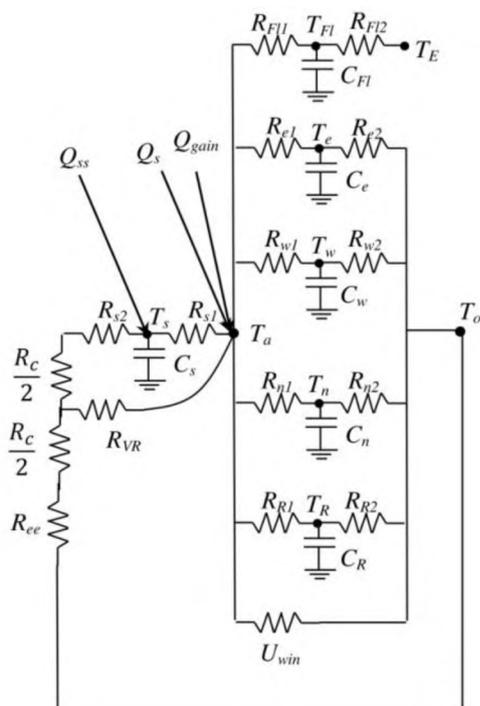


1-rasm. Tromb devorining ko'rib chiqilgan turlari bo'yicha issiqlik kirishi va issiqlik yo'qotishi hamda isitish davrida oddiy devorlar orqali issiqlik yo'qotishidagi farq

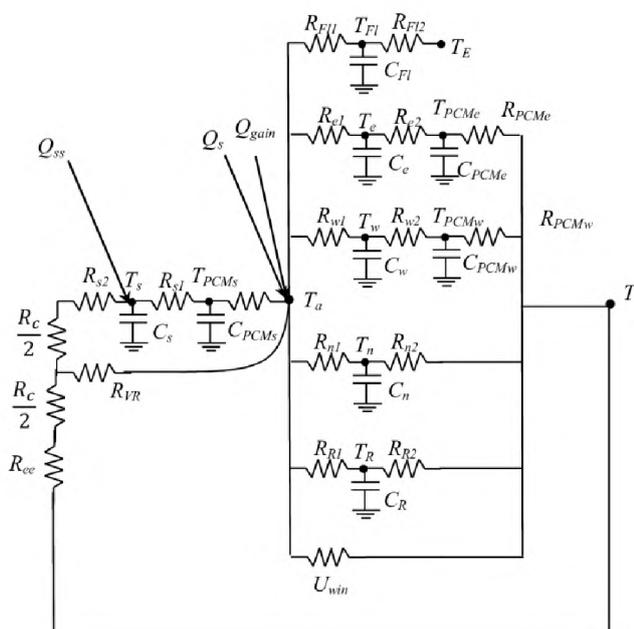


2-rasm. Respublika hududlarida joylashgan tipik 4 xonali turar-joy binolarida isitish uchun solishtirma energiya sarfining hisoblangan ko'rsatkichlari

Dissertatsiyaning “Passiv quyosh isitish tizimlarining stasionar bo‘lmagan issiqlik rejimini matematik modellashtirish” nomli **uchinchi bobida** “To‘g‘ridan-to‘g‘ri nurlanish”, “Massiv devor” va “Issiqxona” tipidagi passiv quyosh isitish tizimlarining issiqlik xossalari dinamik modellashtirish orqali aniqlangan. Chegaraviy shartlarning murakkabligi tufayli differensial tenglamalar sonli usullar yordamida, chekli ayirma usuli bilan yechilgan va hisoblashlar Python va Mathcad dasturiy muhitlarida amalga oshirilgan.



3-rasm. Tromb devorili passiv quyosh isitish tizimi uchun elektrotermik analogiya sxemasi.



4-rasm. Faza o'tish materialiga ega Tromb devorili passiv quyosh isitish tizimi uchun elektrotermik analogiya sxemasi

Ichki havo uchun issiqlik balansi tenglamalari

$$C_a \dot{T}_a = U_w(T_o - T_a) + U_{s1}(T_s - T_a) + U_{w1}(T_w - T_a) + U_{n1}(T_n - T_a) + U_{e1}(T_e - T_a) + U_{Fl1}(T_{Fl} - T_a) + U_{R1}(T_R - T_a) + Q_s + Q_{gain} \quad (1)$$

bunda  $C_a$ - ichki havoning issiqlik sig'imi, J/K;  $T_a$ - ichki havo harorati, °C;  $U_w$ - derazalar orqali issiqlik uzatish koeffitsienti, W/°C;  $T_o$ - atrof-muhit harorati, °C;  $U_{s1}$ ,  $U_{w1}$ ,  $U_{n1}$ ,  $U_{e1}$ ,  $U_{Fl1}$ ,  $U_{R1}$ - janubiy, g'arbiy, shimoliy, sharqiy devor, pol va tomning ichki qismidagi issiqlik uzatish koeffitsienti, W/K;  $T_s$ ,  $T_w$ ,  $T_n$ ,  $T_e$ ,  $T_{Fl}$ ,  $T_R$ - janubiy, g'arbiy, shimoliy, sharqiy devorlar, pol va tomlarning o'rtacha harorati, °C;  $Q_s$ - kiruvchi quyosh radiatsiyasi, W;  $Q_{gain}$ - Tromb devoridan olingan issiqlik quvvati, W.

Janubiy devor uchun issiqlik balansi tenglamalari

$$C_s \dot{T}_s = U_{s1}(T_a - T_s) + U_{s2}(T_f - T_s) + Q_{ss} \quad (2)$$

bunda  $C_s$ - janubiy devorning issiqlik sig'imi, J/K;  $U_{s2}$ - janubiy devorning tashqi qismining issiqlik uzatish koeffitsienti, W/°C;  $T_f$ - Tromb devoridan chiqadigan havo harorati, °C;  $Q_{ss}$ - janubiy devorda yutilgan quyosh radiatsiyasi, W.

Sharqiy devor uchun issiqlik balansi tenglamalari

$$C_e \dot{T}_e = U_{e1}(T_a - T_e) + U_{e2}(T_o - T_e) + Q_{se} \quad (3)$$

bunda  $C_e$ - sharqiy devorning issiqlik sig'imi, J/K;  $U_{e2}$ - sharqiy devorning tashqi qismining issiqlik uzatish koeffitsienti, W/°C;  $Q_{se}$ - sharqiy devorda yutilgan quyosh nurlanishi, W.

G'arbiy devor uchun issiqlik balansi tenglamalari

$$C_w \dot{T}_w = U_{w1}(T_a - T_w) + U_{w2}(T_o - T_w) + Q_{sw} \quad (4)$$

bunda  $C_w$ - g'arbiy devorning issiqlik sig'imi, J/K;  $U_{w2}$ - g'arbiy devorning tashqi qismining issiqlik uzatish koeffitsienti, W/°C;  $Q_{sw}$ - g'arbiy devorda yutilgan quyosh radiatsiyasi, W.

Shimoliy devor uchun issiqlik balansi tenglamalari

$$C_n \dot{T}_n = U_{n1}(T_a - T_n) + U_{n2}(T_o - T_n) + Q_{sn} \quad (5)$$

bunda  $C_n$ - shimoliy devorning issiqlik sig'imi, J/K;  $U_{n2}$ - shimoliy devorning tashqi qismining issiqlik uzatish koeffitsienti, W/°C;  $Q_{sn}$ - shimoliy devorda yutilgan quyosh radiatsiyasi, W.

Pol uchun issiqlik balansi tenglamalari

$$C_{Fl} \dot{T}_{Fl} = U_{Fl1}(T_a - T_{Fl}) + U_{Fl2}(T_e - T_{Fl}) + Q_{sFl} \quad (6)$$

bunda  $C_{Fl}$ - polning issiqlik sig'imi, Дж/K;  $U_{Fl2}$ - poldan atrofga issiqlik uzatish koeffitsienti, W/°C;  $Q_{sFl}$ - polda yutilgan quyosh radiatsiyasi, W.

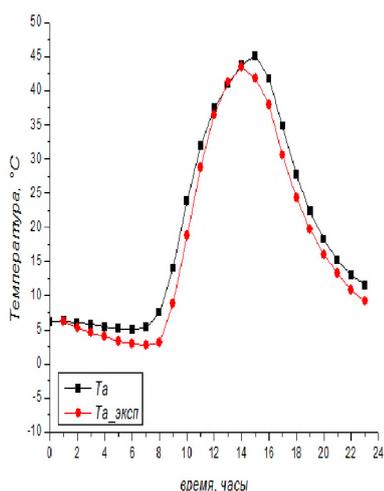
Tom uchun issiqlik balansi tenglamalari

$$C_R \dot{T}_R = U_{R1}(T_a - T_R) + U_{R2}(T_o - T_R) + Q_{sR} \quad (7)$$

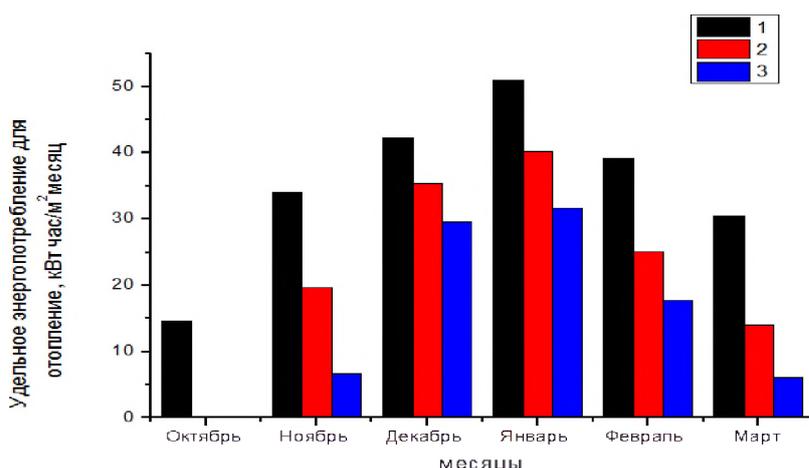
bunda  $C_R$ - tomning issiqlik sig'imi, J/K;  $U_{R2}$ - tomning tashqi qismining issiqlik uzatish koeffitsienti, BT/°C;  $Q_{SR}$ - tomda yutilgan quyosh radiatsiyasi, W.

(1)-(7) tenglamalar Gauss-Zaydel usuli yordamida sonli yechilgan. Chegaraviy shartlar sifatida atrof-muhit harorati va eksperimental ob'yekt elementlarining tashqi yuzalarida tushayotgan quyosh radiatsiyasining kunlik o'zgarishi olingan.

5-rasmda ichki havo haroratining hisoblash natijalari va eksperimental ma'lumotlarni taqqoslandi: o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) 2,72°C va  $R^2 = 0,95$ . 6-rasmda binolarning solishtirma issiqlik iste'molining oylik natijalari ko'rsatilgan: tipik bir qavatli to'rt xonali turar-joy binosi, Tromb devoriga ega tipik bir qavatli to'rt xonali turar-joy binosi, issiqlik akkumulyatorlariga ega Tromb devorili tipik bir qavatli to'rt xonali turar-joy binosi.



5-rasm. Xona ichidagi havo haroratining kunlik o'zgarishi:  $T_a$ -hisobiy;  $T_{a\_эксп}$ -tajribaviy.



6-rasm. Oddiy to'rt xonali turar-joy binosini oylar bo'yicha isitish uchun solishtirma energiya sarfi: 1- tipik to'rt xonali turar-joy binosi; 2 - klassik turdagi Tromb devorili tipik to'rt xonali turar-joy binosi; 3 - fazali o'tish issiqlik akkumulyatorlariga ega Tromb devorili tipik to'rt xonali turar-joy binosi.

Hisoblashlar natijalari shuni ko'rsatadiki, bir qavatli uch xonali turar-joy binosini isitish uchun solishtirma issiqlik iste'moli 211,6 kW·soat /( $m^2 \cdot$  yil) ni tashkil qiladi, bu adabiyotda berilgan ma'lumotlardan o'rtacha 3-10% bilan qiladi.

Faqat Tromb devori bo'lgan bunday ob'ektda isitish uchun solishtirma energiya sarfi 134,34 kW·soat/ $m^2 \cdot$  yilga teng. Fazali o'tish materialiga ega bo'lgan bunday tizimdan foydalanib, solishtirma energiya sarfini 91,8 kW/ $m^2 \cdot$  yilga kamaytirish mumkin (6-rasm).

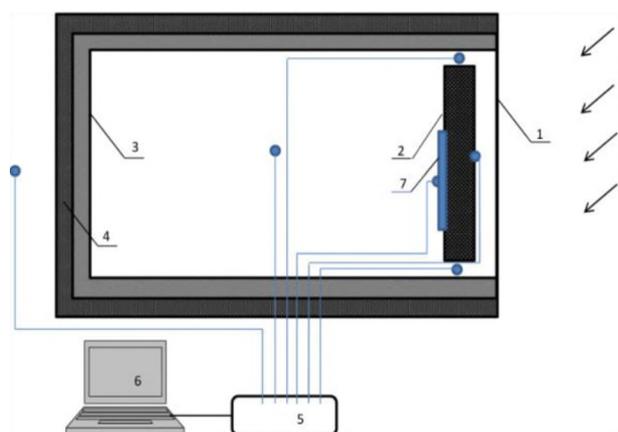
Fazali o'tish materialiga ega Tromb devorini qoplash muddati 12,9 yil. Karbonat angidrid chiqindilarini kamaytirish miqdori 70 kg/ $m^2$  ni tashkil qiladi.

"Passiv quyosh isitish tizimlarining asosiy issiqlik parametrlarini va issiqlik rejimlarini aniqlash uchun eksperimentlar o'tkazish va natijalarini qayta ishlash" deb nomlangan **to'rtinchi bob**da kichik o'lchamli eksperimental qurilmalarda tabiiy sharoitlarda eksperimental tadqiqotlar natijalarini taqdim etilgan. Tajribalar asosan passiv quyosh isitish tizimlarida, masalan, "To'g'ridan-to'g'ri nurlanish" va "Massiv devor" va energiya tejovchi oyna bloklarda o'tkazildi. Tajriba obyektlarida shaffof

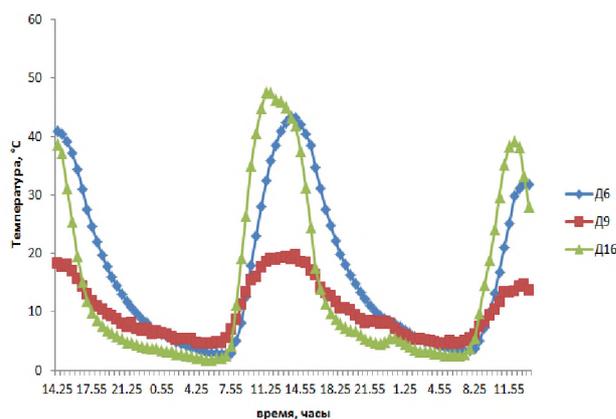
qatlam sifatida oddiy deraza oynasi, polietilen plyonkadan foydalanilgan. Issiqlik akkumulyatori sifatida beton devor va fazali o'tish materiallari ishlatilgan.

