

**BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/2025.28.11.T.16.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

FARG‘ONA DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

TURSUNOV DONIYOR ABDUSALIMOVICH

**BINOLARNING ISITISH-SOVITISH TIZIMIDAGI ENERGIYA
SAMARADORLIGINI OSHIRISH**

05.05.01 – Energetika tizimlari va majmualari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Farg‘ona – 2025

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

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

**Contents of dissertation of Doctor of Philosophy (PhD)
on Technical Sciences**

Tursunov Doniyor Abdusalimovich

Binolarning isitish-sovitish tizimidagi energiya samaradorligini
oshirish 3

Турсунов Дониёр Абдусалимович

Повышение энергоэффективности систем отопления и охлаждения
зданий..... 23

Tursunov Doniyor Abdusalimovich

Increasing the energy efficiency of the heating-cooling system of
buildings..... 43

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ
List of published works 47

**BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/2025.28.11.T.16.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

FARG‘ONA DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

TURSUNOV DONIYOR ABDUSALIMOVICH

**BINOLARNING ISITISH-SOVITISH TIZIMIDAGI ENERGIYA
SAMARADORLIGINI OSHIRISH**

05.05.01 – Energetika tizimlari va majmualari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Farg‘ona – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/T4233 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Farg'ona davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Buxoro davlat texnika universiteti huzuridagi Ilmiy Kengashning veb-sahifasida (www.bstu.uz) va "ZiyoNet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyo.net) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Jabborov To'lqin Kamolovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Qarshiboyev Asqar Ilashevich
texnika fanlari doktori, professor

Xudayarov Muzaffar Burxonovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Toshkent davlat transport universiteti

Dissertatsiya himoyasi Buxoro davlat texnika universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/2025.28.11.T.16.01 raqamli Ilmiy kengashning 2026 yil 17 yanvar soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 200117, Buxoro shahri, Qayum Murtazoyev ko'chasi 15-uy, Tel.: (+998-65) 223-78-84; e-mail: info@bstu.uz).

Dissertatsiya bilan Buxoro davlat texnika universitet Axborot - resurs markazida tanishish mumkin (№ ____ raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 200117, Buxoro shahri, Qayum Murtazoyev ko'chasi 15-uy, Tel.: (+998-65) 223-78-84).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil 29 dekabr kuni tarqatildi.

(2025 yil 27 dekabrda 5 raqamli reyestr bayonnomasi).



N.N. Sadullayev

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor

U.K. Mirxonov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash ilmiy
kengash kotibi, texnika fanlari bo'yicha falsafa
doktori (PhD), dotsent

K.A. Samiyev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori,
professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda ijtimoiy ahamiyatga ega binolarning mikroiklimini ta'minlash tizimlarining energiya samaradorligi masalalari hozirgi vaqtda fan va amaliyotning eng dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi va bunday tadqiqotlar energiya tejash nuqtai nazaridan yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. Chunki inson hayotini optimallashtirish tizimlari isitish, ventilyatsiya, konditsionerlik, sovuq va issiq suv ta'minoti hamda boshqa energiyani ko'p talab qiladigan quyi tizimlarni o'z ichiga oladi. Dunyo miqyosida (179 ta davlat) 2020–2021 yillar davomida elektr energiyasining umumiy yakuniy (foydali) iste'moli 23 734 mlrd kV·soatni tashkil etgan. 2020-yilga kelib, 1992-yilga nisbatan umumiy foydali iste'mol 5,5 foizga oshgan. 2021-yilda esa 1992-yilga nisbatan elektr energiyasi iste'molining eng katta o'sishi Osiyo va Okeaniya mintaqalarida 5,1 baravarga yetgan. Hozirgi kunda binolarni isitish va sovitishga sarflanayotgan elektr energiyasi jami iste'molning 50–55 foizini tashkil etmoqda¹.

Jahonda binolarni isitish-sovitish tizimlariga energiya tejovchi va samarali qurilmalarni joriy qilish, shuningdek, ekologik toza, zamonaviy va ilg'or texnologiyalarni qo'llagan holda ularning boshqaruv tizimlarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlari faol olib borilmoqda. Shu doirada binolarni isitish va sovitish tizimlarida energiya samaradorligini oshirish, iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning resurslardan oqilona foydalanishini ta'minlash, energiya tejovchi texnologiyalarni keng joriy etish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini tatbiq etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ushbu tadqiqotlar nafaqat energiya tejashni, balki binolarni ekologik xavfsiz va barqaror energiya tizimlari bilan ta'minlashni ham maqsad qilgan bo'lib, zamonaviy energiya strategiyalarini amalga oshirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Respublikamizda energiya samaradorligi va yashil iqtisodiyotga o'tish yo'lida duch kelinayotgan qiyinchiliklar hamda mavjud imkoniyatlarni o'rganishga bag'ishlangan hisobotda eng dolzarb ekologik va boshqa xavflar aniqlangan, ular yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilgan². Shu bilan birga, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2024-yil 19-oktabrdagi 690-sonli qarori ("Yoqilg'i-energetika resurslari iste'molchilarini hamda bino va inshootlarni energiya iste'molini energiya auditidan o'tkazish tartiblarini belgilash to'g'risida")³ doirasida muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarning amalga oshirilishida, jumladan, "Bino va inshootlarni energiya iste'molini energiya auditidan o'tkazish tartibi to'g'risidagi nizom" va 2024-yil 1-noyabrdan boshlab foydalanish maydoni 200 kvadrat metrdan ortiq bo'lgan bino va inshootlarning energiya samaradorligi toifasini aniqlash kabi chora-tadbirlar muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-sonli "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida" va 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-sonli "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo'yicha tezkor

1 <https://uzeltech.uz/uz/> elektrotexnika jihozlarining energiya iste'moli va uni tejash yo'llari.

2 <https://thediplomat.com>. O'zbekistonning yashil iqtisodiyotga o'tishi: muammolar va imkoniyatlar

3 <https://www.lex.uz>. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining qarori, 19.10.2024 yildagi 690-son

chora-tadbirlari to'g'risida"⁴ qarorlari hamda mazkur faoliyatga oid boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishiga mosligi. Dissertatsiya ishi bo'yicha tadqiqotlar Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining II ustuvor yo'nalishi "Energetika, energiya va resurs tejamlorlik" ga mos keladi.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Binolarni isitish-sovitish tizimida energiya tejovchi qurilmalarni joriy qilish, ekologik toza va zamonaviy qurilmalardan foydalanish bo'yicha ilmiy izlanishlar jahonning yetakchi ilmiy markazlari va oliy ta'lim muassasalari, jumladan Budapest Tech Polytechnical Institution (Vengriya), John Hopkins University (Angliya), United Nations University (Yaponiya), International Institute of Management-University (Germaniya), Shanghai Jiao Tong University (Xitoy), Tsinghua University (Xitoy), Harvard University (AQSH), Moskva energetika institutlarida keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Isitish-sovitish tizimida energiya samaradorlikni oshirishga qaratilgan ilmiy muammolarni yechishga bir qator xorijiy olimlar katta hissa qo'shishgan. Misol uchun Olga Yuriyevna Kryuchkova - Markaziy konditsioner tizimlarining energiya sarfini hisoblash uchun ehtimollik-statistik iqlim modelini ishlab chiqqan. Oleg Yanovich Kokorin - Zmonaviy konditsioner tizimlarini xar bir tuzilmalar uchun alohida tizimlarini ishlab chiqqan, Baymachev Yevgeniy Eduardovich - Binolarning mikroiklimini saqlash uchun uslubiy va dasturiy ta'minotini ishlab chiqqan. Hamda L.G. Starkova, E.Yu. Anisimova, Yu.S. Solnishkova, V.A. Baum, R. Bayramov kabi olimlar ham misol bo'la oladi.

Respublikamizda energetika tizimlarining samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish bo'yicha ilmiy muammolarni hal qilishda quyidagi olimlar: R.A. Zaxidov, T.X. Nasirov, Q.R. Allayev, X.M. Muratov, Sh.V.Xamidov, A.D Taslimov, O.X. Ishnazarov, M.B Xudayarov, Yo.S. Abbosov va S.F. Ergashevlar o'z hissalarini qo'shganlar. Binolarni isitish va sovitishda energiya tejamlorligiga erishish va energiya samaradorligini oshirish muammolarini hal qilishga bag'ishlangan tadqiqotlar, ushbu tizimdagi qurilmalarni takomillashtirish hamda past quvvatli elementlardan foydalanish orqali foydali ish koeffitsiyentini oshirishga bevosita bog'liq.

Muvaffaqiyatlarga qaramay, binolarni isitish va sovitishda energiya samaradorligini oshirish, mavjud usullarni takomillashtirish va yangi usullarni yaratish bo'yicha yetarlicha izlanishlar olib borilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan ilmiy tadqiqot muassasasining ilmiy tadqiqotlar ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Farg'ona politexnika instituti ilmiy-tadqiqot izlanishlari va Innovatsion rivojlanish vazirining 2021-yil 5-avgustdagi 205-son buyrug'i 3-ilovasi "Infratuzilma obyektlari uchun energiya tejamlor "Climat control pardalari" ishlab chiqarish" (2021-2022) tijoratlashtirishga tayyorlash loyihasi doirasida amalga oshirilgan.

Tadqiqot maqsadi ma'muriy binolarning isitish-sovitish tizimidagi energiya samaradorligini oshirishdan iborat.