Tromb devorining sxematik diagrammasi 7-rasmda ko'rsatilgan. Fizik modelning balandligi 0,6 m, eni 0,6 m, uzunligi 1 m, qora bo'yoq bilan bo'yalgan (radiatsiya yutilish koeffitsienti  $\alpha_{st}=0,8$ ) janubiy beton devorining qalinligi 6 sm. Beton devor (2) pastki va yuqori qismida 1,5 sm balandlikdagi tirqishlar qoladigan tarzda joylashgan. Janubiy devordan 1,5 sm masofada 4 mm qalinlikdagi bir qatlamli shaffof to'siq (1) joylashgan. Qolgan elementlar ichki tomondan 4 sm qalinlikdagi penoplast (3) va tashqi tomondan yog'och (4) bilan qoplangan. Barcha o'lchamlar o'xshashlik nazariyasiga ko'ra tanlanadi. Devorlarning issiqlik qarshiligi issiqlik izolyatsiyasining birinchi darajasiga teng. Ko'rib chiqilayotgan ob'ektning turli joylarida haroratni o'lchash uchun Arduino DS18B20 raqamli harorat sensorlari joylashgan. O'lchov xatosi -10 dan +85 ° C gacha bo'lgan haroratlar uchun 0,5 ° C dan oshmaydi. Oqim zichligini o'lchash uchun tushayotgan yig'indi quyosh radiatsiyasi PVA-1000SPV dan foydalanib o'lchangan.

8-rasmda keltirilgan eksperiment natijalaridan ko'rinib turibdiki atrof-muhit haroratining maksimal qiymati taxminan 6-7°C bo'lganida, ob'ektlardagi maksimal harorat mos ravishda 40°C (issiqlik akkumulyatori bo'lmagan ob'ekt), 34°C (Trombe devori bo'lgan ob'ekt), 25°C (beton devorlari bo'lgan ob'ekt) ni tashkil qiladi. Yengil tuzilishga ega bo'lgan ob'yektda ichki havo harorati quyosh botgandagi atrof-muhit haroratiga teng. Beton devorli xonada bu holat tungi soat ikkidan ertalabgi soat oltigacha kuzatiladi.



7-rasm. Tromb devorili passiv quyosh isitish tizimining sxematik diagrammasi. 1-shaffof to'siq; 2-janubiy beton devor; 3-izolyatsiya qatlami; 4-to'siqlarning tashqi qismi; 5-Arduino; 6- kompyuter; 7-fazali issiqlik akkumulyatorlari; • - harorat sensorlari



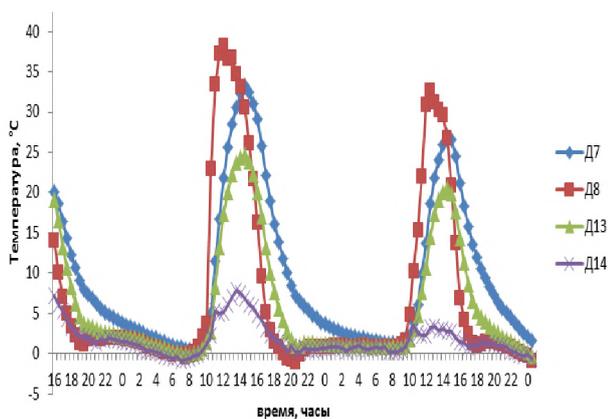
8-rasm. Tajribalar natijalari (11-13.11.2021y.): D6 - Tromb devorili passiv quyosh isitish tizimi ichki havosining harorati; D9 - atrof-muhit harorati; D16 - issiqlik akkumulyatori bo'lmagan ob'ekt ichki havosining harorati.

Ushbu tajribada ko'rib chiqilayotgan ventilyatsiyalanadigan Tromb devorili tizimning foydali ish koeffitsiyenti quyosh nurlanishi 7,1 MJ bo'lganda 21,2% ni tashkil qiladi. Konveksiya va havo oqimi bilan uzatiladigan issiqlik miqdori 1,5 MJ ga teng.

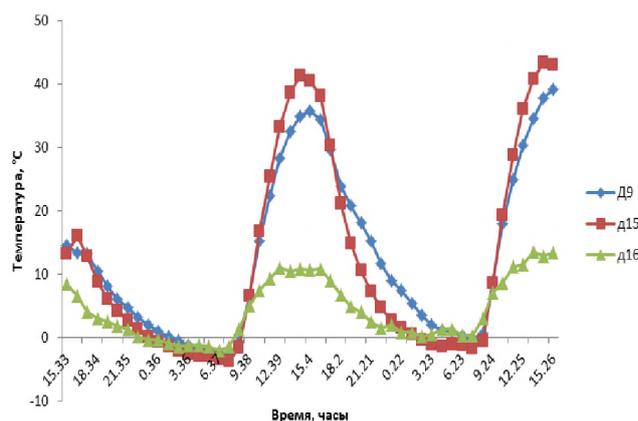
Keyingi tajribada ventilyatsiyalanadigan va ventilyatsiyalanmaydigan Tromb devori tizimlarining issiqlik xarakteristikallari o'rganildi. 9-rasmda keltirilgan tajriba

natijalariga ko'ra, Trombe devori bo'lgan ventilyatsiya qilingan ob'ektdagi havo harorati kun davomida 2-6°C yuqori bo'ladi.

Keyingi tajribada fazali o'tish issiqlik akkumulyatorlari bo'lgan Tromb devorili obyekt va issiqlik akkumulyatori bo'lmagan ob'ekt o'rtasida qiyosiy tadqiqotlar o'tkazildi. 10-rasmdan ko'rinib turibdiki, fazali o'tish materialli tajriba qurilmasidagi ichki havo haroratining maksimal qiymati 10°C atrof-muhit haroratida 35°C ni tashkil qiladi. Fazali o'tish materialsiz eksperimental qurilmada maksimal ichki havo harorati 40°C dan oshadi. Fazali o'tish issiqlik akkumulyatoriga ega bo'lmagan ob'ektda xona havosining harorati taxminan 0:00 atrof-muhit haroratiga teng bo'ladi, ikkinchi ob'ektda esa bu holat 03:30 ga to'g'ri keladi. Ushbu tajribalarda janubiy devorning frontal yuzasiga tushgan yig'indi quyosh radiatsiyasining maksimal qiymati 800 W/m<sup>2</sup> ni tashkil etdi.



9-rasm. Tajribalar natijalari (8-11.01.2022y.): D7 - Tromb devorili ob'ektning ichki havosining harorati; D8 - issiqlik akkumulyatori bo'lmagan ob'ekt ichki havosining harorati; D13 - beton devorli ob'ekt ichki havosining harorati; D14 - atrof-muhit harorati.



10-rasm. Tajribalar natijalari (16-18.02.2022y.): D9 - fazali o'tish materiallari bo'lgan ob'ekt ichki havosining harorati; D15 - fazali o'tish material bo'lmagan ob'ekt ichki havosining harorati; D16 - atrof-muhit harorati.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, ventilyatsiya qilinadigan suvli issiqlik akkumulyatorlariga ega Tromb devorining (energiya tejovchi oyna bloki) issiqlik samaradorligi 42% ni tashkil qiladi. Bunday holda, qurilma yuzasiga o'rtacha soatlik jami quyosh radiatsiyasi 0,8 MJ ni tashkil etdi. Albatta, devor va shaffof qatlam o'rtasida joylashgan batareya qurilmalari havo harakatiga to'sqinlik qilishini hisobga olish kerak. Shu sababli, energiya tejovchi oyna blokidan chiqadigan havo harorati an'anaviy tizimga qaraganda 5-6°C yuqori bo'ladi.

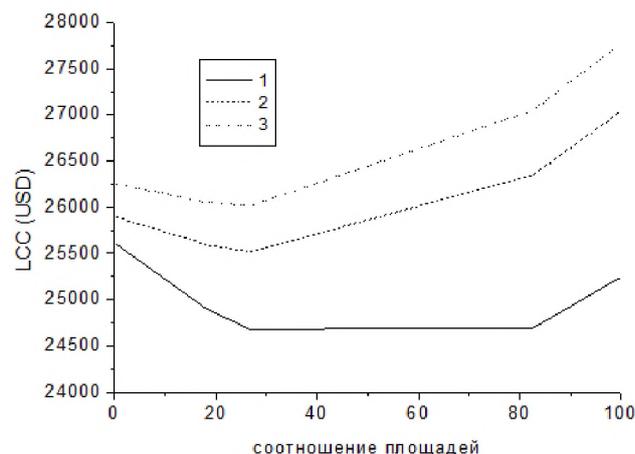
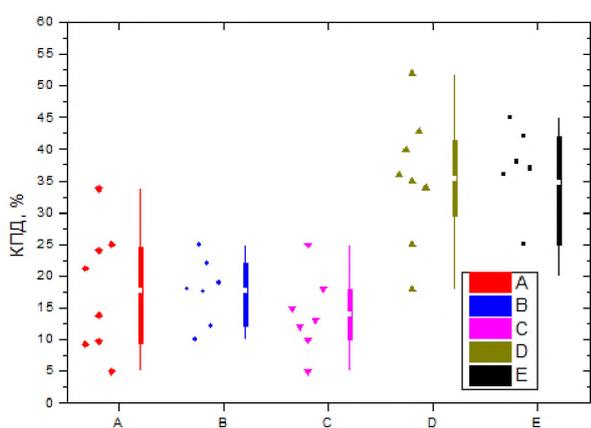
"Passiv quyosh isitish tizimlarining energetik, iqtisodiy va ekologik ko'rsatkichlari" deb nomlangan **beshinch** bobda issiqlik izolyatsiya qatlami qalinligining optimal yoki oqilona qiymatini aniqlash bo'yicha va ko'p mezonli optimallashtirish usullaridan foydalanib passiv quyosh isitish tizimi elementlarining geometrik va issiqlik-texnikaviy parametrlari qiymatlarining optimal yoki oqilona qiymatlarini aniqlashga bag'ishlangan tadqiqot natijalari keltirilgan.



a)

b)

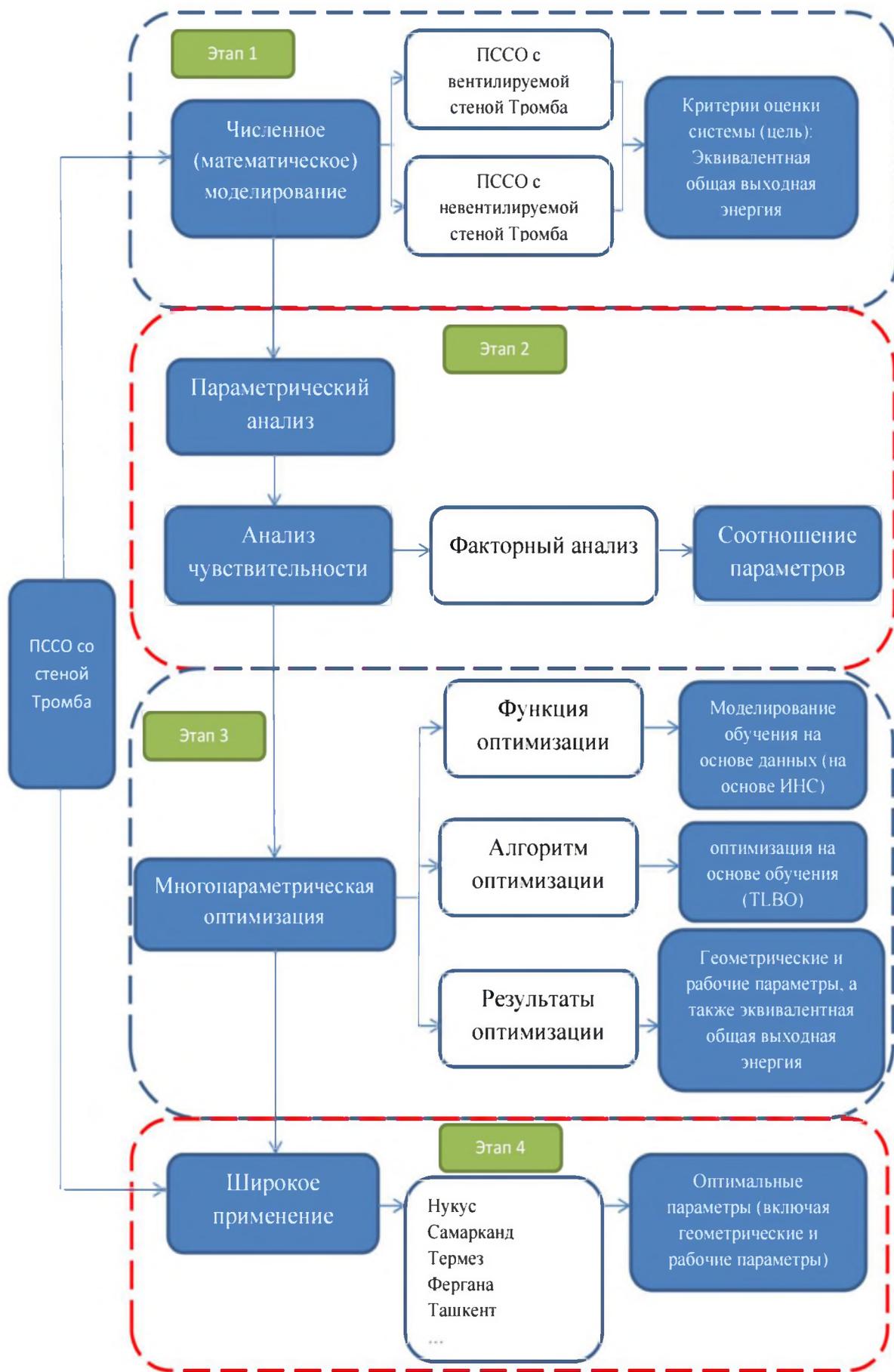
11-rasm. Issiqlik akkumulyatori suv bo'lgan issiqlik akkumulyatsiyalovchi devorning issiqlik xususiyatlarini aniqlash bo'yicha eksperimental qurilma (energiya tejovchi oyna bloki): a-old ko'rinish; b-orqa tomondan ko'rinish.



12-rasm. Passiv quyosh isitish tizimlarining eksperimental foydali ish koeffitsiyenti (FIK): A - ventilyatsiya qilinadigan Tromb devori; B-ventilyatsiya qilinadigan Tromb devori keramika + plyonkali kompozit material bilan; C - ventilyatsiyalanmaydigan Tromb devori; D - fazali o'tish materiallarili Tromb devori; E - energiya tejovchi oyna bloki.

13-rasm. Foydalanish davri narxining bino issiqlik izolatsiyasining uchta darajasida maydonlar nisbatiga (Tromb devorining sirtining tashqi devorning umumiy yuzasiga nisbati) bog'liqligi: 1,2,3 - mos ravishda issiqlik himoyasining birinchi, ikkinchi va uchinchi darajalarida foydalanish davrining narxi.

Passiv quyosh isitish tizimi parametrlarining optimal yoki oqilona qiymatlarini aniqlash uchun turli usullar va algoritmlar qo'llaniladi. Ushbu usullardan tadqiqotchilar tomonidan eng ko'p qo'llaniladigan ko'p parametrli (ko'p mezonli, ko'p maqsadli) optimallashtirish usuli hisoblanadi. Bu usul ko'rib chiqilayotgan ob'ektning matematik modeli va uni tekshirish, parametrik va omilli tahlil, ko'p parametrli optimallashtirish (optimallashtirish funksiyasi va algoritmini tanlash va natijalarni tahlil qilish) va undan keng foydalanishni o'z ichiga oladi (14-rasm).