4 <https://gov.uz/uz/minenergy/uz/news/view/1523> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422 "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora tadbirlari to'g'risida" qarori

Tadqiqot vazifalari:

elektr va issiqlik yuklamalarini hisobga olgan holda iste'mol energiyasini aniqlash va fizik ish faoliyat koeffitsienti (F.I.K) ni baholash imkonini beruvchi tenglamalar tizimini tuzish;

real vaqt rejimidagi ishlashni modellashtirish orqali tizimning dinamik o'zgarishlarini aniqlash va optimallashtirish;

energetika majmualarida tajribaviy o'lovlar asosida issiqlik va elektr energiyasi samaradorligini aniqlash;

qurilmaning elektr energiyasidan samarali foydalanishini ta'minlovchi prinsipial blok sxemani ishlab chiqish va uni tajribada sinash uchun namuna yig'ish;

energiya tizimida yuklamalarni avtomatik boshqarish, issiqlik va sovitish jarayonlarini real vaqt rejimida optimallashtirish uchun dasturiy ta'minotni ishlab chiqish;

Tadqiqot obyekti sifatida ijtimoiy ahamiyatga ega ma'muriy binolarning isitish-sovitish qurilmasi.

Tadqiqotning predmeti. Tadqiqotning predmetini energiya samaradorligini oshirish maqsadida qurilmasi ish jarayonlarini ifodalovchi analitik bog'lanishlar va matematik modellar, qurilmaning konstruktiv-parametrik xususiyatlari, ish rejimlari hamda ularning termodinamik, issiqlik almashinuv va elektr jarayonlariga bog'liqlik qonuniyatlari, shuningdek. tadqiqot doirasida energiyaning saqlanish qonuni, fotoeffekt hodisasi, elektrostatik va elektrodinamik qonunlar hamda "Thumb" qoidasining amaliy ahamiyati hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida matematik modellashtirish nazariyasi, eksperimental tadqiqotlar, termodinamik jarayonlarni tahlil qilish, issiqlik balansi va energiya samaradorligini baholovchi empirik tenglamalar tuzish, termografiya usuli yordamida issiqlik tarqalishini aniqlash, ma'lumotlarni qayta ishlashda matematik statistika metodlari hamda iqtisodiy samaradorlikni baholash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Energiya samarador isitish-sovitish qurilmasining elektr energiya iste'molini hisobga olgan holda uning F.I.K ni aniqlash imkonini beruvchi matematik modeli ishlab chiqilgan;

Sovitish rejimida energiya tejamkorlikka erishish imkonini beruvchi, an'anaviy va noan'anaviy elektr energiya manbalari asosida "Climat control" qurilmasining energiya samarador struktura sxemasi ishlab chiqilgan;

Ekspluatatsion va energetik ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'liqlikni hisobga olgan holda havoni mo'tadillash qurilmasining energiya tejamkorligini aniqlash imkonini beruvchi empirik tenglamasi takomillashtirilgan;

Havoni mo'tadillash qurilmasiga tashqi ta'sir etuvchi omillarni hisobga olgan holda samaradorlikni aniqlovchi immitatsion model ishlab chiqilgan;

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

an'anaviy va noan'anaviy elektr energiyasini taqsimlash qurilmasi orqali Pelte samarasi va past quvvatli elementlardan foydalangan holda qurilma sxemasi ishlab chiqilgan.

murakkab zanjirli sxemani sodda sxemaga almashtirish orqali energiya samarador "Climat control" qurilmasi ishlab chiqilgan.

isitish-sovitish tizimida yangi qurilmaning texnik iqtisodiy ko'rsatkichlari asosida

energiya samaradorligi ilmiy asoslangan.

empirik tenglamani inobatga olgan holda qurilmaning ishlash algoritmi ishlab chiqilgan.

isitish-sovitish qurilmasining empirik tenglamasini inobatga olgan holda qurilmaning “modelga asoslangan” imitatsion modeli joriy qilingan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Zamonaviy metrologik attestatsiyadan o'tgan o'lchov asboblari va dasturlarining, ma'lumotlarni qayta ishlashning ilg'or matematik usullari va me'yoriy hujjatlarda ko'rsatilgan tadqiqot uslublarining qo'llanilganligi, shuningdek, nazariy va eksperimental natijalarning o'zaro mos kelishi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati qurilmaning elektr energiya iste'mol qilayotgan miqdorini aniqlash imkonini beruvchi matematik ifoda olinganligi va algoritmi ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati energiya samarador qurilmaning tajriba namunasi ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Binolarning isitish-sovitish tizimidagi energiya samaradorligini oshirish bo'yicha olingan ilmiy natijalari asosida:

Yarim o'tkazgichli, past quvvatli elementlar yordamida isitish-sovitish tizimining energiya samaradorligini oshiruvchi qurilma sxemasi ishlab chiqildi va “HETK” AJ Qashqadaryo hududiy filialida joriy qilingan (“Hududiy elektr tarmoqlari korxonasi” AJ ning 2024-yil 11-mart sanasidagi 01-05-20/107-sonli ma'lumotnomasi). Natijada binolarning sovitish tizimidagi qurilmalarning elektr energiya iste'mol miqdorini “Climat control” qurilmasini qo'llash orqali ma'muriy binolarning sovitish tizimidagi energiya samaradorligi yillik 3000 kW·h energiya tejash imkoniyati yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 7 ta, ilmiy-amaliy anjumanlar, shu jumladan 2 ta xalqaro, 5 ta Respublika anjumanlarida, hamda Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” milliy tadqiqot universiteti “Energetika” fakulteti “Elektr ta'minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari” kafedrasida 2025-yil 17-fevral sanasida aprobatsiyadan o'tkazilgan.

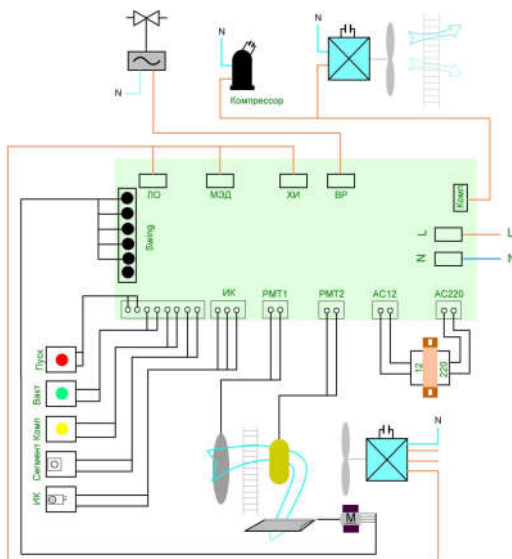
Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 18 ta ilmiy ish, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 6 ta ilmiy maqola, shundan, 3 ta xorijiy va 3 ta mahalliy jurnallarda chop etilgan. 5 ta EHM dasturi uchun guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya tarkibi kirish, 4 ta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 109 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning kirish qismida tanlangan mavzuning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, obyekti va predmeti tavsiflangan, ularning respublika fan va texnologiyalarini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati yoritib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

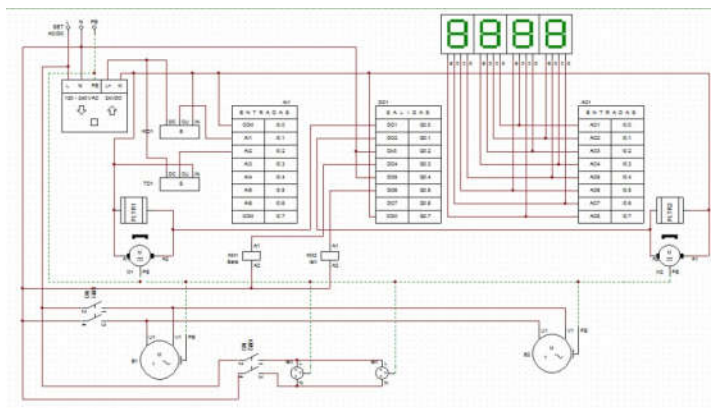
Dissertatsiyaning “**Binolarning isitish-sovitish tizimidagi muammolar tahlili**” deb nomlangan birinchi bobida isitish va sovitish tizimidagi muammolar, mavjud qurilmalar va usullar tahlil qilingan.



1-rasm. Konditsioner qurilmasining struktura sxemasi

Binolarni isitish va sovitish tizimidagi energiya samaradorligini oshirishni inobatga olgan holda, olib borilgan ilmiy tahlil asosida dissertatsiya ishining maqsad va vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiyaning **“Climat control” qurilmasini energiya samaradorligini asoslashda matematik modelini shakllantirish** deb nomlangan II bobda “Climat Control” qurilmasining struktura sxemasi, issiqlik jarayonlarini matematik jihatdan ifodalovchi model va hisoblash algoritmi ishlab chiqildi. Model asosida harorat oʻzgarishiga bogʻliq elektr energiyasining sarfi differensial tenglama koʻrinishida ifodalandi. Ushbu matematik modelda dT/dt vaqt boʻyicha harorat oʻzgarishi asosiy oʻzgaruvchi sifatida qabul qilinib, energiya sarfi shu asosda baholandi.



2-rasm. “Climat control” qurilmasining struktura sxemasi

Tajribaviy o‘lchov natijalariga asoslanib, empirik tenglama shakllantirildi va unda nazariy parametrlar o‘rniga $K_1 - K_3$ empirik koeffitsientlar kiritildi. Bu koeffitsientlar ko‘p o‘zgaruvchili regressiya usuli yordamida aniqlanib, modelning amaliy mosligi statistik jihatdan validatsiya qilindi.

Birlik vaqt ichida ketgan energiyani foydali issiqlik miqdori orqali ifodalangan va qurilmaning matematik ifodasi ishlab chiqilgan.

$$W_{el.en} = \frac{cpabh(T_2 - T_1)}{k_{isit.f.i.k}k_{is}} \quad (1)$$

“Climat control” qurilmasining sovitish tizimidagi, ham isitish tizimidagi ketma-ketlik asosida matematik ifodasi ishlab chiqilgan.

$$W_{el.en} = \frac{cpabh(T_2 - T_1)}{k_{sov.f.i.k}k_{sov}} \quad (2)$$

Issiqlik jarayonlarini tahlil qilish uchun ko‘p faktorli empirik model tuzish usuli, uning matematik asoslari va statistik baholash usullari keltirilgan. Model qurilma orqali harorat va energiya o‘zgarishini aniqlashda qo‘llaniladi:

$$\frac{dT}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{T(t + \Delta t) - T(t)}{\Delta t} \quad (3)$$

Amaliy model uchun vaqt oralig‘i $\Delta t = 2$ soat deb qabul qilinsa:

$$\frac{dT}{dt} \approx \frac{T(t + \Delta t) - T(t)}{7200} \quad (4)$$

Shu asosda energiya sarfini ifodalovchi tenglama differensial shaklga ega bo‘ladi:

$$\frac{dW_{el.en}}{dt} = \frac{cpabh}{k_{oqim.f.i.k} \cdot k_{foydali}} \cdot \frac{dT}{dt} \quad (5)$$

“Climat Control” qurilmasi uchun tuzilgan nazariy tenglama empirik tenglama shakliga o‘tkazilganda, fizik parametrlar o‘rniga tajriba ma’lumotlariga asoslangan koeffitsientlar, ya’ni empirik ko‘rsatkichlar kiritiladi. Bu usul tizimning real ish sharoitida harorat, energiya sarfi va samaradorlik kabi parametrlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashtirish imkonini beradi. Empirik model qurilmada kuzatilgan fizikaviy hodisalarni statistik yondashuv asosida ifodalashga xizmat qiladi va nazariy hisoblashlarning eksperiment natijalariga yaqinlashishini ta’minlaydi.

1-jadval

Tavsiya etiladigan empirik koeffitsientlar

Nazariy parametr	Empirik koeffitsient	Izoh	Boshlang‘ich oraliq
$cpabh$	K_1	Hajmiy issiqlik sig‘imi va o‘lchamlar o‘rniga	[500, 3000]
$k_{oqim.f.i.k} \cdot k_{foydali}$	K_2	Qurilma samaradorliklari o‘rniga	[0.01, 0.10]
$\frac{dT}{dt}$	K_3	Harorat o‘zgarish tezligi uchun vazn	[0.1, 1.0]

Model quyidagi ko‘p faktorli tenglama shaklida ifodalanadi va issiqlik jarayonlarining dinamikasini tavsiflaydi:

$$\frac{dW_{el.en}}{dt} = K_1 \cdot \frac{dT}{dt} + K_2 \cdot T + K_3 \quad (6)$$

Agar model ko'paytma shaklida berilgan bo'lsa, masalan: $y = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots$, u holda logarifmlash orqali uni chiziqli regressiya ko'rinishiga keltirish mumkin:

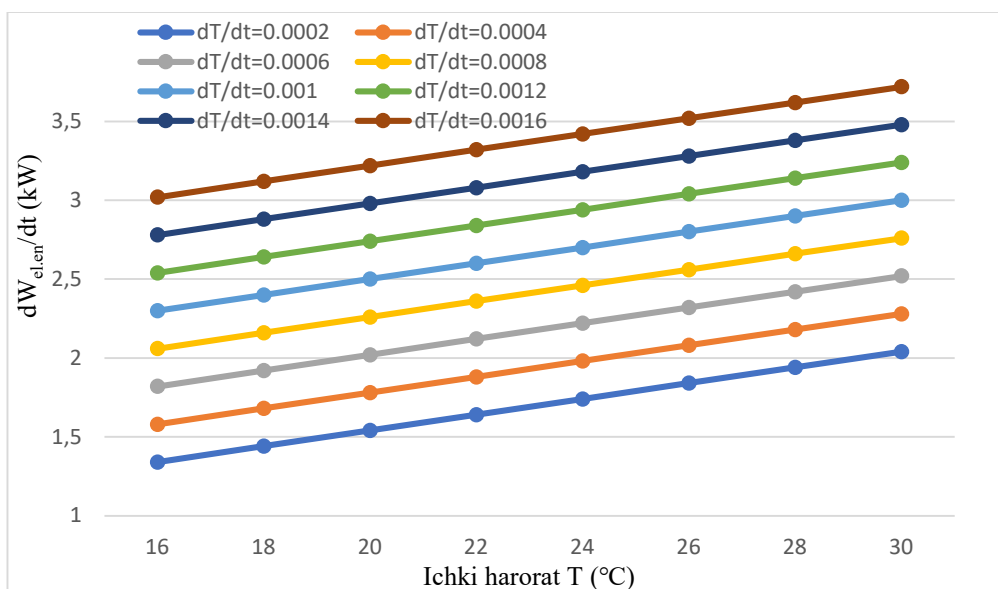
$$\ln \frac{dW_{el.en}}{dt} = \ln a + b_1 \ln \frac{dT}{dt} + b_2 \ln T \quad (7)$$

Yakuniy empirik model:

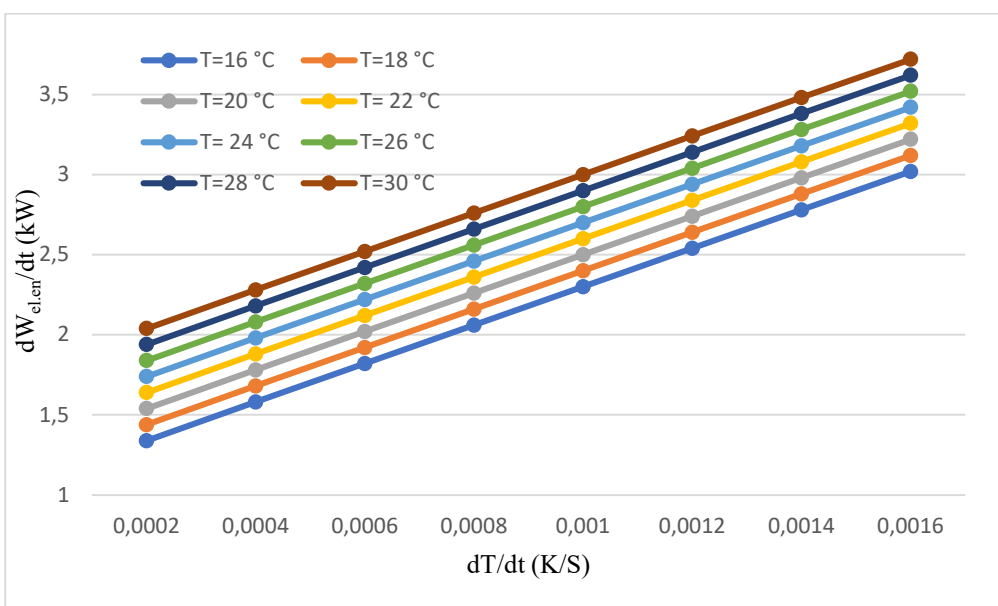
$$\frac{dW_{el.en}}{dt} = K_1 \cdot \frac{dT}{dt} + K_2 \cdot T + K_3 \quad (8)$$

Ushbu empirik tenglama asosida qurilmaning ishlashi modellashtirildi. 3 va 4-rasmlar orqali energiya sarfi harorat va uning o'zgarish tezligiga bog'liqligi, shuningdek, modelning QMQ 2.01.04-2018 va SHNQ 2.01.01-2022 normativ me'yorlariga muvofiqligi tahlil qilinadi.

Grafiklarda empirik model asosida energiya sarfi haroratning vaqt bo'yicha o'zgarishi va ichki harorat o'zgaruvchilariga bog'liq holda qurilgan. Modellar qurilmaning energiya samaradorligini baholash va normativ me'yorlarga muvofiqligini tekshirish imkonini beradi.