14-рasm. "Massiv devor" tipidagi passiv quyosh isitish tizimi parametrlarining oqilona qiymatlarini aniqlash algoritmi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, binoni rekonstruksiya qilish paytida yoki umuman loyihalashtirilgan binoni qurish jarayonida Tromb devoridan foydalanishning issiqlik samaradorligiga bevosita ta'sir qiluvchi parametrlar quyidagi parametrlardir: janubga nisbatan binoning yo'nalishi, Tromb devori sirtining fasad umumiy yuzasiga nisbati, shaffof qatlamning issiqlik qarshiligi va ventilyatsiya qilinadigan Tromb devorida havoning massa sarfi. Ushbu parametrlarning optimal yoki oqilona qiymatlarini faqat energiya nuqtai nazaridan aniqlash mutlaqo to'g'ri bo'lmaydi, odatda, bunday hollarda investitsiyalarni qoplash muddati bilan bog'liq iqtisodiy jihat ham o'rganiladi.

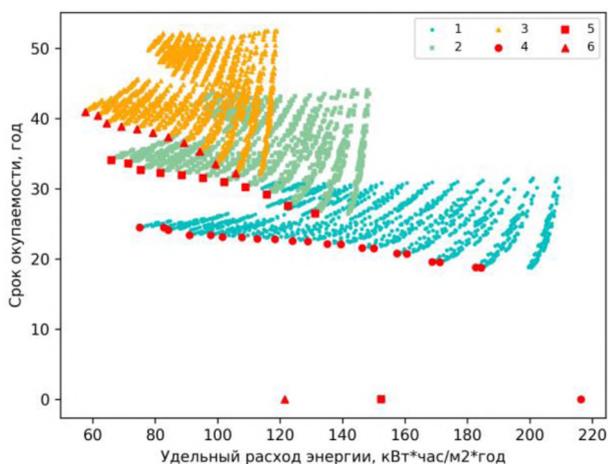
Ventilyatsiya qilinmaydigan Tromb devori uchun parametrlarning oqilona qiymatlarini aniqlash bo'yicha o'n uch darajali va uch faktorli sxema tanlangan; ventilyatsiya qilinadigan Tromb devori uchun o'n uch darajali va to'rt faktorli sxema tanlangan. Hisoblashlar to'liq faktorli tajriba usuli yordamida amalga oshirildi. Hisoblashlar davrida toshko'mirning narxi 674 100 so'm/tonna (2021 yil 11-15 oktyabr, AQSH dollari kursi 10700,03 so'm).

Binolar issiqlik himoyasining birinchi darajasi uchun Pareto frontida faqat 22 nuqta mavjud. Isitish uchun solishtirma energiya iste'moli 184,5 kVt / m<sup>2</sup> ni tashkil etadi, bu asosiy qiymatdan 14,8% ga past.

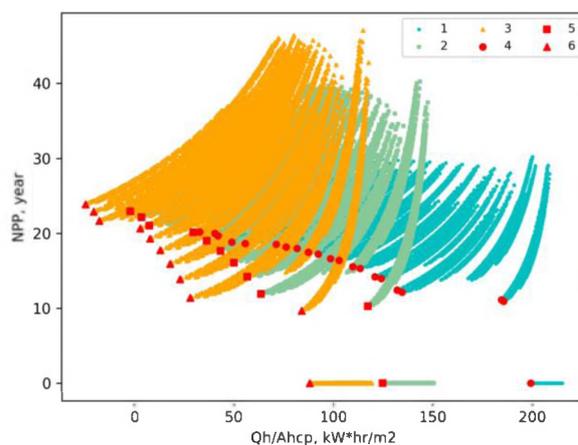
Issiqlikdan himoyasining ikkinchi darajasida solishtirma issiqlik iste'moli 131,3 kW/m<sup>2</sup> ni tashkil etdi, energiya iste'moli 13,8% foizga kamaygan.

Issiqlikdan himoyalashning uchinchi darajasida solishtirma issiqlik iste'moli 105,8 kW/m<sup>2</sup>, energiya sarfini kamaytirishning foiz qiymati esa 13% ni tashkil qiladi.

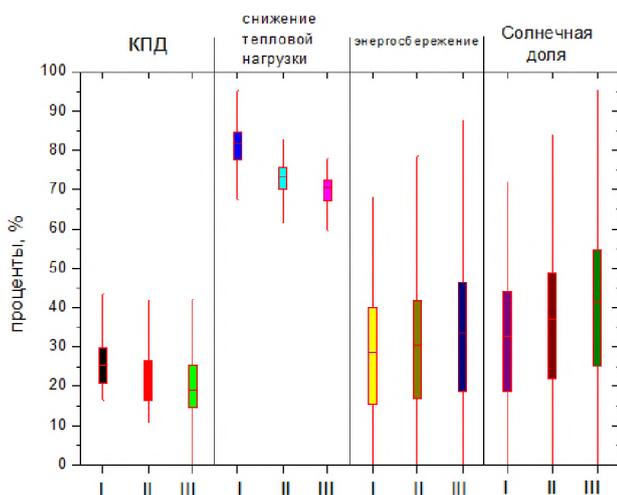
Tajriba natijalari va hisob-kitoblar(15-16-rasm)dan ko'rib chiqilayotgan hududning issiqlik himoyasi darajasi va iqlim sharoitiga qarab, "Massiv devor" tipidagi passiv quyosh isitish tizimining issiqlik samaradorligini 55-60% gacha, issiqlik yukini 90% dan ortiq kamaytirish, energiya tejash 80-90% gacha va quyosh energiyasi ulushi (quyosh hissasi) 90% gacha ekanligini ko'rish mumkin.



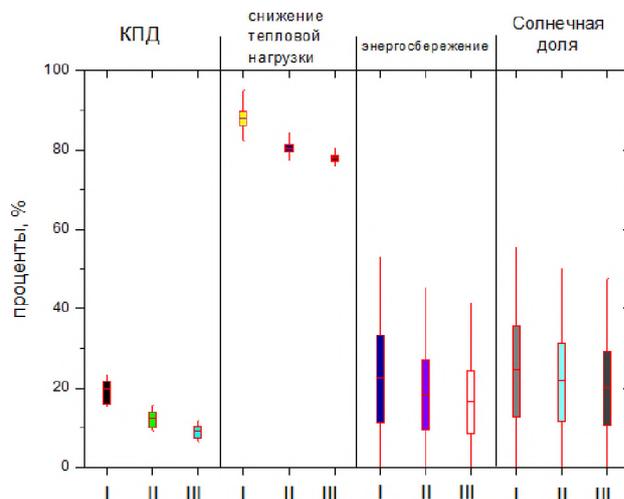
15-rasm. Ventilyatsiyalanmaydigan Tromb devorili tizim uchun Pareto frontining chegaralarini aniqlash bo'yicha hisoblashlar natijalari: 1,2,3 - issiqlik himoyasining birinchi, ikkinchi va uchinchi darajalariga tegishli ma'lumotlar; 4,5 va 6 - issiqlik himoyasining birinchi, ikkinchi va uchinchi darajalari uchun Pareto frontiga tegishli qiymatlar.



16-rasm. Ventilyatsiyalanadigan Tromb devorili tizim uchun Pareto frontining chegaralarini aniqlash bo'yicha hisoblashlar natijalari: 1,2,3 - issiqlik himoyaning birinchi, ikkinchi va uchinchi darajalariga tegishli ma'lumotlar; 4,5 va 6 - issiqlik himoyaning birinchi, ikkinchi va uchinchi darajalari uchun Pareto frontiga tegishli qiymatlar.



17-rasm. Turar-joy binolarida joylashtirilgan ventilyatsiya qilinadigan Tromb devorlarining issiqlik samaradorligi, issiqlik yukini kamaytirishi, energiya tejashi, quyosh ulushi statistikasi: I - issiqlik muhofazasining birinchi darajasiga ega turar-joy binosi; II - issiqlik muhofazasining ikkinchi darajasiga ega turar-joy binosi; III - issiqlik muhofazasining uchinchi darajasiga ega turar-joy binosi.



18-rasm. Turar-joy binolarida o'rnatilgan ventilyatsiyalanmaydigan Tromb devorining issiqlik samaradorligi, issiqlik yukini kamaytirish, energiya tejashi, quyosh ulushi statistikasi: I - issiqlik muhofazasining birinchi darajasiga ega bo'lgan turar-joy binosi; II - ikkinchi darajali issiqlik muhofazasi bo'lgan turar-joy binosi; III - uchinchi darajali issiqlik himoyasi bo'lgan turar-joy binolari.

## XULOSA

Dissertatsiyada qo'yilgan masalalarni hal qilish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim qilinmoqda:

1. Tromb devoridan foydalanishga asoslangan har xil turdagi isitish tizimlari uchun issiqlik jarayonlarining xususiyatlarini har tomonlama nazariy va eksperimental o'rganish amalga oshirildi.

2. "To'g'ridan-to'g'ri nurlanish" turdagi passiv quyosh isitish tizimlarining shaffof to'siqlarida quyosh nurlanishining ko'p marta qaytishni va unda havo harakatini inobatga oluvchi energiyani qoplash koeffitsiyenti va issiqlik yo'qolishlarini hisoblash uchun ifoda taklif etildi.

3. Ventilyatsiya qilinadigan Tromb devoriga ega passiv quyosh isitish tizimlarining energiya, ekologik va iqtisodiy ko'rsatkichlarini aniqlash usulidan foydalanib, O'zbekistonning uchta hududi uchun issiqlik himoyasining uch darajasida solishtirma issiqlik iste'molining o'zgarishi baholandi. Natijalar ko'rsatishicha, Nukus shahrida issiqlikdan himoyasining birinchi darajasida 18 foizga, issiqlik himoyasining ikkinchi darajasida 14 foizga va uchinchi darajali issiqlikdan himoyalashda issiqlik iste'moli 11 foizga kamaygan. Farg'ona viloyatida issiqlik himoyasining birinchi darajasida isitish uchun solishtirma sarf 24,7 foizga, ikkinchi darajali issiqlik himoyasida 18,4 foizga, uchinchi darajali issiqlik himoyasida 15,3 foizga kamaygan. Toshkent shahrida issiqlik himoyasining birinchi darajasida solishtirma issiqlik sarfi 25,2 foizga, issiqlik himoyasining ikkinchi darajasida 18,5 foizga, issiqlik himoyasining uchinchi darajasida 16,5 foizga kamaygan. Samarqand shahrida issiqlik himoyasining birinchi darajasida solishtirma issiqlik sarfi 25,5 foizga, issiqlik

himoyasining ikkinchi darajasida 19 foizga, issiqlik himoyasining uchinchi darajasida 16,4 foizga kamaygan. Termiz shahrida issiqlik himoyasining birinchi darajasida isitish uchun energiyaning solishtirma sarfi 38 foizga, issiqlik himoyasining ikkinchi darajasida 30 foizga, issiqlik himoyasining uchinchi darajasida 24,4 foizga kamaydi.

4. Dinamik modellashtirish usuli bilan Tromb devorili passiv quyosh isitish tizimiga ega to'rt xonali turar-joy binosining solishtirma issiqlik iste'molining o'zgarishlari baholandi. Binoning solishtirma issiqlik iste'moli klassik tipdagi Tromb devoridan foydalanganda  $211,6 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  dan  $134,34 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  ga, ya'ni 36,5 foizga va faza o'zgartiruvchi issiqlik akkumulyatorlarili Tromb devoridan foydalanganda  $119,4 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$ ga, 56,6% ga kamaydi.

5. Passiv quyosh isitish tizimlariga ega turar-joy binolari uchun issiqlik akkumulyatori sifatida suv bilan, shuningdek fazali o'tish materiali bilan energiya tejovchi oyna blokining eksperimental laboratoriya namunasi ishlab chiqildi va yaratildi. Natijada, yog'och izolyatsion qatlamli passiv quyosh isitish tizimining shaffof panjaralari o'rniga energiya tejovchi oyna blokidan foydalanganda shaffof to'siqlar orqali issiqlik yo'qotilishi  $165,5 \text{ kW}\cdot\text{soat}/\text{m}^2\cdot\text{yildan}$   $126,1 \text{ kW}\cdot\text{soat}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$ gacha kamayishi (23,8%) aniqlangan. Agar suv issiqlik akkumulyatori yoki issiqlik izolyatsiyalovchi material sifatida ishlatilsa, issiqlik yo'qotishlari  $81,9 \text{ kW}\cdot\text{soat}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$ gacha (50,5%), faza o'tish materialidan foydalanganda esa  $63,9 \text{ kW}\cdot\text{soat}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$ gacha (61,4%) kamaydi.

6. Birinchi marta O'zbekiston iqlim sharoitida Tromb devorining harorat rejimi bo'yicha hisoblash va tajriba ma'lumotlari natijalari taqqoslandi. Tromb devori bo'lgan passiv quyosh isitish tizimining elementlarining kunlik harorat o'zgarishlari aniqlandi. Olingan natijalar O'zbekiston Respublikasining iqlim sharoitida passiv quyosh isitish tizimlarini binolarda foydalanilganda energiya tejash salohiyatini oqilona baholash imkonini beradi.

7. To'liq faktorli eksperiment usuli va jarima funktsiyalari usulidan foydalangan holda, uch darajali issiqlik muhofazasi uchun turar-joy binolariga birlashtirilgan ventilyatsiya qilingan va shamollatilmaydigan Tromb devorlarining issiqlik parametrlari optimallashtirilgan. Shu bilan birga, shamollatilmaydigan Tromb devor tizimida issiqlik muhofazasining birinchi darajasiga ega binoning solishtirma issiqlik iste'moli  $216,4 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yildan}$   $75 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$ ga (65%) kamayadi, ikkinchi darajali issiqlik himoyasiga ega binoning solishtirma issiqlik iste'moli  $152 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  dan  $66 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  gacha (63,2%), uchinchi darajali issiqlik himoyasiga ega binoning solishtirma issiqlik iste'moli  $121 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  dan  $57 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  gacha (52,9%) kamayishi aniqlangan. Ventilyatsiya qilinadigan Tromb devorida issiqlik muhofazasining birinchi darajasiga ega bo'lgan binoning solishtirma issiqlik iste'moli  $216 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  dan  $32,7 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  (84,9%) gacha, issiqlik himoyasining ikkinchi darajasida solishtirma issiqlik iste'moli  $152 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  dan  $3,4 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  ga (97,8%) pasaygan, uchinchi darajadagi issiqlik himoyasi bo'lgan binoning solishtirma issiqlik iste'moli  $121,5 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  dan  $2,8 \text{ kW}\cdot\text{hr}/\text{m}^2\cdot\text{yil}$  gacha (97,7%) kamaydi.

8. "To'g'ridan-to'g'ri radiatsiya" tipidagi passiv quyosh isitish tizimlarida o'tkazilgan tajribalar natijalari shaffof to'siqning optik xususiyatlariga qarab issiqlik samaradorligi 25-95% ni tashkil etishini ko'rsatdi.

9. Olingan natijalar asosida taklif etilgan yangi muhim texnik yechimlar (patent № FAP 01883) va dasturiy mahsulotlarga guvohnomalar № DGU 11597, № DGU 17650, № DGU 17647 dissertatsiya asosiy natijalari "Tashelektromash" MChJ dagi "Mir-solar" MChJ da hamda O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi V.I. Romanovskiy nomidagi Matematika institutida amaliyotga tatbiq etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/27.022020.T/FM.110.01  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ПРИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ АН РУз**

---

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**САМИЕВ КАМОЛИДДИН АЪЗАМОВИЧ**

**ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАССИВНЫХ  
СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

**05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых  
видов энергии**

**АВТОРЕФЕРАТ  
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА (DSc) ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

**Ташкент – 2023**

Тема диссертации доктора (DSc) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.2.DSc/Т344.