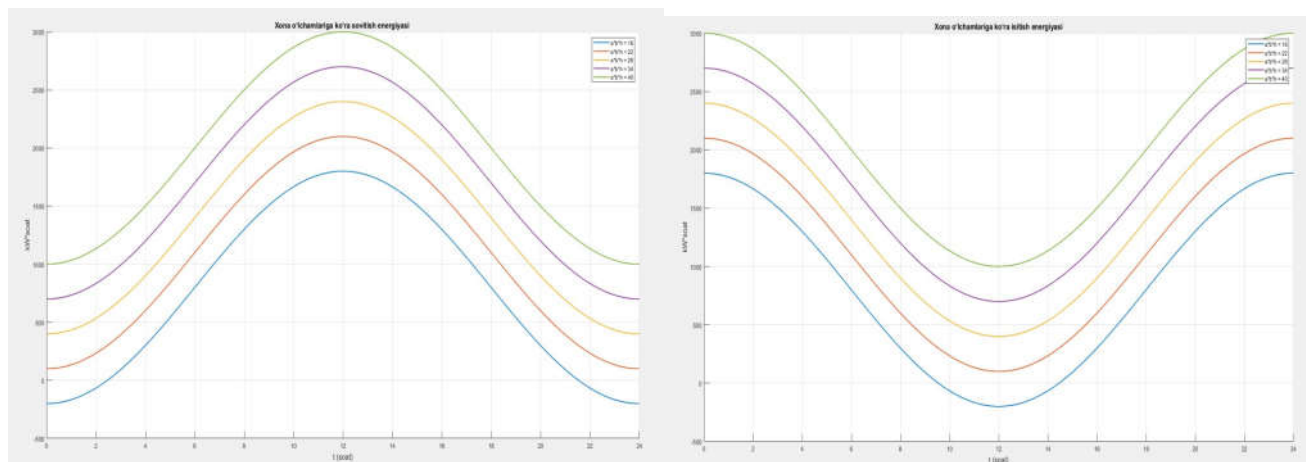


3-rasm. Ichki harorat bo'yicha energiya sarfi



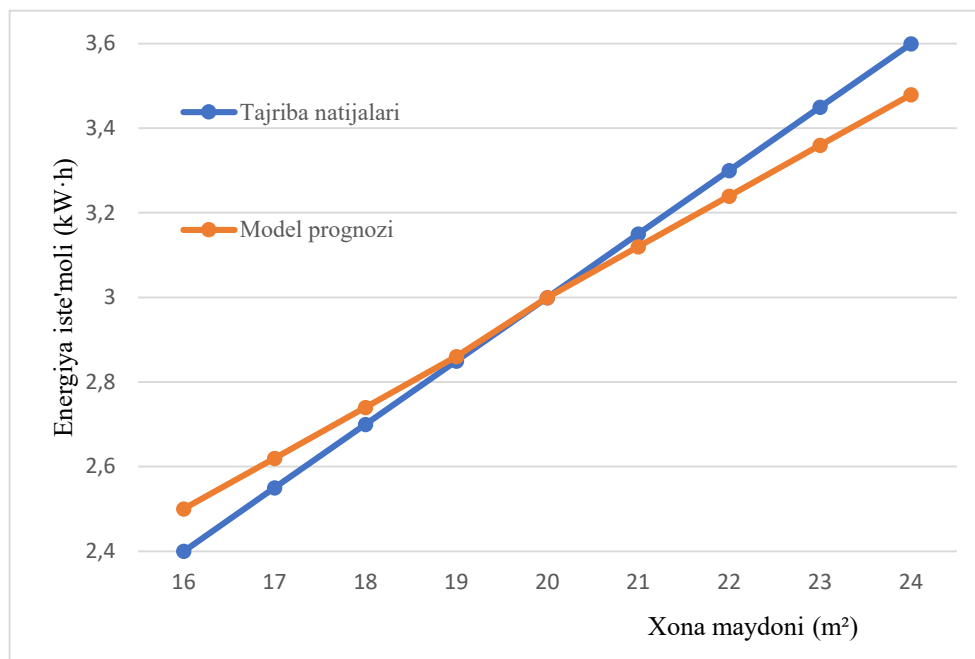
4-rasm. Harorat o'zgarishi tezligi bo'yicha energiya sarfi

Isitish-sovitish tizimining elektr energiya iste'moli eksperiment natijalari asosida matlab muhiti orqali modellashtirildi. Grafiklar turli boshlang'ich haroratlarda sovitish energiyasining xona maydoniga nisbatan o'zgarishini ko'rsatadi.



5-rasm. Xona o'lchamlarining o'zgarishi bo'yicha sovitish va isitish tartibidagi energiya iste'moli

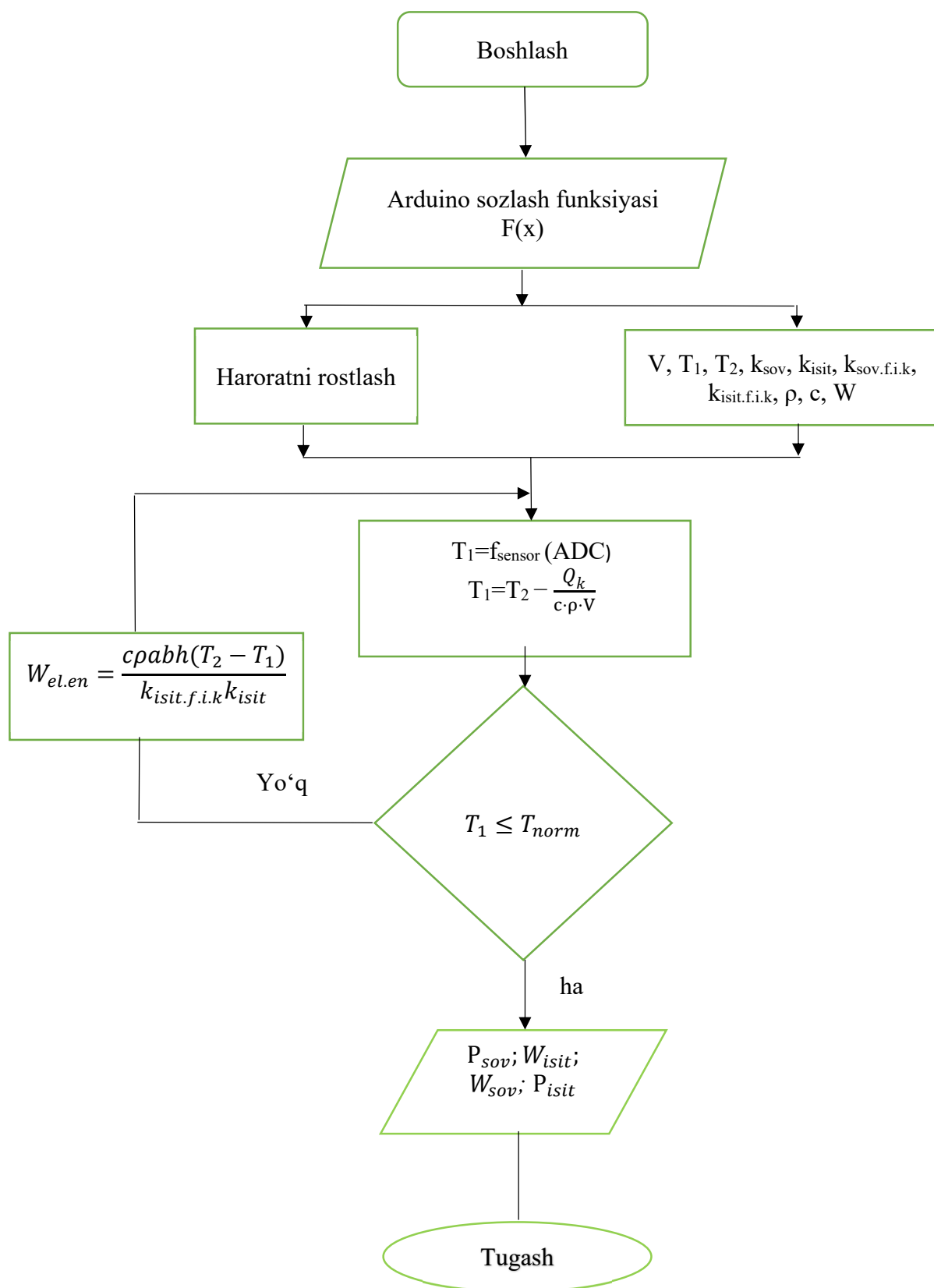
Validatsiya uchun tajriba davomida isitish-sovitish tizimining energiya sarfining real o'lchovlari matematik modelning natijalari bilan taqqoslandi. Ushbu jarayonni amalga oshirishda determinatsiya koeffitsienti va o'rtacha qoldiq kvadrati kabi statistik ko'rsatkichlar hisobga olindi.



6-rasm. Model va amaliy natijalar o'rtasidagi solishtirma grafik

Natija shuni ko'rsatdiki, hisoblangan $R^2 = 0.9722$ ga tengligi modelning yuqori aniqlikda ishlayotganini anglatadi. O'rtacha qoldiq kvadrati MRS modelning har bir nuqtada o'rtacha $0.01 \text{ kW} \cdot \text{m}^2$ kvadrat xatolik bilan ishlamoqda.

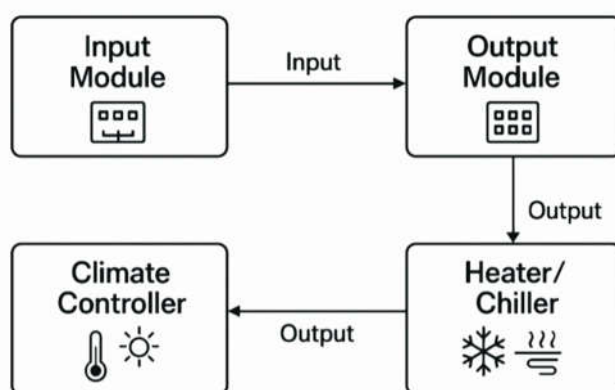
Algoritmallashtirish asosida muvozanatni saqlovchi va energiya samaradorligini oshiruvchi boshqaruv mexanizmi yaratildi. Bosqichma-bosqich ishlab chiqilgan algoritmlar real vaqt rejimida tizimning harorat va energiya dinamikasini modellashtirdi.



7-rasm. “Climat control” qurilmasini ishlash algoritmi

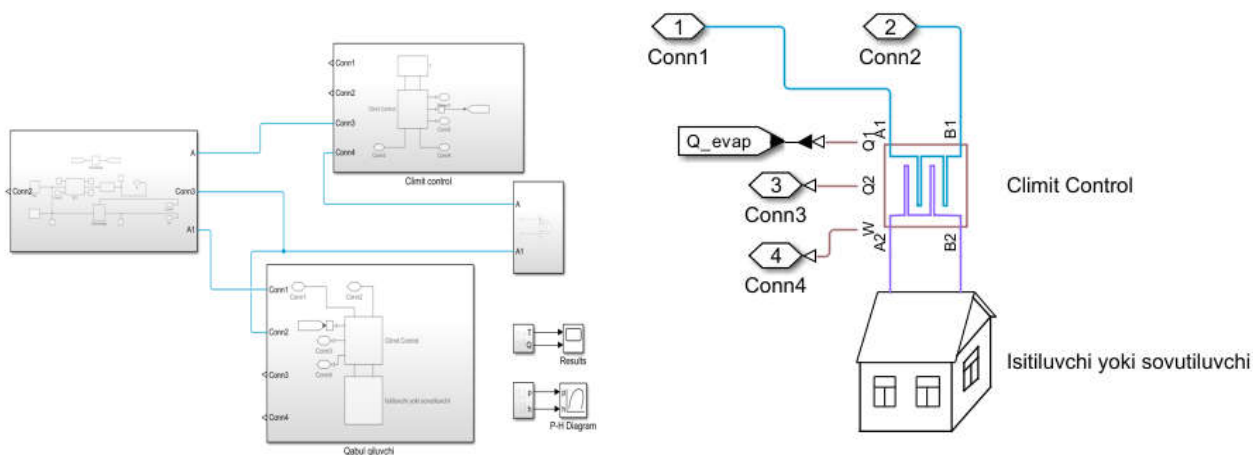
Mazkur algoritm binolarda, texnologik qurilmalarda, sanoat isitish-sovitish tizimlarida real vaqtda monitoring, avtonom boshqaruv va energiya sarfini tahlil qilish uchun qo'llanilishi mumkin. U sensorli tizimlar bilan integratsiyalashib, ma'lumotlarni serverga uzatish, grafik ko'rinishda tahlil qilish, nosozliklarni avtomatik aniqlash kabi funksiyalarni ham qo'llab-quvvatlashi mumkin.

Dissertatsiyaning **“Climat control” qurilmasining tajriba namunasini ishlab chiqish va tadqiqotlar o‘tkazish** deb nomlangan III bobda xonani iqlimini mo‘tadillashtiruvchi isitish-sovitish tizimiga ega **“Climat control”** qurilmasi ishlab chiqilib, turli tashqi harorat va xona o‘lchamlarida eksperimental tadqiqotlar o‘tkazilib, natijalar nazariy hisoblar bilan taqqoslandi. Qurilmaning turli yuklama va harorat sharoitlarida issiqlik va elektr energiyasi samaradorligini baholash hamda optimallashtirish uchun immitatsion matematik model ishlab chiqildi. Model boshqaruv parametrlarining tizim ishiga ta’sirini tahlil qilish va tajriba natijalari bilan solishtirish orqali $R^2 > 0,95$ aniqlik darajasida tasdiqlandi. Immitatsion model qurilmaning samaradorligini oldindan baholash va optimallashtirilgan boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish imkonini beradi.



8-rasm. Immitatsion modelning struktura sxemasi

Modelni ishlab chiqishda 8-rasmda keltirilgan struktura sxemasi ketma-ketligi asosida isitish va sovitish ko‘rsatkichlari hisobga olindi. Harorat (t , °C) - tizimga kiruvchi va chiquvchi issiqlik uzatuvchining harorati asosiy boshqaruv parametri sifatida olingan. Bu parametr asosida isitish yoki sovitish jarayonining faolligi aniqlandi. Energiya sarfi (P , kW) bu parametr orqali tizimning umumiy energiya ishlatish ko‘rsatkichi real vaqt rejimida tahlil qilish imkonini berdi.



9-rasm. “Climat control” qurilmasining model ko‘rinishi

9-rasmda **“Climat Control”** qurilmasi isitish yoki sovitish tizimlarida energiya oqimini boshqarish va tartibga solish vazifasini bajaruvchi nazorat modulining

immitatsion modeli keltirilgan. Ushbu qurilma real fizik jarayonlarni raqamli simulyatsiya qilish imkonini beruvchi immitatsion model orqali tahlil qilindi. Model MATLAB/Simulink muhitida yaratilgan bo‘lib, komponentlar o‘rtasidagi isitish va sovitish tizimini ishlash holatlarining dinamikasini o‘rganishga imkon berdi.

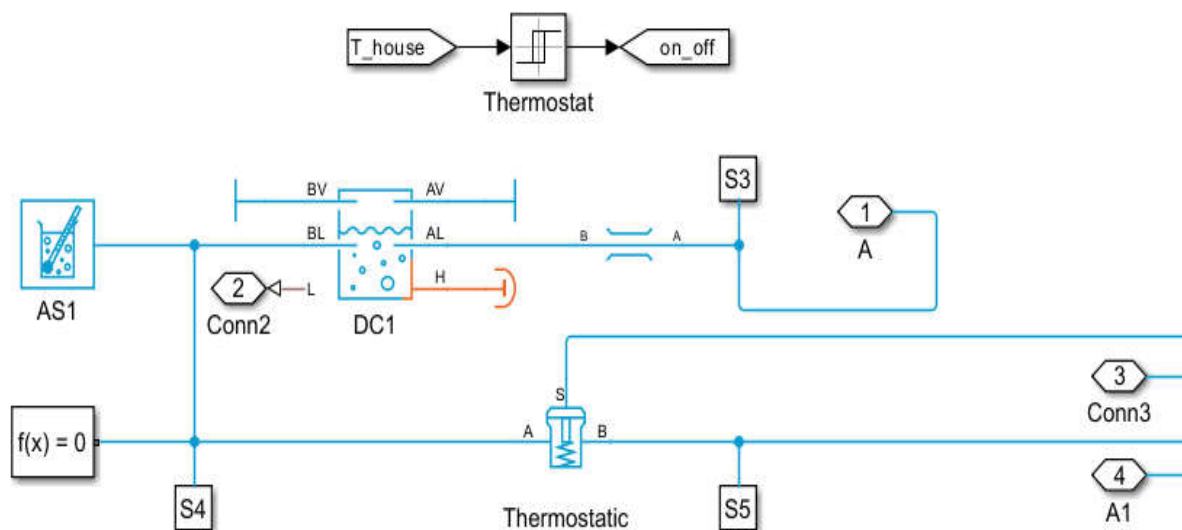
2-jadval

Belgilanishi	Nomlanishi	O‘lchov birligi
T_1	Tashqi harorat	$^{\circ}\text{C}$
T_2	Talab qilingan (ichki) harorat	$^{\circ}\text{C}$
C	Havoning solishtirma issiqlik sig‘imi	$1.005 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$
a va b	Xona uzunligi va eni	m
h	Xona balandligi	m
$k_{\text{sov.f.ish}}$	Sovitishning foydali ish ko‘effitsiyenti	—
$k_{\text{isit.f.ish}}$	Isitishning foydali ish ko‘effitsiyenti	—
k_{is}	Isitish tizimidagi quvvat yo‘qotilishi ko‘effitsiyenti	—
k_{sov}	Sovitish tizimidagi quvvat yo‘qotilishi ko‘effitsiyenti	—
m	Havo oqim massasi	kg/s
ΔT	Havo haroratining o‘zgarishi	$^{\circ}\text{C}$

Ushbu tizim fizik parametrlar asosida real vaqt rejimida haroratni tartibga soladi va energiya samaradorligini oshiradi. Model yuqoridagi fizik kattaliklar asosida shakllantirilgan bo‘lib, ular tizimning issiqlik va energiya samaradorligini matematik jihatdan ifodalaydi.

Ushbu modelda kondensatsiya natijasida hosil bo‘lgan issiqlik bir qancha ifodalarga asosan chiqariladi.