Диссертация выполнена в Физико-техническом институте АН РУз.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.fti.uz](http://www.fti.uz)) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)).

Научный консультант: **Авезова Нилуфар Раббанакуловна**  
доктор технических наук, с.н.с.

Официальные оппоненты: **Кенжаев Идирибек Гуламович**,  
доктор технических наук, профессор

**Рахимов Рустам Хакимович**,  
доктор технических наук, с.н.с.

**Уришев Боборахим Уришевич**  
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова**

Защита диссертации состоится «29» 08 2023 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.02/27.02.2020.Т/М.110.01 по присуждению ученых степеней при Физико-техническом институте. (Адрес: 100084, Узбекистан, г.Ташкент, ул. Чингиза Айтматова 26. Тел: (+99871) 235-42-91, e-mail: [info.fti@uzsci.net](mailto:info.fti@uzsci.net)).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Физико-технического института (зарегистрирована за № 582) по адресу: 100084, Узбекистан, г.Ташкент, ул. Чингиза Айтматова 26. Тел: (+99871) 235-42-91, e-mail: [info.fti@uzsci.net](mailto:info.fti@uzsci.net)).

Автореферат диссертации разослан «18» 08 2023 года  
(протокол рассылки № 03 от 17.08 2023 г.).



**Х.К. Олимов**  
Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., профессор

**Ж.С. Ахатов**  
Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., старший научный сотрудник

**М.Н. Турсунов**  
Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., старший научный сотрудник

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (DCs) диссертации)

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Использование возобновляемых источников энергии, особенно пассивных систем солнечного отопления и их принципов, занимает одно из ведущих мест в мире по снижению расхода энергии на отопление жилых зданий. Принимая во внимание, что в мире 22,5% (88,5 млн. ТДж)<sup>1</sup> от общего конечного энергопотребления по секторам приходится на жилой сектор, необходимо внедрять в сектор тепло-и хладоснабжения более ужесточенные нормы и правила, которые позволят сократить первичные энергоресурсы для их нужд и дадут возможность расширить возможности практического применения зеленых технологий, и, в свою очередь, уменьшить вредное воздействие на экологическую систему в целом. В связи с этим использование пассивных систем солнечного отопления в жилых зданиях имеет большое значение.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на разработку и поиск новых инженерных подходов и научно-технических решений систем пассивного солнечного отопления для замещения традиционных энергоресурсов, используемых для отопления жилых зданий<sup>2,3</sup>. В связи с этим, разработка статических и динамических математических моделей жилых зданий и интегрированных в них систем пассивного солнечного отопления, оценка годовых характеристик, выбор новых типов теплоаккумуляторов и оптимального места их размещения, оптимальных и рациональных значений геометрических и теплотехнических параметров системы являются актуальными проблемами. Особое внимание уделяется определению технико-экономических показателей с использованием методов многокритериальной оптимизации, разработке методов лабораторного и натурного эксперимента для определения теплотехнических показателей системы, а также обоснованию оптимального режима работы пассивных систем отопления.

В нашей республике осуществляются комплексные меры по использованию возобновляемых источников энергии позволяющие снизить энергозатраты на отопление жилых домов, достигнуты определенные результаты. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы поставлена задача «широкое внедрение возобновляемых источников энергии и повышение энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве, на объектах социальной сферы и в других сферах»<sup>4</sup>. При реализации этих задач важно интегрировать системы пассивного солнечного отопления в жилые дома,

---

<sup>1</sup> <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCSHareBySector>

<sup>2</sup> Gupta N., Tiwari G.N. Review of passive heating/cooling systems of buildings // Energy Science & Engineering. – 2016. – Vol.4, №5. – pp.305-333.

<sup>3</sup> Wang D., Hu L., Du H., Liu Y., Huang J., Xu Y., Liu J. Classification, experimental assessment, modeling methods and evaluation metrics of Trombe walls // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol.124. 109772.

<sup>4</sup> Указ президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28.01.2022 г. «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

оптимизировать их параметры, разработать усовершенствованную методику расчета тепловых свойств.

Данное диссертационное исследование в определенной степени соответствует задачам, предусмотренным в Законе Республики Узбекистан «Об использовании возобновляемых источников энергии», в Постановлении Президента Республики Узбекистан № 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», в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-220 от 9 сентября 2022 года «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности» а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

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

**Обзор международных научных исследований по теме диссертации<sup>5</sup>.** Научные исследования вопросов развития теории и практики теплового преобразования и аккумулирования солнечной энергии в пассивных системах солнечного отопления ведутся во многих научно-исследовательских центрах мира.

В Лаборатории солнечной энергии Франции разработан и построен солнечный дом с теплоаккумулирующей стеной. В Университете Трас-ос-Монтес и Альто-Дору Португалии учеными изучаются тепловые характеристики стены Тромба экспериментальными методами и методами интеллектуального анализа данных для прогнозирования температуры в помещении и теплового потока, разрабатываются беспроводные системы управления. В Гонконгском политехническом университете (Китай) изучаются характеристики потока и теплообмена при естественной конвекции в вертикальных воздушных каналах двухслойных солнечных фасадов с помощью метода вычислительной гидродинамики. Лаборатория тепловых процессов Центра энергетических исследований и технологий Туниса занимается вопросами повышения эффективности стены Тромба с помощью внедрения различных теплообменных элементов для различных зданий. В центре энергетических исследований Индийского технологического института и

---

<sup>5</sup> Обзор международных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе следующих источников: Daffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. Fourth Edition. – Madison, New York: John Wiley & Sons, Inc., – 2013. P.944.; Classification, experimental assessment, modeling methods and evaluation metrics of Trombe walls // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol.124. 109772.; Review of passive heating/cooling systems of buildings // Energy Science & Engineering. – 2016. – Vol.4, №5. – pp.305-333.; Trombe walls: a review of opportunities and challenges in research and development // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol.16. – P.6340-6351.; A review on the application of Trombe wall system in buildings // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol.70. – P.976–87.

Техническом университете (Индия) изучаются методологии пассивных функций по оптимизации ограждающих конструкций и их требования к зданиям в Индии. Необходимо особо отметить, что в Осацком университете электросвязи (Япония), Гонконгском политехническом университете (Гонконг), Дельфтском технологическом университете (Нидерланды), Национальном техническом университете Афины (Греция), Сиднейском университете (Австралия), университете Лериды (Испания), университете Ниццы София-Антиполис (Франция), университете Ататюрка (Турция) исследуются процессы аккумуляции солнечной энергии с помощью фазопереходных материалов для нужд систем теплоснабжения.

**Степень изученности проблемы.** Разработкой и исследованием пассивных систем солнечного отопления занимались ведущие ученые мира, такие как E.Morse, J.A.Duffie, J.D. Balcomb, S.A. Klein (США), S.-Y. Wu, W. He, H. Zhang (Китай) A.E. Morgan, H.B. Awbi (Великобритания) F. Trombe, L. Zalewski (Франция), В.Б. Вейнберг, Н.П. Селиванов, Э.В. Сарнацкий, О.С. Попел, (Россия), E. Tasdemiroglu (Туркия), G.N. Tiwari, M.S. Sodha, C.L. Gupta (Индия), Р.Б. Байрамов, К. Тойлиев (Туркменистан).

T. Shi, A.D. Garsia, G. Zhou, Y.A. Kara и др. проводили исследования по использованию различных тепловых аккумуляторов в системах пассивного солнечного отопления. F.Martin-Consuegra, A. Briga Sa, F. Abbasi, S. Jaber проводили исследования по созданию новых типов пассивных систем солнечного отопления, оптимизации их геометрических и теплотехнических параметров, разработке и развитию научных основ по их тепловому расчету, а также оценке их технико-экономических показателей.

В нашей республике исследования по расчётам теплотехнических, геометрических и режимных параметров систем пассивного солнечного отопления проводились Р.Р. Авезовым, Н.Р. Авезовой, Ю.К. Рашидовым, М.М. Зохидовым, М. Кенисариным, К.Б. Бабакуловым, О. Азимовым, А.С. Дусяровым, Ш.Б. Имамовым и другими.

Хотя системы пассивного солнечного отопления, разработанные в результате вышеуказанных исследований, используются с определенными положительными результатами с точки зрения энергосбережения для систем отопления жилых зданий, однако геометрические и теплотехнические параметры систем пассивного солнечного отопления неоптимизированы с использованием многокритериального метода оптимизации на основе климатических данных местности. Исследования по определению рациональных величин, оценка и обоснование годовых ресурсных показателей пассивных систем солнечного отопления с учетом энергетических, экономических и экологических показателей последнего, проведены недостаточно.

**Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими работами учреждения, в котором выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ Физико-технического института АН РУз “Исследование теплотехнических и динамических характеристик инсоляционных систем солнечного отопления и

термодинамических преобразователей солнечной энергии” программы фундаментальных исследований ФЗ-ФА-0-050940 (2012-2016 гг.) и по программе базового финансирования научно-исследовательских работ Физико-технического института АН РУз по теме «Развитие физико-технических основ теплового преобразования солнечной энергии и разработка энергоэффективных конструкций гелиотехнических установок» (2020-2022 гг.).

**Целью исследований** является разработка математической модели тепловых процессов, протекающих в пассивных системах солнечного отопления жилых зданий для определения рациональных значений их основных конструктивных и теплотехнических параметров в климатических условиях республики.

**Задачи исследования:**

критический анализ существующих научно-технических решений и результатов исследований ранее выполненных научно-исследовательских работ по пассивным системам солнечного отопления с целью применения их в жилых зданиях, разработка математических моделей и проведение экспериментов по определению оптимальных значений их теплотехнических параметров;

оценка годовой эффективности пассивных систем солнечного отопления с учетом климата Республики Узбекистана на основе разработки статической математической модели на примере типового проекта 4-х комнатного сельского дома;

оценка годовой эффективности пассивных систем солнечного отопления с использованием фазопереходных аккумуляторов тепла на основе разработки динамической математической модели;

проведение экспериментальных исследований в натуральных условиях с целью определения тепловых свойств систем пассивного солнечного отопления типа «Массивная стена», «Массивная стена с тепловым аккумулятором» и «Массивная стена с энергосберегающим оконным блоком»;

определение рациональных значений геометрических (весогабаритных) и теплотехнических параметров системы пассивного солнечного отопления типа «Массивная стена» методом многокритериальной оптимизации с учетом технико-экономических показателей последнего.

**Объектом исследования** являются пассивные системы солнечного отопления типа «Прямое облучение» и «Массивная стена» с вентилируемой и невентилируемой воздушной прослойкой в жилых зданиях.

**Предметом исследования** являются процессы теплового преобразования солнечного излучения в пассивных системах солнечного отопления типа «Массивная стена» и «Прямое облучение», а также тепловые процессы, протекающие в пассивных системах солнечного отопления в жилых зданиях.

**Методы исследований.** Для решения поставленных задач использована физическая модель процессов теплового преобразования энергии солнечного излучения в пассивных системах солнечного отопления и их элементах, при численной реализации которой использованы методы теоретических основ теплотехники, многокритериальной оптимизации и факторного анализа. Для определения основных теплотехнических параметров пассивных систем

солнечного отопления использованы результаты теплового моделирования и экспериментальных исследований в натуральных условиях.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

предложена математическая модель теплового режима жилых зданий с пассивными системами солнечного отопления типа «Прямое облучение» со сложными светопрозрачными ограждениями с частично лучепоглощающим слоем и вентилируемой воздушной прослойкой, позволяющая определить их тепловые характеристики с учетом климатических условий местности;

разработана и предложена математическая модель теплового режима жилых зданий с пассивными системами солнечного отопления типа «Массивная стена» со стеной Тромба, позволяющая с учетом климатических показателей местности определить тепловой режим дома и оценить эффективность применения различных пассивных элементов с учетом стоимости эксплуатационного цикла, в котором площадь поверхности стены Тромба составляет 24% от общей площади фасада;

разработана математическая модель нестационарных тепловых процессов, происходящих в пассивных системах солнечного отопления типа «Теплица», интегрированных в жилой дом с учетом актинометрических и климатических показателей местности;

установлено аппроксимирующее выражение для определения удельных тепловых характеристик жилых зданий с пассивными системами солнечного отопления со стеной Тромба в зависимости от: ориентации здания по сторонам света; показателя термического сопротивления светопрозрачного ограждения; значения соотношения площадей и массового расхода через стены Тромба;

используя метод многопараметриальной оптимизации и факторного анализа, определены оптимальные комбинации факторов относительно: ориентации здания с пассивными системами солнечного отопления со стеной Тромба; термического сопротивления их светопрозрачных ограждений; соотношения площадей стены Тромба к общей площади фасада и массового расхода через стены Тромба;

разработан энергосберегающий оконный блок для пассивных систем солнечного отопления типа «Прямое облучение» и «Массивная стена», позволяющий уменьшить тепловые потери системы от 23,8% до 61,4% от существующих аналогов;

Методом Градусо-сутки рассчитана оптимальная величина толщины изоляционного слоя наружных стен жилых домов с системами пассивного солнечного отопления для пяти регионов Узбекистана. При этом установлена энергетически эффективная и экономически оптимальная толщина тепловой изоляции стены для зданий с пассивными системами солнечного отопления как пассивный элемент, которая составляет от 1,9 см до 5 см в зависимости от градусо-сутки отопительного и охладительного периода.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

получена регрессионная зависимость значения удельного энергопотребления для отопительных нужд жилых зданий с пассивными системами солнечного отопления с учетом их оптимальных теплотехнических и

геометрических параметров для создания новых поколений пассивных систем солнечного отопления;

предложена и реализована методика определения удельного энергопотребления в системах отопления жилых зданий с пассивной системы солнечного отопления, позволяющая существенно сократить продолжительность экспериментальных исследований, а также и определения значений их основных теплотехнических параметров в отдельности;

впервые предложена инженерная методика расчета по определению энергетических, экономических и экологических характеристик жилых зданий с пассивными системами солнечного отопления со стеной Тромба и установлены значения среднегодовой тепловой эффективности пассивных систем солнечного отопления, определены их технико-экономические и экологические показатели, а также рекомендованы рациональные сроки их использования в жилых зданиях.

**Достоверность результатов исследований** подтверждается применением общепризнанных современных методов исследования, проведением опытов в натуральных условиях на основе апробированных методов и средств, совместимостью полученных результатов с расчетными. Научные выводы, рекомендации и результаты, представленные в диссертации, не отрицают известные в данной области результаты, а дополняют и расширяют их. Подготовка, анализ и интерпретация результатов основаны на общепринятых методах работы с данными и статистического анализа.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость исследований заключается в том, что результаты исследования вносят значительный вклад в развитие моделирование тепловых процессов, теории и практики теплового расчета и оптимизации параметров пассивных систем солнечного отопления с использованием тепловых аккумуляторов.

Практическая реализация разработанных методик по тепловой оптимизации основных теплотехнических и весогабаритных параметров пассивных систем солнечного отопления позволяет создать новые технические решения и инженерные подходы для проектирования Пассивных зданий в республике с учётом особенностей климата местности.