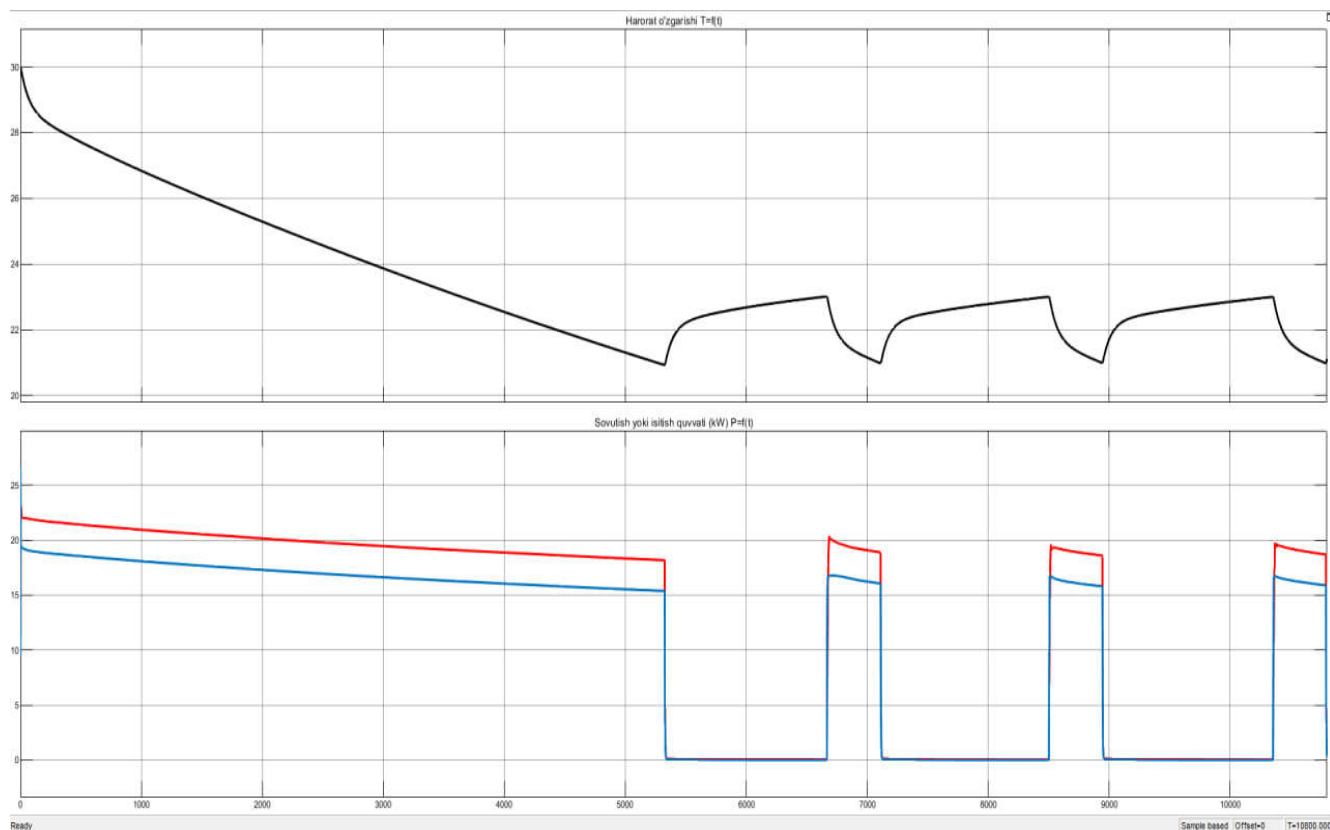
Sovituvchi elementning harakat yo‘nalishi aniqlangan ($B1 \rightarrow B2$, $A1 \rightarrow A2$).



10-rasm. “Climat control” qurilmasining ichki yoyilma tuzilmasi

Tizim haroratga bog‘liq holda yoqish-o‘chirish funksiyasini bajaruvchi termostat asosida ishlaydi. Termostatik boshqaruv elementlari oqim yo‘nalishi, issiqlik oqimi va energetik parametrlarni boshqaradi. Harorat sezgich (Thouse)dan o‘lchangan qiymat

thermostatga uzatilib, on-off signal hosil qiladi va termostatik valni ishga tushiradi. AS1 elementidan issiqlik tashuvchi ko'rsatkichga, Conn2 orqali DC1 issiqlik almashinuv elementiga, chiqish esa Conn3 yoki A1 orqali uzatiladi.



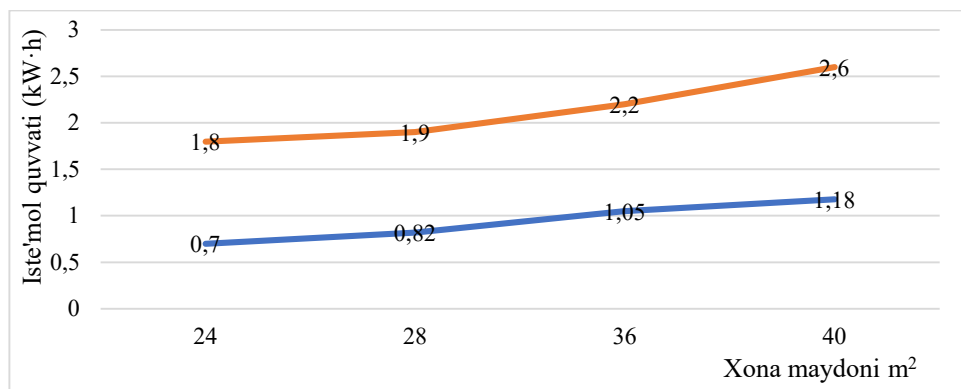
11-rasm. “Climat control” qurilmasining imitatsion modelidan olingan xarakteristika

Eksperiment natijalarini tahlil qilishda mavjud va taklif etilgan qurilmalarning isitish va sovitish rejimlarida elektr energiya sarfi solishtirildi. Full Factorial, Central Composite Design (CCD) va Taguchi metodikasi qo'llanib, tizimning barqarorligi va optimal ish tartiblari aniqlandi. Har bir kombinatsiya bo'yicha empirik ma'lumotlar yig'ilib, issiqlik-energetik samaradorlik ko'rsatkichlari tahlil qilindi. “Climat control” qurilmasining sovitish rejimidagi natijalar jadval va grafiklarda keltirilgan.

3-jadval

Tashqi issiqlikning 25 °C holatdagi darajasi

No	Xona-ning maydoni	Xona-ning balandligi	Tashqi harorat	Kompyuter va televizorlar soni	Xonadagi mavjud odamlar-ning soni	Roison konditsionerining elektr energiya iste'moli	“Climat control” qurilmasining elektr energiya iste'moli
1	24	2,75	25 °C	2	5	1,8 kW·h	0,7 kW·h
2	28	2,75	25 °C	2	5	1,9 kW·h	0,82 kW·h
3	36	2,75	25 °C	2	5	2,2 kW·h	1,05 kW·h
4	40	2,75	25 °C	2	5	2,6 kW·h	1,18 kW·h

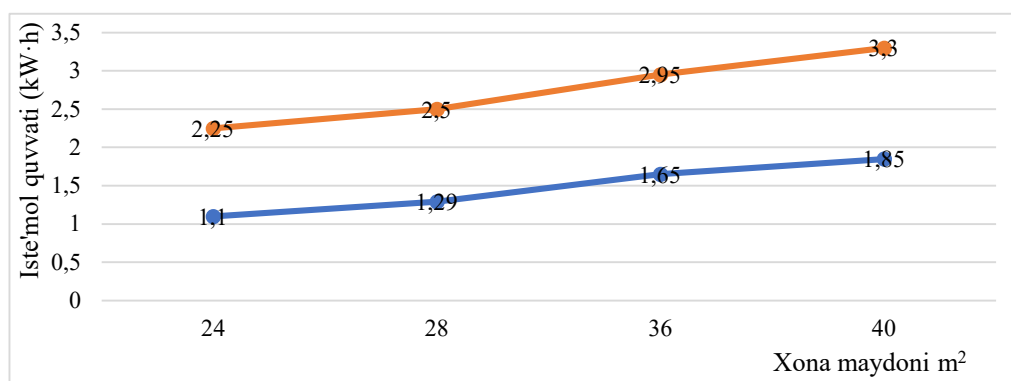


12-rasm. Tashqi issiqlik darajasining 25 °C holatdagi grafigi

4-jadval

Tashqi issiqlikning 30 °C holatdagi darajasi

№	Xona-ning maydoni	Xona-ning balandligi	Tashqi harorat	Kompyuter va televizorlar soni	Xonadagi mavjud odamlar soni	Roison konditsionerining elektr energiya iste'moli	“Climat control” qurilmasining elektr energiya iste'moli
1	24	2,75	30 °C	2	5	2,25 kW·h	1,1 kW·h
2	28	2,75	30 °C	2	5	2,5 kW·h	1,29 kW·h
3	36	2,75	30 °C	2	5	2,95 kW·h	1,65 kW·h
4	40	2,75	30 °C	2	5	3,3 kW·h	1,85 kW·h

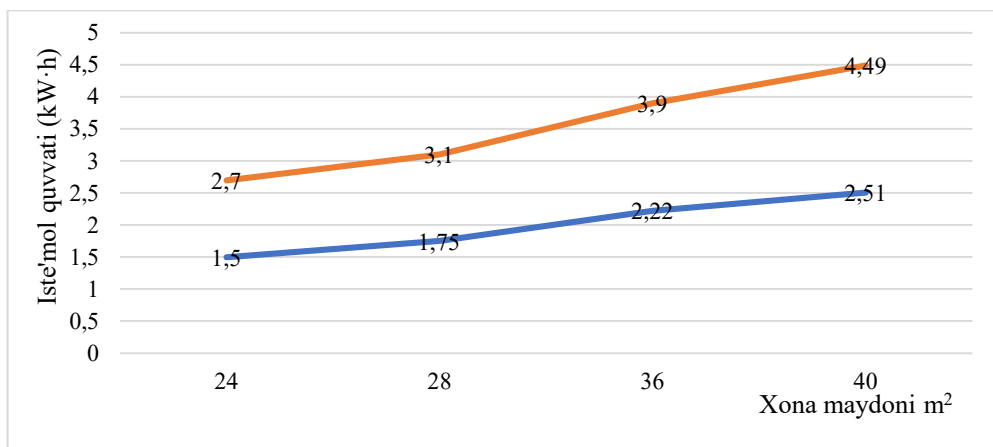


13- rasm. Tashqi issiqlik darajasining 30 °C holatdagi grafigi

5-jadval

Tashqi issiqlikning 35°C holatdagi darajasi

№	Xona-ning maydoni	Xona-ning balandligi	Tashqi harorat	Kompyuter va televizorlar soni	Xonadagi mavjud odamlar soni	Roison konditsionerining elektr energiya iste'moli	“Climat control” qurilmasining elektr energiya iste'moli
1	24	2,75	35 °C	2	5	2,7 kW·h	1,5 kW·h
2	28	2,75	35 °C	2	5	3,1 kW·h	1,75 kW·h
3	36	2,75	35 °C	2	5	3,9 kW·h	2,22 kW·h
4	40	2,75	35 °C	2	5	4,49 kW·h	2,51 kW·h

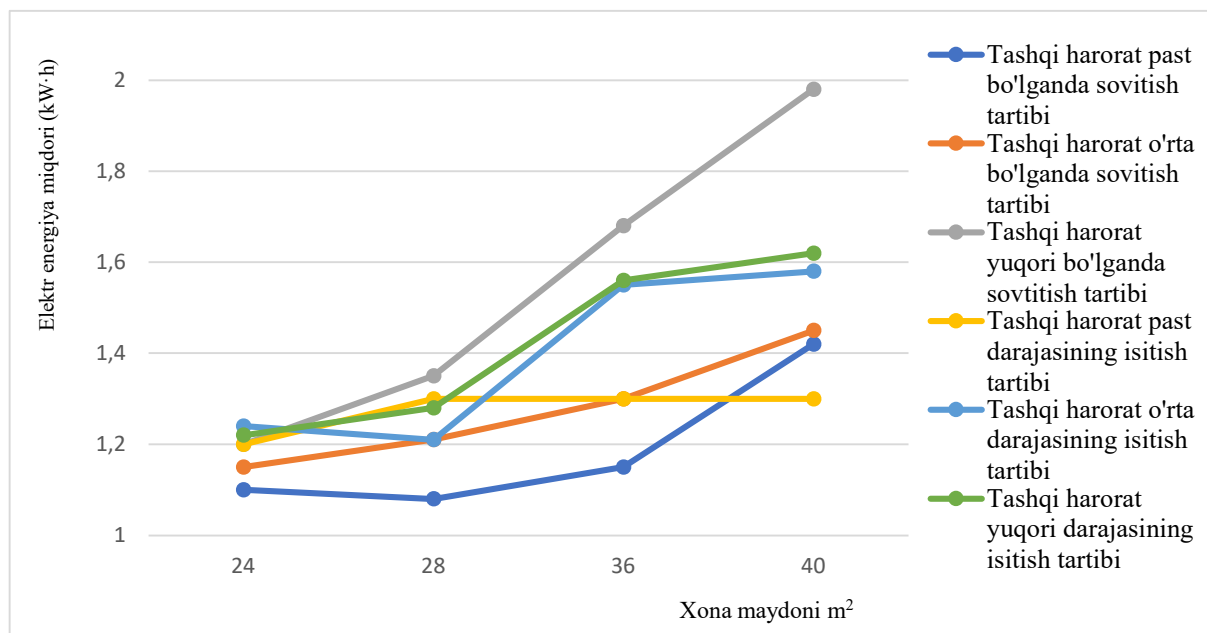


14-rasm. Tashqi issiqlik darajasining 35 °C holatdagi grafigi

O'z o'rnida, "Climat control" qurilmasida isitish tartibida eksperiment tadqiqotlari ham o'tkazilgan.

O'tkazilgan eksperiment tadqiqotlar natijasi shuni ko'rsatdiki, qurilma mavjud isitish-sovitish qurilmalariga solishtirilganda energiya samaradorligi aniqlangan. Bunda xonaga ta'sir qiluvchi tashqi ta'sirlarni inobatga olib hisoblab chiqilgan.

Har bir eksperiment natijalari orqali erishilgan elektr energiya miqdori farqlari olingan (15-rasm).

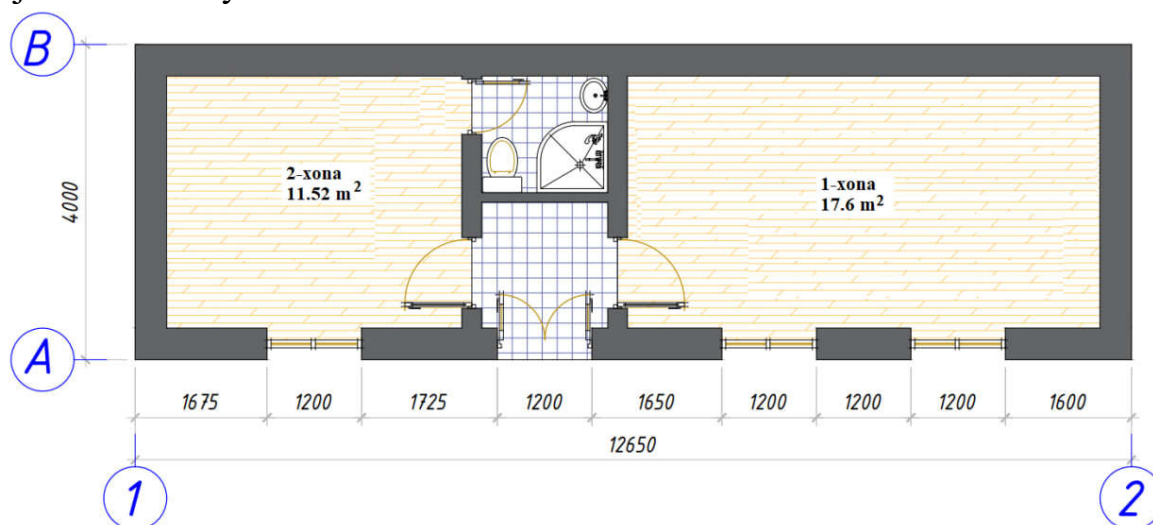


15-rasm. Tartiblar bo'yicha elektr energiyasi miqdorlarining farqi grafigi

Iste'mol qilinayotgan elektr energiyasi miqdori bo'yicha farqini eng ko'pi bu tashqi harorat yuqori holatda sovitish tartibining xona maydoni kattasida o'tkazilgan eksperimentda yuz berdi. Ya'ni bu qiymat 1.99 kW·hni tashkil etdi.

Dissertatsiyaning **Binolarning isitish-sovitish tizimida energiya samaradorlikni ilmiy asoslash** deb nomlangan IV bobda tadqiqot obyekti - Qashqadaryo viloyati, Nishon tumanidagi bir qavatli jamoat binosining issiqlik yuklamasi hisoblanib, energiya samaradorligi QMQ 2.01.04-18 va SHNQ 2.01.01-2022 talablariga muvofiq baholandi. Bino issiqlik himoyasi darajalari bo'yicha issiqlik yo'qotishlari aniqlandi. "Climat Control" qurilmasining sovitish va isitish rejimlaridagi

quvvat, energiya iste'moli va samaradorlik ko'rsatkichlari (EER, COP, SEER, SCOP) aniqlanib, an'anaviy tizimlarga nisbatan yuqoriligi qayd etildi. Qurilmaning iqtisodiy samaradorligi baholanib, yillik tejamkorlik va investitsiya qaytish muddati hisoblandi. Natijalar qurilmaning qisqa muddatda o'zini oqlashi va uzoq muddatda ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishini ko'rsatdi.



16-rasm. Qavat rejasi

Sanitariya-gigiena talablariga javob beradigan to'suvchi konstruksiyalarning issiqlik uzatilishiga keltirilgan qarshiligi (1a) formula bo'yicha aniqlanadi:

$$R_0^{tr} = \frac{n(t_{ich} - t_{tsh})}{\Delta t^{tsh} \alpha_b} \quad (9)$$

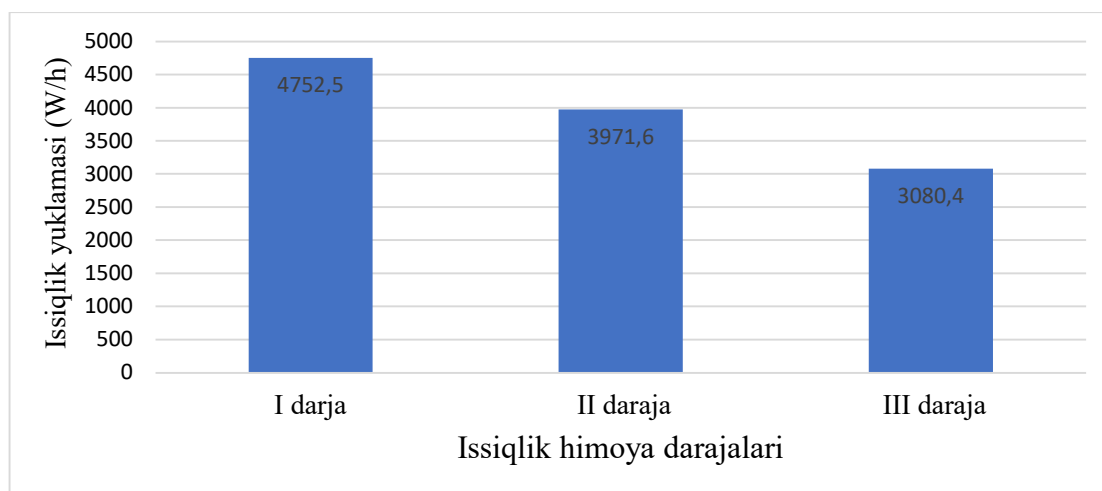
Bir jinsli devor konstruksiyasining issiqlik o'tkazishga qarshiligi isitish davridagi harorat-sutka (D_d , °C·sutka) miqdori asosida aniqlanadi. Jamoat, ma'muriy va maishiy binolar uchun hisobiy qiymatlar QMQ 2.01.04-18 talablariga muvofiq tanlanib, $D_d \leq 2000$ bo'lgan birinchi va ikkinchi darajali, $2000 < D_d \leq 3000$ bo'lgan uchinchi darajali binolar uchun 2a, 2b va 2v-jadvallar asos qilib olindi. Qashqadaryo viloyati, Nishon tumanidagi tadqiqot obyekti uchun issiqlik yuklamalari ushbu me'yoriy hujjat asosida hisoblandi:

6- jadval.