Результаты исследований по определению удельной годовой характеристики пассивных систем солнечного отопления и снижения выбросов CO<sub>2</sub> могут быть использованы министерствами и ведомствами Республики при планировании мероприятий по экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов и снижению выбросов CO<sub>2</sub> в окружающую среду за счет использования пассивных систем солнечного отопления в жилых и социально бытовых зданиях.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов, полученных при исследовании параметров пассивных систем солнечного отопления для применения в зданиях и сооружениях республики:

разработанная установка на основе FAP 01883 «Энергосберегающий оконный блок» внедрена в административно-бытовом здании ООО «Mir-solar»

при ООО «Ташэлектромаш» (Справка АО «Узэлтехсаноат» от 21 ноября 2022 года № 04-3/2404). В результате применения пассивной системы солнечного отопления с энергосберегающим оконным блоком, показана возможность сэкономить более 30% первичных топливно-энергетических ресурсов в отопительный период года;

результаты эксперимента, проведенного на энергосберегающем оконном блоке для систем пассивного солнечного отопления были использованы Институтом Математики им. В.И. Романовского АН РУз в рамках проекта ЁФА-Фтех-2018-13 «Оптимальные алгоритмы приближенно-аналитического решения сингулярных интегральных уравнений» (справка Института Математики им. В.И. Романовского АН РУз от 12 апреля 2023 г.). Использование научных результатов позволило провести исследования, проведенные в рамках проекта, с высокой точностью;

результаты по разработке и созданию новой конструкции Пассивных систем солнечного отопления типа “Теплицы” и исследования их теплотехнических характеристик и производительности были использованы в зарубежных исследованиях [Sustainability, 12, 2794, 2020, IF:5,0; Acta Mathematica Sinica, English Series, 37 (7), 1066-1088, 2021, IF:1,2; Applied Solar Energy, 51(2), 107-111, 2015, IF:2,5 и т.д.], что позволило провести анализ различных конструкций, оптимизацию технико-экономических характеристик пассивных систем солнечного отопления.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы были изложены и обсуждались на 7 международных конференциях и 3 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликованы 33 научных работ, из них 13 научных статей в Международных (10) и Республиканском (3) журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, 13 - в материалах Международных и Республиканских конференций, получены 1 патент на полезную модель и 6 свидетельств на программный продукт для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы и 2 приложений. Основная часть диссертации изложена на 184 страницах машинописного текста, содержащего 102 рисунка и 28 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, отмечено соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, приведены обзор международных научных исследований по теме диссертации, степень изученности проблемы, сформулированы цель и задачи, указаны объект, предмет и методы исследования, изложена научная новизна исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены краткие сведения о внедрении результатов и апробации работы, а также об объеме и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Основные конструктивные решения и теплотехнические параметры пассивных систем солнечного отопления»** проведен критический анализ конструктивных решений существующих пассивных систем солнечного отопления, исследованы их основные теплотехнические параметры, изучено влияние частичного поглощения и преобразования в тепло солнечного излучения, проходящего через светопрозрачные покрытия на их тепловую эффективность и на этой основе сформулирована постановка задач исследования.

Во второй главе диссертации **«Математическое моделирование стационарного теплового режима пассивных систем солнечного отопления»** приведены результаты исследований по определению тепловых свойств систем пассивного солнечного отопления типа «Прямое облучение» и «Массивная стена» используя статический метод градусо-сутки. Разработанные математические модели были проверены путем сравнения с экспериментальными результатами. В исследованиях в основном изучены тепловые характеристики трехкомнатного жилого дома и интеграционную в него вентилируемую и невентилируемую стену Тромба. Проведен анализ пассивной системы солнечного отопления рассматриваемых типов с энергетической и экологической точек зрения.

На рис.1 приведены результаты расчетов по определению разницу теплоступлению и тепловых потерь через рассматриваемых типов стены Тромба и тепловые потери через обычные стены за отопительный сезон для различных климатических зон Узбекистана. С применением системы со стеной Тромба, вместо тепловых потерь наблюдается полезный тепловой поток. Несмотря на то, что Нукус расположен на севере страны, и температура окружающей среды там ниже, чем в остальных регионах, за счет падающей суммарной солнечной радиации, в двух вариантах системы стена Тромба получает полезное тепло. Во всех рассматриваемых климатических зонах полезные тепловые потоки на 55-65% больше в вентилируемом варианте стены Тромба, чем в невентилируемом варианте.

Результаты расчетов показывают то, что при снабжении южной стены жилого здания со стеной Тромба, тепловая нагрузка зданий снижается на 9-17% в северных регионах республики и на 21-34% в южных регионах республики,

соответственно при использовании первой, второй или третьей уровней теплозащиты (Рис.2).

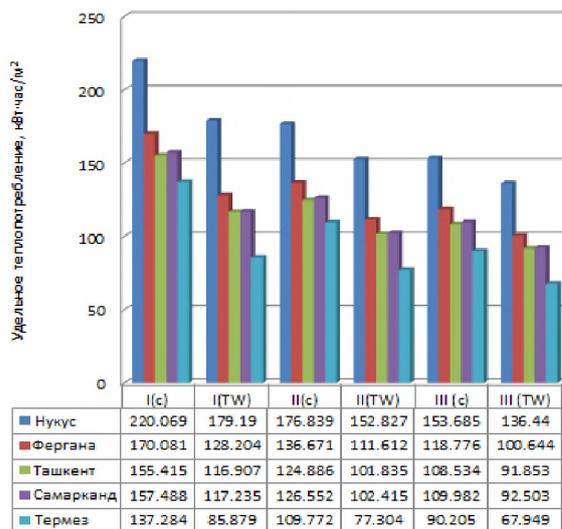
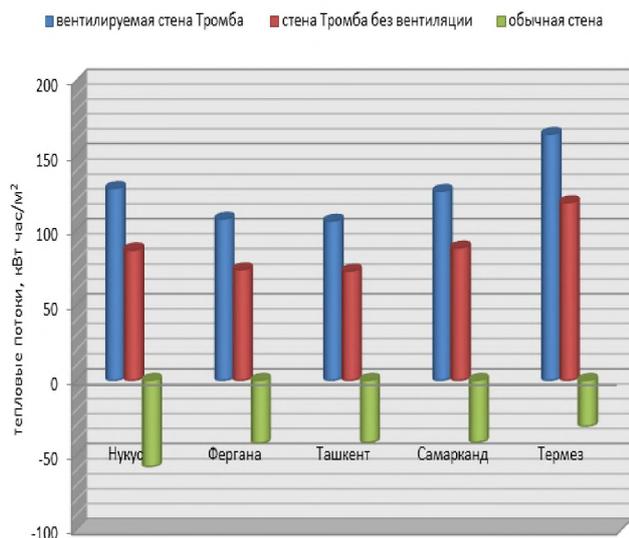


Рис.1. Разница теплопоступления и тепловых потерь через рассматриваемые типы стены Тромба и тепловые потери через обычные стены на единицу площади стен в течение отопительного периода

Рис.2. Расчетные показатели удельного энергопотребления в типовых 3-х комнатных жилых зданиях расположенных в городах республики.

В третьей главе диссертации «**Математическое моделирование нестационарного теплового режима пассивных систем солнечного отопления**» методом динамического моделирования определены тепловые свойства пассивных систем солнечного отопления типа «Прямое облучение», «Массивная стена» и «Теплица». Дифференциальные уравнения обычно используются для описания динамических тепловых процессов. Из-за сложности граничных условий дифференциальные уравнения решаются численными методами. В этой главе дифференциальные уравнения решались в основном методом конечных разностей, а расчеты были реализованы в программных средах Python и Mathcad. На рис.3 и 4 приведены электротермические аналогии для жилых зданий и жилых зданий с пассивной системой солнечного отопления со стеной Тромба. На основе этих схем записаны уравнения тепловых балансов для каждого элемента исследуемого объекта.

Уравнения теплового баланса для внутрикомнатного воздуха

$$C_a \dot{T}_a = U_w(T_o - T_a) + U_{s1}(T_s - T_a) + U_{w1}(T_w - T_a) + U_{n1}(T_n - T_a) + U_{e1}(T_e - T_a) + U_{Fl1}(T_{Fl} - T_a) + U_{R1}(T_R - T_a) + Q_s + Q_{gain} \quad (1)$$

где  $C_a$ - теплоемкость внутрикомнатного воздуха, Дж/К;  $T_a$ - температура внутрикомнатного воздуха, °С;  $U_w$ - коэффициент теплопередачи через окон, Вт/°С;  $T_o$ - температура окружающей среды, °С;  $U_{s1}$ ,  $U_{w1}$ ,  $U_{n1}$ ,  $U_{e1}$ ,  $U_{Fl1}$ ,  $U_{R1}$ - коэффициент теплопередачи внутренней части южной, западной, северной, восточной стены, пол и крыши, Вт/К;  $T_s$ ,  $T_w$ ,  $T_n$ ,  $T_e$ ,  $T_{Fl}$ ,  $T_R$ - средние температуры южной, западной, северной, восточной стены, пол и крыши,



где  $C_n$ - теплоемкость северной стены, Дж/К;  $U_{n2}$ - коэффициент теплопередачи наружной части северной стены, Вт/°С;  $Q_{sn}$ - поглощенная солнечная излучения на северной стене, Вт.

Уравнения теплового баланса для пола

$$C_{FL} \dot{T}_{FL} = U_{FL1} (T_a - T_{FL}) + U_{FL2} (T_E - T_{FL}) + Q_{sFL} \quad (6)$$

где  $C_{FL}$ - теплоемкость пола, Дж/К;  $U_{FL2}$ - коэффициент теплопередачи наружной части пола, Вт/°С;  $Q_{sFL}$ - поглощенная солнечная излучения на пола, Вт.

Уравнения теплового баланса для крыши

$$C_R \dot{T}_R = U_{R1} (T_a - T_R) + U_{R2} (T_o - T_R) + Q_{sR} \quad (7)$$

где  $C_R$ - теплоемкость пола, Дж/К;  $U_{R2}$ - коэффициент теплопередачи наружной части пола, Вт/°С;  $Q_{sR}$ - поглощенная солнечная излучения на пола, Вт.

Уравнения (1)-(7) решались численно, методом Гаусса-Зейделя. Для проведения расчета и валидации в качестве граничных условий приняты данные дневное изменение падающей солнечной радиации на наружных поверхностях элементов экспериментального объекта температура окружающей среды.

На рис. 5 сравниваются результаты расчета и экспериментальными данными: температура внутрикомнатного воздуха. Среднеквадратическая погрешность (RMSE) составляла 2,72°С и  $R^2 = 0,95$ . На рис.5 приведены месячные результаты удельного теплотребления зданий: типового одноэтажного четырехкомнатного жилого здания, типового одноэтажного четырехкомнатного жилого здания со стеной Тромба, типового одноэтажного четырехкомнатного жилого здания со стеной Тромба с аккумуляторами тепла.

Как показывают результаты расчетов суммарное годовое удельное энергопотребление для отопления типового одноэтажного трехкомнатного жилого здания составляет 211,6 кВт·час/(м<sup>2</sup>·год), это отличается от данных, приведенных в литературах в среднем 3-10%.

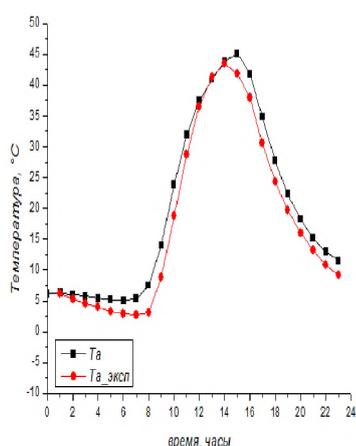


Рис.5. Суточное изменение температуры внутрикомнатного воздуха:  $T_a$ -расчетное;  $T_{a\_эксп}$ -экспериментальное.

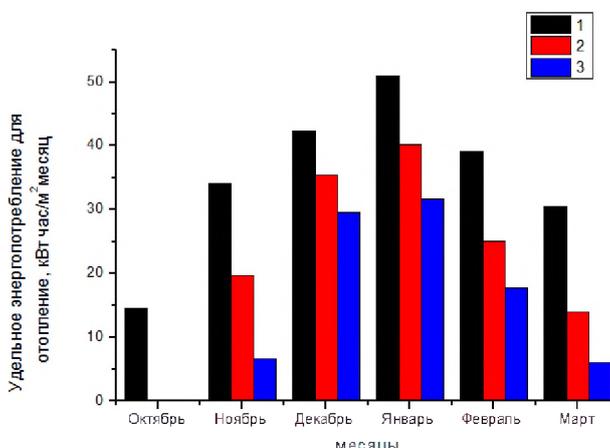


Рис.6. Удельное энергопотребление для отопления типового трехкомнатного жилого здания по месяцам: 1- типовое трехкомнатное жилое здание; 2- типовое трехкомнатное жилое здание со стеной Тромба классического типа; 3- типовое трехкомнатное жилое здание со стеной Тромба с фазопереходными аккумуляторами теплоты.

В таком объекте только со стеной Тромба удельное энергопотребление для отопления равно  $134,34 \text{ кВт}\cdot\text{час}/\text{м}^2\cdot\text{год}$ . Применение такой системы с фазопереходным материалом удельное энергопотребление можно снизить до  $91,8 \text{ кВт}\cdot\text{час}/\text{м}^2\cdot\text{год}$  (Рис.6).

Срок окупаемости стены Тромба с фазопереходными материалами равен 12,9 год. Количество сокращений выбросов углекислого газа составляет  $70 \text{ кг}/\text{м}^2$ .

В четвертой главе **«Проведение экспериментов по определению тепловых режимов пассивных систем солнечного отопления и их основных теплотехнических параметров»** приведены результаты экспериментальных исследований в естественных условиях на малогабаритных экспериментальных установках. Эксперименты проводились в основном на системах пассивного солнечного отопления типа «Прямое облучение» и «Массивная стена» и энергосберегающем стеклоблоке. В объектах эксперимента в качестве светопрозрачного слоя использовались обычное оконное стекло, полиэтиленовая пленка и керамическая полиэтиленовая пленка. В качестве аккумулятора тепла использовались бетонная стена и фазопереходные материалы.

Принципиальная схема стены Тромба приведена на рис.7., где высота физической модели равно 0,6 м, ширина 0,6 м, длина 1 м, толщина южной бетонной стены 6 см, окрашена черной краской (коэффициент лучепоглощения  $\alpha_{\text{ст}}=0,8$ ). Бетонная стена (2) расположена так, что внизу и вверху остаются отверстия высотой 1,5 см. Через 1,5 см от южной стены расположено однослойное светопрозрачное ограждение (1) толщиной 4 мм. Остальные элементы изнутри покрыты теплоизоляцией пенопласт (3) толщиной 4 см и снаружи покрыто древесно-стружечной плитой (4). Все размеры выбраны по теории подобия. Термические сопротивления стен равны первому уровню теплоизоляции. Для измерения температур в различных местах рассматриваемого объекта расположены цифровые датчики температуры Arduino DS18B20. Погрешность измерения не больше  $0,5^\circ\text{C}$  для температур от -10 до  $+85^\circ\text{C}$ . Для измерения плотности потока, падающего суммарного солнечного излучения использован прибор PVA-1000SPV (с ФВ эталонным датчиком).

Экспериментально изучались свойства объекта со стенами Тромба, объекта с легкой конструкцией, и объекта только с южной бетонной стеной. Результаты экспериментов, представленные на рис. 8, показывают, что при максимальном значении температуры окружающей среды около  $6-7^\circ\text{C}$  максимальные температуры в объектах составляют:  $40^\circ\text{C}$  (объект без теплоаккумулятора),  $34^\circ\text{C}$  (объект со стеной Тромба),  $25^\circ\text{C}$  (объект с бетонными стенами). В объекте с легкой конструкцией температура воздуха в помещении равна температуре окружающей среды на закате. В помещении с бетонной стеной это происходит с опозданием на два часа. В объекте со стеной Тромба внутренняя температура воздуха равна температуре окружающей среды с двух часов ночи до шести часов утра. Следовательно, можно считать, что

количество тепла, аккумулированного в объекте со стеной Тромба, больше чем в других объектах.

В этом эксперименте КПД рассматриваемой системы вентилируемой стены Тромба составляет 21,2% при падающей солнечной радиации 7,1 МДж. Тепловой поток переданный конвективным и воздушным потоками равно составляет 1,5 МДж.

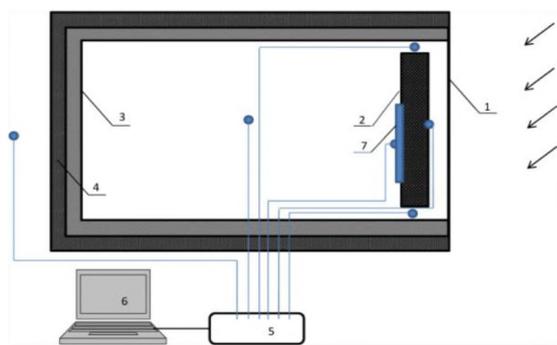


Рис.7. Принципиальная схема пассивного солнечного отопления со стеной Тромба 1-светопрозрачное ограждение; 2-южная бетонная стена; 3-пенопласт; 4-наружная часть ограждений (ДСП); 5- Arduino; 6- компьютер; 7-фазопереходные аккумуляторы теплоты; 8- датчики температуры

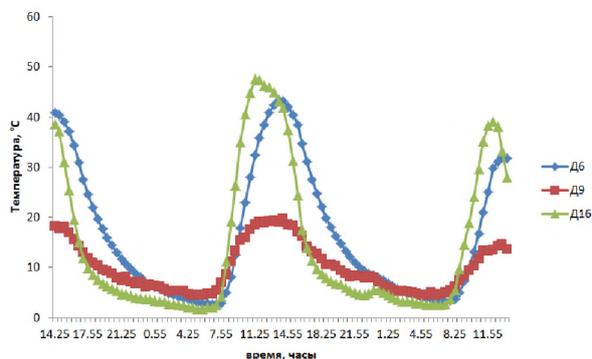


Рис.8. Результаты экспериментов (эксперимент №2) (11-13.11.2021): Д6- температура внутреннего воздуха пассивной системы солнечного отопления со стеной Тромба; Д9- температура окружающей среды; Д16- температура внутреннего воздуха объекта без теплового аккумулятора.

В следующем эксперименте были изучены тепловые характеристики вентилируемые и невентилируемые системы стены Тромба. По результатам эксперимента, представленным на рис.9, температура воздуха в вентилируемом объекте со стеной Тромба в течение суток выше на 2-6°C.

В следующем эксперименте были проведены сравнительные исследования между объектами со стеной Тромба с фазопереходными аккумуляторами тепла и объектами без теплового аккумулятора. Как видно из рис.10, максимальное значение внутренней температуры воздуха в экспериментальной установке с материалом с фазовым переходом составляет 35°C при температуре окружающей среды 10°C. В экспериментальной установке без материала с фазовым переходом максимальная температура внутреннего воздуха превышает 40°C. В объекте без фазопереходного аккумулятора температура воздуха в помещении была равна температуре окружающей среды примерно в 0:00, а во втором объекте эта ситуация соответствует 03:30. В этих экспериментах максимальное значение суммарной солнечной радиации, падающей на фронтальную поверхность южную стену, составило 800 Вт/м<sup>2</sup>.

КПД системы с фазопереходными материалами аккумулятора теплоты в экспериментальном периоде составлял 17,9%, КПД системы классического типа стены Тромба равен 9,2% при падающем суммарном солнечном излучении 14,32 МДж/м<sup>2</sup>.

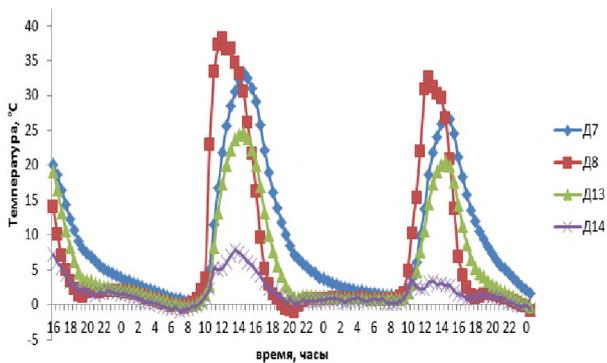


Рис.9. Результаты экспериментов (эксперимент №3) (8-11.01.2022): Д7- температура внутреннего воздуха объекта со стеной Тромба; Д8- температура внутреннего воздуха объекта без аккумулятора теплоты; Д13- температура внутреннего воздуха объекта с бетонной стеной; Д14- температура окружающей среды.

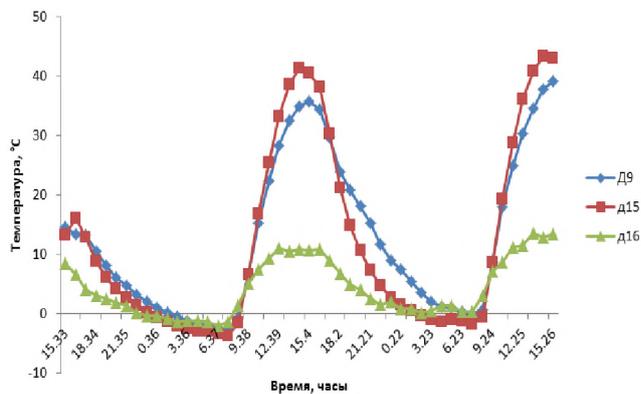


Рис.10. Результаты экспериментов (эксперимент №7) (16-18.02.2022): Д9 - температура внутреннего воздуха объекта с фазопереходными материалами; Д15 - температура внутреннего воздуха объекта без фазопереходного материала; Д16- температура окружающей среды.

Эксперименты показывают, что КПД вентилируемой стены Тромба с водяной аккумуляторов тепла (энергосберегающий оконный блок) составляет 42%. При этом среднечасовая суммарная солнечная радиация, падающая на поверхность прибора, составила 0,8 МДж. Конечно, следует учитывать, что аккумуляторные устройства, расположенные между стеной и прозрачным слоем, препятствуют движению воздуха. За счет этого температура выходящего воздуха из энергосберегающего оконного блока будет 5-6°C выше чем обычной системе.

В пятой главе «**Энергетические, экономические и экологические показатели пассивных систем солнечного отопления**» приведены результаты исследований по определению оптимального и рационального значения толщины теплоизоляционного слоя и методами многокритериальной оптимизации определены оптимальные и рациональные значения геометрических и теплотехнических параметров элементов пассивной системы солнечного отопления.



Рис.11. Экспериментальная установка для определения тепловых характеристик теплоаккумулирующей стены с водяным аккумулятором теплоты: а-передний вид; б-задний вид.

С увеличением отношения площадей в первом уровне теплозащиты сначала стоимость эксплуатационного цикла снижается (до 24,5%) после не изменяется до 83,2%, далее повышается. Во втором и третьем уровнях теплозащиты с увеличением соотношения площадей сначала стоимость эксплуатационного цикла снижается (24%) потом повышается.

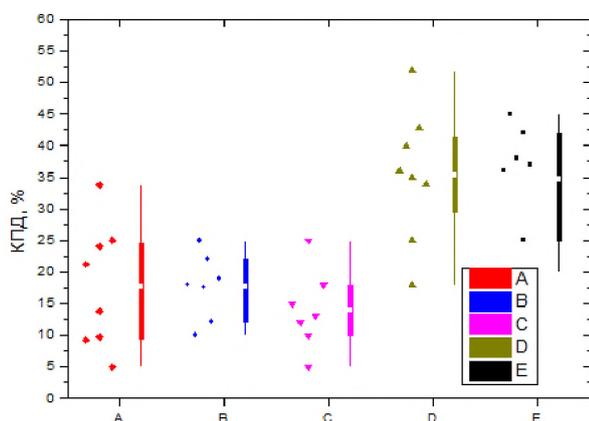


Рис.12. Тепловая эффективность (КПД) экспериментальных пассивных систем солнечного отопления: А- вентилируемая стена Тромба; В-вентилируемая стена Тромба с композитным материалом керамика+пленка; С- невентилируемая стена Тромба; Д- стена Тромба с фазопереходными материалами; Е- энергосберегающий оконный блок.

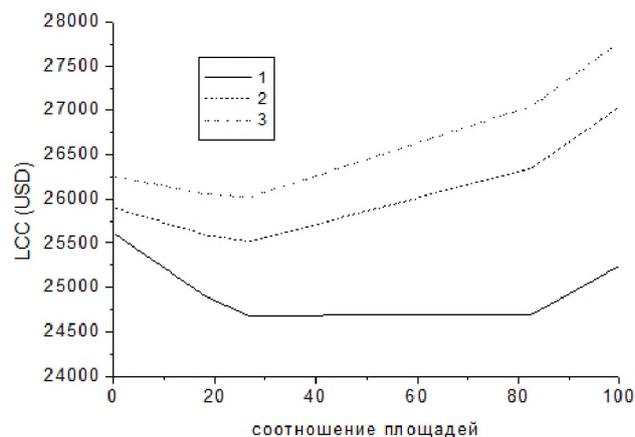


Рис.13. Зависимость стоимости эксплуатационного срока к соотношению площадей (отношение поверхности стены Тромба к общей поверхности наружной стены) в трех уровнях теплоизоляции здания: 1,2,3 - стоимость эксплуатационного цикла в первом, втором и третьем уровне теплозащиты, соответственно.

Для определения оптимальных или рациональных значений параметров системы пассивного солнечного отопления используют (применяют) разные методы и алгоритмы. Наиболее широко используемый из таких методов исследователями – “многопараметрический (многокритериальный, многоцеловой) метод оптимизации”. Этот метод включает математическую модель рассматриваемого объекта и ее проверку, параметрический и факторный анализ, многопараметрическую оптимизацию (выбор функции и алгоритма оптимизации и анализ результатов) и его широкое использование (рис. 14).

Как было сказано выше, параметрами, непосредственно влияющими на тепловую эффективность применения стены Тромба при реконструкции здания или при возведении проектируемого здания в целом, являются следующие параметры: ориентация здания по отношению к югу, отношение поверхности стены Тромба к общей поверхности фасада, термическое сопротивление прозрачного слоя и скорость движения воздуха вентилируемой стены Тромба. Определение оптимальных или рациональных значений этих параметров только с энергетической точки зрения будет не совсем корректным. Обычно в таких случаях изучается и экономический аспект, связанный с сроком окупаемости инвестиций.

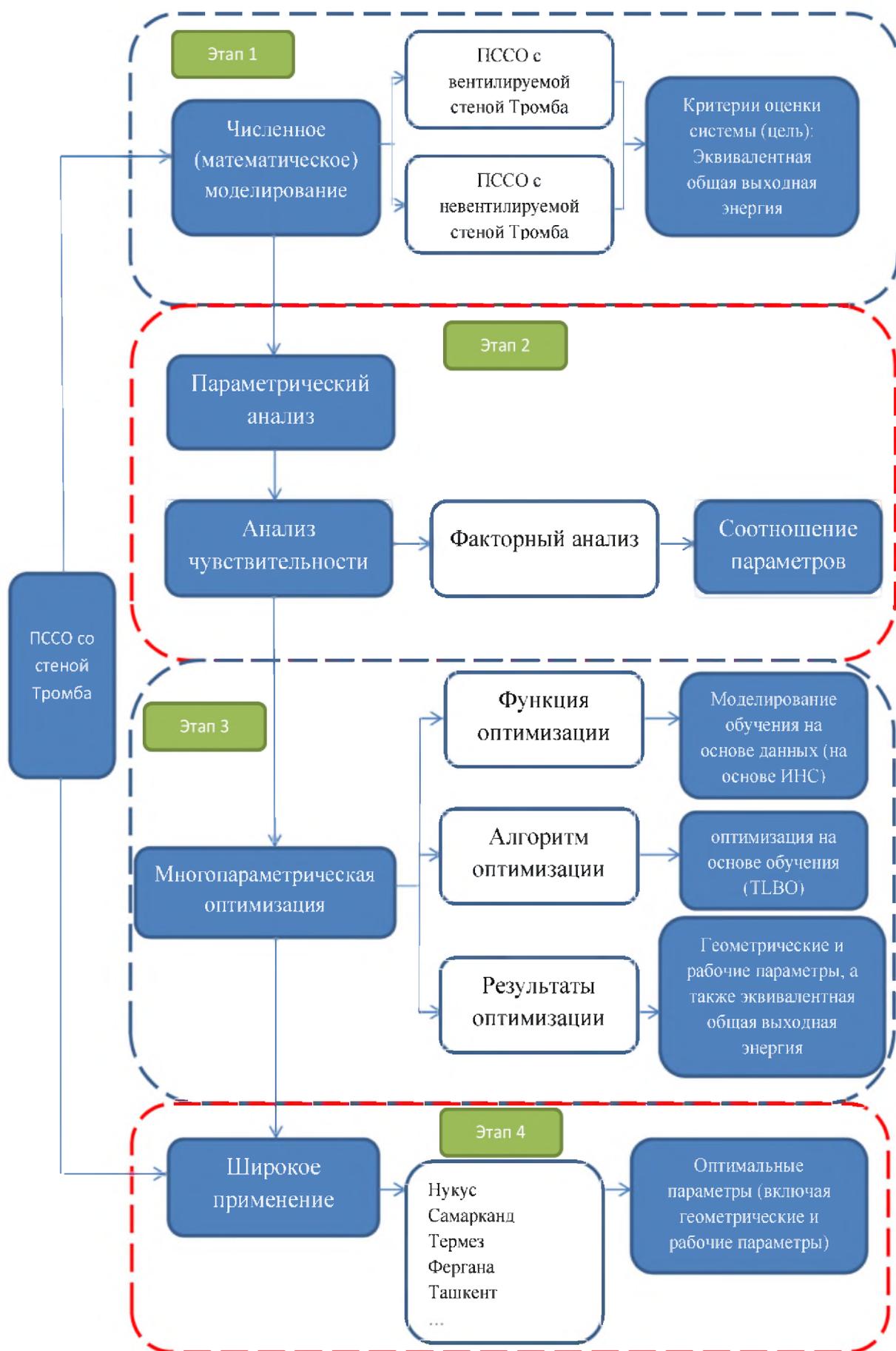


Рис. 14. Алгоритм определения рациональных значений параметров системы пассивного солнечного отопления типа «Массивная стена».

Для определения рациональных значений параметров для неветилируемой стены Тромба выбрана тринадцат урвненная и трех факторная схема, для вентелируемой стены Тромба тринадцат урвненная и четырех факторная схема. Расчеты выполнены с использованием метода факториального эксперимента т.е. метод польного факторного эксперимента. Стоимость каменного угля для расчетного периода равна 674 100 сум/тонна (11-15 октября 2021 года, курс доллара США10700.03 сум).

Для первой урвни теплозащиты зданий во фронте Парето всего 22 точки. Удельный расход энергии составляет 184,5 кВт·час/м<sup>2</sup>, что на 14,8% ниже базового значения.

Для второй урвни теплозащиты, при котором удельное теплопотребление составило 131,3 кВт·час/м<sup>2</sup> с процентным значением снижение энергопотребление 13,8%.

Для третьей урвни теплозащиты, при котором удельное теплопотребление энергии составляет 105,8 кВт·час/м<sup>2</sup>, а процентное значение снижения энергопотребления составляет 13%.

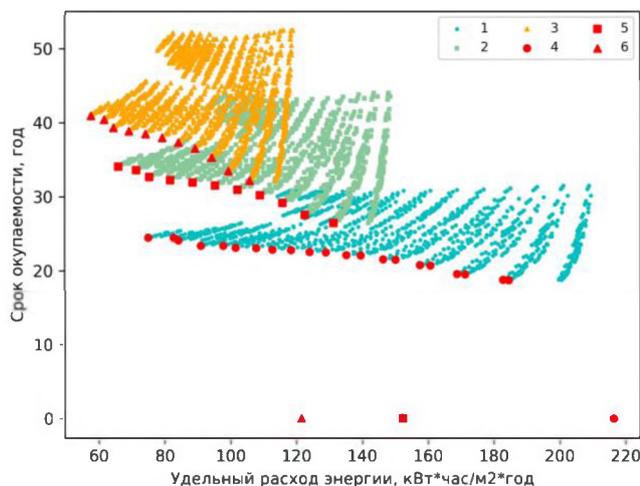


Рис.15. Результаты расчетов по определению границы фронта Парето: 1,2,3 - данные принадлежащие на первого, второго и третьего урвнях теплозащиты; 4,5 и 6 - данные принадлежащие фронта Парето для первого, второго и третьего урвнях теплозащиты.

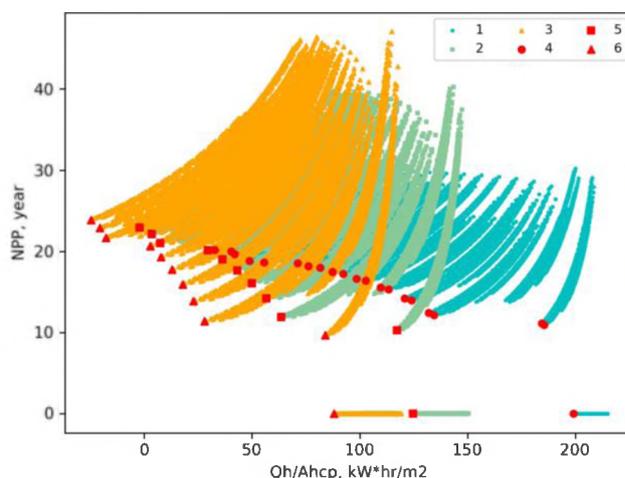


Рис.16. Результаты расчетов по определению границы фронта Парето: 1,2,3 - данные принадлежащие на первого, второго и третьего урвнях теплозащиты; 4,5 и 6 - данные принадлежащие фронта Парето для первого, второго и третьего урвнях теплозащиты.

По результатам экспериментов (рис.15-16) и расчетов КПД системы пассивного солнечного отопления типа «Массивная стена» в зависимости от типа тепловых защит и климатических условий рассматриваемого региона может составлять до 55-60%, снижения тепловой нагрузки более 90%, энергосбережения до 80-90% и доля солнечной энергии (солнечный вклад) до 90%.

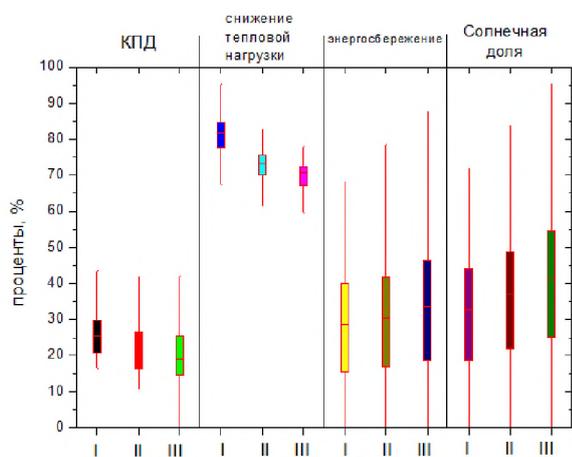


Рис.17. Статистика тепловой эффективности, снижение тепловой нагрузки, энергосбережение, солнечная доля в жилых зданиях с вентилируемой стены Тромба: I - жилая здания с первой уровни теплозащиты; II - жилая здания с второй уровни теплозащиты; III - жилая здания с третьей уровни теплозащиты.

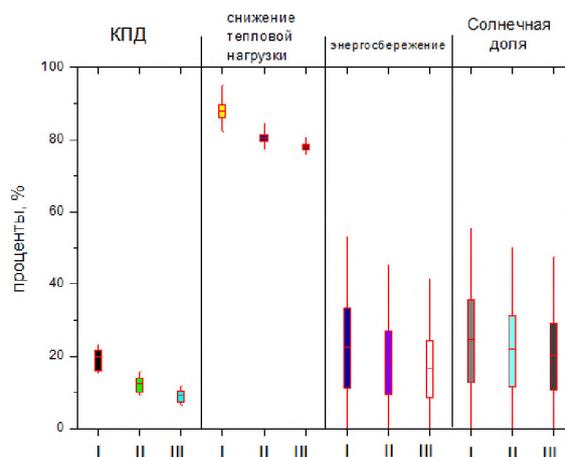


Рис.18. Статистика тепловой эффективности, снижение тепловой нагрузки, энергосбережение, солнечная доля в жилых зданиях с невентилируемой стены Тромба: I - жилая здания с первой уровни теплозащиты; II - жилая здания с второй уровни теплозащиты; III - жилая здания с третьей уровни теплозащиты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённых исследований в диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук (DSc) получены следующие основные результаты:

1. Проведено комплексное теоретическое и экспериментальные исследование особенностей тепловых процессов для различных типов систем отопления, основанных на использовании стены Тромба.

2. Предложено выражение для расчета коэффициента замещения топлива и тепловых потерь из сложного светопрозрачного ограждения с частично лучепоглощающим слоем пассивной системы солнечного отопления типа «Прямое облучение» методом статического моделирования с учётом многократного отражения солнечных лучей в сложном светопрозрачном ограждение и воздушного потока проходящего через него.

3. С помощью метода определения энергетических, экологических и экономических показателей систем пассивного солнечного отопления с вентилируемой стеной Тромба оценено для трех регионов Узбекистана изменение удельного теплопотребления жилого дома на трех уровнях теплозащиты. Удельное теплопотребление в Нукусе снижено на 18 % при первом уровне тепловой защиты, - на 14 % при втором уровне тепловой защиты и - на 11 % при третьем уровне тепловой защиты. В Ферганской области удельное теплопотребление снижено на 24,7 % при первом уровне теплозащиты, на 18,4 % при втором уровне теплозащиты и на 15,3 % при третьем уровне теплозащиты. В г.Ташкенте удельное теплопотребление при первом уровне теплозащиты снижено на 25,2%, при втором уровне теплозащиты - на 18,5%, при третьем уровне теплозащиты - на 16,5%. В г.Самарканде при первом уровне теплозащиты удельное теплопотребление снижено на 25,5 %, при втором уровне

теплозащиты - на 19 %, при третьем уровне теплозащиты - на 16,4 %. В Термезе удельное теплопотребление снижено на 38 % при первом уровне тепловой защиты, - на 30 % при втором уровне тепловой защиты и - на 24,4 % при третьем уровне тепловой защиты, соответственно.

4. Методом динамического моделирования оценены изменения удельного теплопотребления пассивной системы солнечного отопления со стеной Тромба, интегрированного в четырехкомнатное жилое здание. Удельное теплопотребление данного здания уменьшилось с 211,6 кВт·ч/м<sup>2</sup>·год до 134,34 кВт·ч/м<sup>2</sup>·год, что составляет 36,5 % для классического типа стены Тромба и до 119,4 кВт·ч/м<sup>2</sup>·год (56,6%) для стены Тромба с фазопереходным аккумулятором тепла. Таким образом введение этого аккумулятора тепла позволяет уменьшить теплопотребление данного здания дополнительно на 10%.

5. Разработан и создан экспериментальный лабораторный образец энергосберегающего оконного блока с водой, а также с материалом фазового перехода в качестве теплоаккумулятора для жилых зданий с пассивными системами солнечного отопления. При использовании энергосберегающего оконного блока вместо светопрозрачных ограждений системы пассивного солнечного отопления с деревянным изоляционным слоем потери тепла через прозрачные ограждения снижаются от 165,5 кВтч/м<sup>2</sup>·год до 126,1 кВтч/м<sup>2</sup>·год (23,8%). Показано, что в качестве теплового аккумулятора или теплоизоляционного материала используется вода, тепловые потери снижаются до 81,9 кВтч/м<sup>2</sup>·год (50,5%), а при использовании фазопереходного материала до 63,9 кВтч/м<sup>2</sup>·год (61,4%), т.е. использование последнего является оптимальным для пассивных систем солнечного отопления со стеной Тромба.

6. Впервые сопоставлены результаты полученных расчетных и экспериментальных данных для рабочего температурного режима стены Тромба в климатических условиях Узбекистана. Определены суточные изменения температуры элементов пассивной системы солнечного отопления со стеной Тромба. Полученные результаты дают возможность провести обоснованную оценку потенциала энергосбережения при применении в зданиях в климатических условиях Республики Узбекистан.

7. Используя метод полного факторного эксперимента и штрафных функций, оптимизированы теплотехнические параметры вентилируемых и невентилируемых стен Тромба, интегрированных в типовые жилые дома для трех уровней теплозащиты. При этом удельный расход тепла здания с первым уровнем теплозащиты в невентилируемой стеной Тромба снижается с 216,4 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) до 75 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) т.е. в три раза, удельный расход тепла здания со вторым уровнем теплозащиты от 152 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) до 66 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) т.е. 2,3 раза, в то время как относительный расход тепла здания с третьим уровнем теплозащиты от 121 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) до 57 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) т.е. в 2 раза. В вентилируемой стене Тромба удельный расход тепла здания с первым уровнем теплозащиты снижается с 216 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) до 32,7 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) или уменьшается в 7 раз, удельный расход тепла здания со вторым уровнем теплозащиты снижается от 152 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) до 3,4 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) (97,8%), а

удельный расход тепла здания с третьим уровнем тепловой защиты снижается от 121,5 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) до 2,8 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) (97,7%).

8. Результаты экспериментов, проведенных на пассивных системах солнечного отопления типа «Прямое излучение» показали, что тепловой КПД составляет 25-35% в зависимости от оптических свойств светопрозрачного ограждения.

9. На основе полученных результатов сделаны новые важные технические предложения, защищенные охранными документами Республики Узбекистан (патент № FAP 01883), свидетельства на программные продукты № DGU 11597, № DGU 17650, № DGU 17647 которые были использованы в организациях ООО «Mir-solar» при ООО «Ташэлектромаш» и Институт Математики им. В.И. Романовского АН РУз, где внедрены результаты диссертации.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.02/27.02.2020.T/FM.110.01 AT PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE  
ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

---

**PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE**

**SAMIEV KAMOLIDDIN A'ZAMOVICH**

**THERMAL EFFICIENCY OF PASSIVE SOLAR  
HEATING SYSTEMS**

**05.05.06 – Power-plants on the basis of renewable energy**

**ABSTRACT  
OF DOCTOR'S THESIS (DSc) OF TECHNICAL SCIENCES**

**TASHKENT – 2023**

The subject of doctoral dissertation (DSc) is registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.2.DSc/T344.

Dissertation has been prepared at the Physical-technical Institute of Academy of Sciences of RUz.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific Council ([www.fti.uz](http://www.fti.uz)) and on Information-educational portal «ZiyoNet» (<http://www.ziyo.net>).

**Scientific consultant:** **Avezova Nilufar Rabbanakulovna**  
doctor of technical sciences, senior scientific researcher

**Official opponents:** **Kenjaev Idirisbek Gulamovich**  
doctor of technical sciences, professor  
**Rakhimov Rustam Khakimovich**  
doctor of technical sciences, senior researcher  
**Urishev Boborahim Urishevish**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** **Tashkent State Technical University named after Islam Karimov**

The defense will take «29» 08 2023 at 10<sup>00</sup> at the meeting of Scientific council DSc.02/27.02.2020.FM/T.110.01 at the Physical-technical institute Academy of Sciences of RUz. Address: Chingiz Aytmatov str. 2b, -, Conference hall of the Physical-technical Institute. Phone/Fax: (99871) 235-42-91, e-mail: [info.fti@uzsci.net](mailto:info.fti@uzsci.net).

The doctoral dissertation is can be looked through in the Information-resource centre at Physical-technical Institute (is registered №592) (100084, Uzbekistan, Tashkent, Chingiz Aytmatov 2b. Tel: (+99871) 235-42-91).

The abstract of the dissertation is sent out on «17» 08 2023.

(Mailing report №03 on «17» 08 2023).



**X.K. Olimov**  
Chairman of the Scientific Council on award of Scientific Degrees, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

**J.S. Akhatov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council on Award of Scientific Degrees, Doctor of Technical sciences, Senior researcher

**M.N. Tursunov**  
Chairman of the Scientific seminar under Scientific Council on Award of Scientific Degrees, Doctor of Technical Sciences, Senior researcher

## INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

**Relevance of the research topic.** In the world, the use of renewable energy sources, especially passive solar heating systems and their principles, occupies one of the leading places in the world in reducing energy consumption for heating residential buildings. Taking into account that in the world 22.5% (88.5 million TJ) of the total final energy consumption by sector falls on the residential sector, it is necessary to introduce more stringent rules and regulations in the heating and cooling sector, which allow reducing primary energy resources for their needs and will provide an opportunity to expand the practical application of green technologies and, in turn, reduce the impact on the ecological system as a whole. In this regard, the use of passive solar heating systems in residential buildings is of great importance.

In the world, research work is underway aimed at developing and searching for new engineering approaches and scientific and technical solutions for passive solar heating systems to replace traditional energy resources used for heating residential buildings. In this regard, the development of static and dynamic mathematical models of residential buildings and passive solar heating systems integrated into them, the assessment of annual characteristics, the choice of new types of heat accumulators and the optimal location for their placement, optimal and rational values of the geometric and thermal parameters of the system are topical problems. Particular attention is paid to the determination of technical and economic indicators using multicriteria optimization methods, the development of laboratory and field experiment methods to determine the thermal performance of the system, as well as the rationale for the optimal operation of passive heating systems.

**The aim of the research** is to develop a mathematical model of thermal processes occurring in passive solar heating systems of residential buildings to determine the rational values of their main design and heat engineering parameters in the climatic conditions of the republic.

In accordance with the goal, the following interrelated scientific and technical **research tasks** were solved:

critical analysis of existing scientific and technical solutions and research results of previously performed research works on passive solar heating systems with a view to their application in residential buildings, development of mathematical models and experiments to determine the optimal values of their thermal parameters;

assessment of the annual efficiency of passive solar heating systems, taking into account the climate of the Republic of Uzbekistan, based on the development of a static mathematical model using the example of a typical project of a 4-room rural house;

assessment of the annual efficiency of passive solar heating systems using phase-transitional heat accumulators, based on the development of a dynamic mathematical model;

conducting experimental studies in natural conditions in order to determine the thermal properties of passive solar heating systems such as "Massive wall", "Massive wall with a heat accumulator" and "Massive wall with an energy-saving window block";

determination of rational values of geometric (weight and size) and thermal parameters of a passive solar heating system of the "Massive wall" type, by the method of multi-criteria optimization, taking into account the technical and economic indicators of the latter.

**Scientific novelty of the dissertation research:**

a mathematical model of the thermal regime of residential buildings with passive solar heating systems of the "Direct irradiation" type with complex translucent fences with a partially ray-absorbing layer and a ventilated air gap is proposed, which makes it possible to determine their thermal characteristics, taking into account the climatic conditions of the area;

a mathematical model of the thermal regime of residential buildings with passive solar heating systems of the "Massive wall" type with a Trombe wall has been developed and proposed, which allows, taking into account the climatic indicators of the area, to determine the thermal regime of the house and evaluate the effectiveness of the use of various passive elements, taking into account the cost of the operating cycle, in which the surface area Trombe wall is 24% of the total area of the facade.

a mathematical model was developed for non-stationary thermal processes occurring in passive solar heating systems of the "Greenhouse" type, integrated into a residential building, taking into account the actinometric and climatic indicators of the area;

an approximating expression has been established for determining the specific thermal characteristics of residential buildings with passive solar heating systems with a Trombe wall, depending on: the orientation of the building to the cardinal points; indicator of thermal resistance of a translucent fence; values of area ratio and mass flow through Trombe walls;

using the method of multi-parameter optimization and factor analysis, the optimal combinations of factors were determined regarding: the orientation of the building with passive solar heating systems with a Trombe wall; thermal resistance of their translucent barriers; the ratio of the areas of the Trombe wall to the total area of the facade and the mass flow through the Trombe walls;

an energy-saving window block for passive solar heating systems of the "Direct Irradiation" and "Massive Wall" types was developed, which makes it possible to reduce the heat losses of the system from 23.8% to 61.4% of existing analogues;

The Degree-day method was used to calculate the optimal value of the thickness of the insulating layer of the outer walls of residential buildings with passive solar heating systems for five regions of Uzbekistan. At the same time, an energy-efficient and economically optimal wall thermal insulation thickness for buildings with passive solar heating systems was established as a passive element, which ranges from 1.9 cm to 5 cm, depending on the degree-day of the heating and cooling period.

**Scientific and practical significance of the research results.** The scientific value of the research lies in the fact that the results of the research make a significant contribution to the development of modeling of thermal processes, the theory and practice of thermal calculation and optimization of the parameters of passive solar heating systems using thermal accumulators.

The practical implementation of the developed methods for thermal optimization of the main heat engineering and weight and size parameters of passive solar heating systems makes it possible to create new technical solutions and engineering approaches for the design of passive buildings in the country, taking into account the local climate.

The results of studies to determine the specific annual characteristics of passive solar heating systems and reduce CO<sub>2</sub> emissions can be used by the ministries and departments of the Republic when planning measures to save traditional fuel and energy resources and reduce CO<sub>2</sub> emissions into the environment through the use of passive solar heating systems in residential and social areas. domestic buildings.

**Approbation of work.** The results of the dissertation work were reported and discussed at 7 international and 3 republican scientific and practical conferences

**Publication of results.** On the topic of the dissertation, 33 publications were published, including 13 scientific articles, 10 of them in international scientific journals; received 1 patents for a utility model and 6 copyright certificates for software products.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, 5 chapters, a conclusions, a list of references and 2 appendices from 170 titles. It is presented on 184 pages, contains 28 tables and 104 figures.

**E'OLON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть, part 1)**

1. Samiev K.A. Determination of Rational Values of the Parameters of an Unventilated Trombe Wall Using the Method of Multicriteria Optimization for the Climatic Conditions of Uzbekistan // International Journal of Sustainable Construction Engineering And Technology. – Malaysia. 2022. –Vol.13, №3. – pp.123-134 (№3, CiteScore, IF=0.5).

2. Samiev K.A., Halimov A.S. Annual Thermal Performance of the Trombe Wall with Phase Change Heat Storage under Climate Conditions of Uzbekistan // Applied Solar Energy. –USA. 2022. –Vol.58, №2. –pp.297-305 (№3, CiteScore, IF=2.5).

3. Samiev K.A., Halimov A.S., Fayziev Sh.Sh. Multiobjective Optimization of Integration of the Trombe Wall in Buildings Using a Full Factorial Experiment // Applied Solar Energy. –USA. 2022. –Vol.58, №1. –pp.127-136 (№3, CiteScore, IF=2.5).

4. Samiev K.A., Mirzaev M.S., Ibragimov U.X. Annual thermal performance of a passive solar heating system with a Trombe wall with phase change materials // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol.1070, doi:10.1088/1755-1315/1070/1/012022 (№3, CiteScore, IF=0.6).

5. Авезова Н.Р., Самиев К.А., Хаитмухамедов А.Э. Тепловые характеристики стены Тромба в климатических условиях республики Узбекистан // Альтернативная энергетика и экология. – Россия. 2022. –№2. – стр.36-49 (05.00.00; №11).

6. Самиев К.А. Определение рационального значения площади поверхности стены Тромба, используемого в сельских жилых зданиях в климатических условиях Узбекистана // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент. 2021. – №3. –стр.68-74 (05.00.00; №5).

7. Авезова Н.Р., Самиев К.А. Выбор рациональных значений параметров невентилируемой стены Тромба с помощью метода многокритериальной оптимизации для климатических условий Узбекистана // Проблемы энерго- и Ресурсосбережения. – Ташкент. 2021. Специальный выпуск. –стр.358-365 (05.00.00; №21).

8. Авезова Н.Р., Авезов Р.Р., Самиев К.А., Халимов А.С. Интеграция стены Тромба в сельские жилые здания в климатических условиях Узбекистана // Гелиотехника. – Ташкент. 2021. – Том.57, №1. –стр.53-65 (05.00.00; №1).

9. Avezova N.R., Avezov R.R., Samiev K.A., Kakhkharov S.K. Comparative analysis of technical characteristics and economic indicators of the "Trombe wall" system in different climatic zones of Uzbekistan // Applied Solar Energy. –USA. 2021. Vol.57, №2. –pp.128-134 (№3, CiteScore, IF=2.5).

10. Самиев К.А. Определение оптимальные толщины изоляции для наружных стен жилых зданий на основе различных материалов и источников

энергии // Развитие науки и технологий. – Бухара. 2019. – №4. –стр.177-182 (05.00.00; №24).

11. Avezova N.R., Avezov R.R., Rashidov Yu.K., Samiev K.A. Model-based analysis of nonstationary thermal mode in premises with an insolation passive heating system with a three-layer translucent shield // Applied Solar Energy. –USA. 2014. Vol.50, №3. –pp.184-187 (№3, CiteScore, IF=2.5).

12. Avezova N.R., Avezov R.R., Samiev K.A. Modeling the stationary thermal conditions of a premises heated by a passive insolation system containing a three-layer translucent shield with a partially ray-absorbing film on its inner surface // Applied Solar Energy. –USA. 2014. Vol.50, №1. –pp.30-34 (№3, CiteScore, IF=2.5).

13. Avezova N.R., Samiev K.A., Khaetov A.R., Nazarov I.M., Ergashev Z.Zh., Samiev M.O., Suleimanov S.I. Modeling of the unsteady temperature conditions of solar greenhouses with a short-term water heat accumulator and its experimental testing // Applied Solar Energy. – USA 2010. – Vol.46, №1. –pp.4-7 (№3, CiteScore, IF=2.5).

14. Самиев К.А., Рашидов К.Ю. Энергосберегающий оконный блок. Патент на полезную модель, № FAP 01883 от 22.04.2021 // Официальный бюллетень. Агентство по интеллектуальной собственности РУз. 2022. Том.252, №4. –стр.139-140.

## **II bo`lim (II часть, part II)**

15. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ: Гувохнома № DGU 17647 от 17.06.2022. "Методика определения удельных тепловых характеристик и теплотехнических показателей здания с пассивной системой солнечного отопления типа "Массивна стена"". Авторы: Аvezova Н.Р., Самиев К.А., Усманов А.Ю. // Официальный бюллетень (Электронный бюллетень). Агентство по интеллектуальной собственности РУз. 2022. Том.255, №7.

16. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ: Гувохнома № DGU 17650 от 17.06.2022. "Методика определения удельных тепловых характеристик и теплотехнических показателей здания с пассивной системой солнечного отопления типа «Прямое облучение»". Авторы: Аvezova Н.Р., Самиев К.А., Абдухамидов Д.У., Хаитмухамедов А.Э. // Официальный бюллетень (Электронный бюллетень). Агентство по интеллектуальной собственности РУз. 2022. Том.255, №7.

17. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ: Гувохнома № DGU 11597 от 17.05.2021. «Компьютерная программа для определения удельные тепловые характеристики зданий». Авторы: Самиев К.А., Халимов А.С., Ахатов Ж.С. // Официальный бюллетень. Агентство по интеллектуальной собственности РУз. 2021. Том.243, №7. –С.736-737.

18. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ: Гувохнома № DGU 11596 от 17.05.2021. «Компьютерная программа расчета суммарной солнечной радиации, падающей на поверхность расположенной под углом к горизонту». Авторы: Самиев К.А., Халимов А.С., Ахатов Ж.С. //

Официальный бюллетень. Агентство по интеллектуальной собственности РУз. 2021. Том.243, №7. –С.735-736.

19. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ: Гувохнома № DGU 09005 от 16.07.2020. «Компьютерная программа для расчета суммарного солнечного излучения, падающего на поверхность южной ориентации, на основе суммарного солнечного излучения, падающего на горизонтальную поверхность». Авторы: Самиев К.А., Жураев Т.И., Жураев Э.Т. // Официальный бюллетень. Агентство по интеллектуальной собственности РУз. 2020. Том.234, №10. –С.213-214.

20. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ: Гувохнома № DGU 07365 от 14.11.2019. «Программа для определения оптимальной толщины изоляционного слоя наружных стен жилых зданий на основе инсоляционных систем солнечного отопления». Авторы: Самиев К.А., Бабаев С.С., Жураев Э.Т. // Официальный бюллетень. Агентство по интеллектуальной собственности РУз. 2020. Том.225, №1. –С.348-349.

21. Самиев К.А. Определение оптимальной толщины изоляции для наружных стен жилых зданий для Узбекистана на основе различных материалов и источников энергии // Научный вестник Бухарского государственного университета. – Бухара. 2019. – №4. –стр.36-40.

22. Самиев К.А. Оценка технической характеристики пассивных систем солнечного отопления типа «Прямое облучение» и «Массивная стена» // “Хозирги замон физикасининг долзарб муаммолари” Халқаро илмий ва илмий-техник конференцияси материаллари тўплами, 24-25 ноябрь 2022й. – Бухоро. 2022, – 296-298 б.

23. Самиев К.А., Арабов Д.Х., Хаитмухамедов А.Э. Пассивные системы солнечного отопления со стеной Тромба с фазопереходными материалами // “Инновацион техника ва технологияларнинг кишлоқ хўжалиги – озик-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари” II-Халқаро илмий ва илмий-техник анжумани илмий ишлар тўплами, 2-қисм, 22-23 апрель 2022й. –Тошкент. 2022. – 405-407б.

24. Самиев К.А., Арабов Д.Х. Выбор рациональных значений параметров вентилируемой стены Тромба с помощью многокритериальной оптимизации // “Energetika sohasini rivojlantirishda muqobil energiya manbalarining roli” vazirlik miqyosida ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami, 28-29 aprel 2022y. – Namangan. 2022. – 127-131б.

25. Авезова Н.Р., Авезов Р.Р., Самиев К.А. Снижение удельных энергопотреблений жилых зданий // “Новые материалы и гелиотехнологии” материалы международной научной конференции, 20-21 мая 2021г. – Ташкент. 2021. –С.190-197.

26. Самиев К.А., Халимов А.С., Усманов Н.О., Арабов Д.Х. Экономическая оптимизация толщины теплоизоляции наружных стен жилых зданий пассивного солнечного отопления // “Тенденции развития альтернативной и возобновляемой энергетики: проблемы и решения”, сборник докладов международной научно-технической конференции, 17-18 мая 2021г. – Ташкент. 2021. –С.288-293.

27. Самиев К.А., Арабов Д.Х., Жураев Э.Т., Жураев Т.И., Халимов А.С., Ахатов Ж.С. Экспериментальное и численное исследования температурного режима стены Тромба // “Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли” Халқаро микёсдаги илмий-амалий конференция материаллари тўплами, 24 апрель 2021 й. – Наманган. 2021. –272-275 б.

28. Самиев К.А., Жураев Э.Т. Влияние аэродинамического сопротивления между светопрозрачным ограждением и стеной на тепловую эффективность в системе стены Тромба // “Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги - озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари” Халқаро илмий ва илмий-техник анжумани илмий ишлар тўплами, 24-25 апрель 2020 й. – Тошкент. 2020. –728-730 б.

29. Авезова Н.Р., Самиев К.А. Выбор рациональных значений параметров невентилируемой стены Тромбас помощью метода многокритериальной оптимизации для климатических условий Узбекистана // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции “Актуальные проблемы системы электроснабжения”, 25-26 ноября 2021 г. – Ташкент. 2021. – С.23-25.

30. Авезова Н.Р., Самиев К.А. Энергосбережение пассивных систем солнечного отопления с системами стены Тромба в южной климатической зоне Узбекистана // “Қайта тикланадиган энергия манбалари: илмий тадқиқотлар, инновацион технологиялар ва ишланмалар” Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами, 16-17 октябрь 2020й. –Қарши. 2020. –27-30 б.

31. Авезова Н.Р., Авезов Р.Р., Самиев К.А. Модификация модели Хотгеля-Уиллера-Блисса для пассивных систем солнечного отопления // “Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг жорий ҳолати ва истиқболлари” Республика микёсидаги илмий-амалий конференция материаллари тўплами, 22-23 апрель 2020й. –Наманган. 2020. –121-123 б.

32. Самиев К.А. Техничко-экономические показатели стены Тромба // труды международной конференции “Фундаментальные и прикладные вопросы физики”, 22-23 сентября 2020г. –Ташкент. 2020. –С.112-117.

33. Akhatov J.S., Samiev K.A. Study of the Performance of Greenhouse with Short Term Heat Storage and Night Insulation // 30th ISES Biennial Solar World Congress, 28.08-2.09.2011y. –Kassel. 2011. –P.1881-1884.

Avtoreferat “Geliotexnika” ilmiy jurnali tahririyatida  
tahrirdan o'tkazildi va uning o'zbek, rus va ingliz (tezis) tillardagi  
matnlari mosligi tekshirildi. (12.07.2023 yil)

Bosishga ruxsat etildi: «\_\_\_»\_\_\_\_\_2023 yil.  
Bichimi 60x45 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. «Times New Roman»  
garnitura raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog'i \_\_\_\_\_. Adadi 100 nusxa. Buyurtma \_\_\_\_\_.

O'zbekiston Respublikasi IIV Akademiyasi,  
100197, Toshkent shahri, Intizor ko'chasi, 68.

«AKADEMIYA NOSHIRLIK MARKAZI» DUK