Issiqlik himoyasi darajalariga qarab aniqlangan issiqlik yo'qotishlari va umumiy issiqlik yuklamalari

Issiqlik himoyasi	Q_{td} , (W/h)	Q_{td} , (W/h)	Q_{td} , (W/h)	Q_{tde} , (W/h)	Q_{shift} , (W/h)	Q_{pol} , (W/h)	ΣQ , (W/h)
1-xona uchun natijalar							
I daraja	731,46	430,3	595,2	364,9	342,1	333,96	2798
II daraja	546,4	321,4	444,6	364,9	342,1	333,96	2353,47
III daraja	405,4	238,5	329,87	277,03	246,34	333,96	1831,06
2-xona uchun natijalar							
Issiqlik himoyasi	Q_{td} , (W/h)	Q_{td} , (W/h)	Q_{td} , (W/h)	Q_{tde} , (W/h)	Q_{shift} , (W/h)	Q_{pol} , (W/h)	ΣQ , (W/h)
I daraja	415,2	430,3	484,06	182,5	223,9	218,6	1954,73
II daraja	310,2	321,4	361,58	182,5	223,9	218,6	1618,18
III daraja	230,1	238,5	268,3	132,7	161,2	218,6	1249,4

Tadqiqot obyekti jamoat binosining umumiy issiqlik yuklamasi QMQ 2.01.04-18 asosida hisoblandi. Natijada, I darajali issiqlik himoyasida $\sum Q = 4752,5$ W/h, II darajada $\sum Q = 3971,6$ W/h, III darajada esa $\sum Q = 3080,4$ W/h ekani aniqlandi.



17-rasm. Binoning issiqlik yuklamasining issiqlik himoya darajalariga bog‘liq holda o‘zgarish grafigi

Yuqorida aytilganidek, qurilmaning sovitish yoki isitish quvvati odatda BTU (British Thermal Unit) yoki kW bilan o‘lchanadi va quyidagi ifoda yordamida amalga oshiriladi:

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T \quad (10)$$

Agar havo oqimi m^3/h bilan berilsa, quyidagi formula ishlatiladi:

$$Q = 1.08 \cdot CFM \cdot \Delta T \quad (11)$$

Qurilmaning sovitish va isitish quvvatlari eksperimental natijalar asosida uch ish holati uchun alohida hisoblandi. Natijalar dastlab W va BTU/h birliklarida olinib, 1 BTU/h $\approx 0,293$ kW konversiyasi orqali kW ga aylantirildi. Hisoblangan qiymatlar tizimli taqqoslash uchun 7- va 8-jadvallarda keltirildi.

7-jadval

Sovitish rejimida xona o‘lchamlariga nisbatan BTU va quvvat ko‘rsatkichlari

Xona o‘lchamlari	BTU (British Thermal Unit)	Sovitish quvvati
24 m ²	4350	1,2 kW
36 m ²	6526	1,9 kW
40 m ²	7244	2,1 kW

8-jadval

Isitish rejimida xona o‘lchamlariga nisbatan BTU va quvvat ko‘rsatkichlari

Xona o‘lchamlari	BTU (British Thermal Unit)	Isitish quvvati
24 m ²	5037	1,4 kW
36 m ²	7555	2,2 kW
40 m ²	8387	2,4 kW

Samaradorlik jihatidan qurilmaning EER ko‘rsatkichi 3,8 ga teng bo‘lib, bu sovitish quvvati samaradorli ekanligini ifodalaydi. COP esa 3,61 bo‘lib, isitish jarayonining samaradorli ekanligini ko‘rsatadi. SEER 5,8 (A+) darajasida, SCOP esa 3,5 (A) darajasida baholanadi.

F.I.K qiymatlari, odatda, 1 dan katta bo'lishi kerak. Bu, tizim tomonidan ishlab chiqarilgan foydali energiya uning iste'mol qilgan elektr energiyasidan bir necha baravar ko'p ekanligini bildiradi. Bu holat issiqlik nasoslarida tabiiy ravishda yuzaga keladi.

9-jadval

Qurilmaning sovitish va isitish rejimidagi samaradorlik ko'rsatkichlari

Capacity	Sovitish yoki isitish quvvati	Sovitish	kW	1,2/1,9/2,12
			BTU/h	4350/6526/7244
		Isitish	kBT	1,4/2,2/2,4
			BTU/h	5037/7555/8387
Power	Iste'moli	Sovitish	kW·h	0,3/0,65/0,78
		Isitish		0,38/0,61/0,66
Energy efficiency		EER (Normal sovitish)	-	3,8
		COP (Normal isitish)	-	3,61
		SEER (Cooling energy Grade)	-	5,8 (A+)
		SCOP (Heating energy Grade)	-	3,5 (A)
F.I.K (foydali ish koeffitsienti)		Sovitish rejimi uchun	-	~4,0 / ~2,9 / ~2,7
		Isitish rejimi uchun	-	~3,7 / ~3,6 / ~3,4

XULOSA

1. "Climat control" qurilmasining struktura sxemasi ishlab chiqildi. Natijada sxema asosida "Climat control" qurilmasining tajriba namunasi ishlab chiqildi.

2. Matlab dasturi asosida "Climat control" qurilmasining xona o'lchamlari va tashqi haroratni hisobga olgan holda iste'mol qilayotgan elektr energiyasini aniqlash imkonini beruvchi matematik modeli ishlab chiqildi. Natijada nazariy va eksperiment tadqiqotlar natijalarini solishtirish imkoni yaratildi.

3. Ijtimoiy ahamiyatga ega binolarning isitish va sovitishda xona haroratini belgilangan qiymatlarda boshqaradigan innovatsion "Climat control" qurilmasini ishlash algoritmi ishlab chiqildi. Natijada ushbu algoritm asosida qurilma o'rnatiluvchi xonadagi mo'tadil iqlim nazorati yaratildi.

4. C++ dasturida ishlab chiqilgan dasturiy ta'minot "Climat control" qurilmasining o'rnatiladigan xona hajmiga qarab elektr energiyasi iste'molini aniqlash imkonini berdi.

5. "Climat control" qurilmasi yordamida eksperiment tadqiqotlar o'tkazildi. Natijada mavjud isitish-sovitish qurilmalariga nisbatan energiya samaradorligi aniqlandi.

6. Energiyaning saqlanish qonuni va "Thumb" qoidasi asosida "Climat control" qurilmasining energiya va iqtisodiy samaradorligini aniqlash usuli takomillashtirildi. Natijada ilmiy asoslandi.

7. “Climat control” qurilmasining elektr energiya iste’molini aniqlash ilmiy asoslandi. Natijada binolarning sovitish tizimidagi energiyani 1.99 kW·h ga tejash orqali energiya samaradorligiga erishildi.

8. Ilmiy tadqiqot natijalariga ko‘ra, “FRUGAL TECHNOLOGY” MCHJda mavjud 5 ta qurilma o‘rniga 5 ta “Climat control” qurilmasi o‘rnatildi. Natijada yiliga 10 620 829 so‘m miqdorida elektr energiyasi va resurs tejamligidan iqtisodiy samaradorlikka erishildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ
PhD.03/2025.28.11.T.16.01 ПРИ БУХАРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

ФЕРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТУРСУНОВ ДОНИЁР АБДУСАЛИМОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ
ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ**

05.05.01—Энергетические системы комплексы

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

Фергана – 2025

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под № B2023.4.PhD/T4233.

Диссертация выполнена в Ферганском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещён на веб-сайте Научного совета при Бухарском государственном техническом университете (www.bstu.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:

Жабборов Тулкин Камолович
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Каршибаев Аскар Илашевич
доктор технических наук, профессор
Худаяров Музаффар Бурхонович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Ташкентский государственный транспортный университет

Защита диссертации состоится 17 января 2026 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/2025.28.11.T.16.01 при Бухарском государственном техническом университете (Адрес: 200117, г.Бухара, ул.Каюма Муртазаева, 15. Тел.: (+998-65) 223-78-84; факс: (+998-65) 223-78-84; e-mail: info@bstu.uz

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Бухарского государственного технического университета (зарегистрирована за № ____). (Адрес: 200117, г. Бухара, ул.Каюма Муртазаева, 15; Тел.: (+998-65) 223-78-84; факс: (+998-65) 223-78-84).

Автореферат диссертации разослан 29 декабря 2025 года.

(протокол реестра № 5 от 27 декабря 2025 года).



Н.Н. Садуллаев
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, доктор
технических наук, профессор

У.К. Мирхонов
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению учёных степеней, доктор
философии по техническим наукам (PhD),
доцент

К.А. Самиев
Председатель Научного семинара при
Научного совета по присуждению ученых
степеней, доктор технических наук, профессор

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире обеспечение энергоэффективности систем микроклимата социально значимых зданий в настоящее время является одной из самых актуальных задач науки и практики, поскольку подобные исследования занимают ведущие позиции с точки зрения энергосбережения. Потому что системы оптимизации условий жизнедеятельности человека включают энергозатратные подсистемы, такие как отопление, вентиляция, кондиционирование, обеспечение холодной и горячей водой и др. В 2020–2021 гг. во всём мире (179 стран) совокупное конечное (полезное) потребление электрической энергии составило 23734 млрд кВт*ч. К 2020 году по сравнению с 1992 годом общий полезный расход увеличился на 5,5%. В 2021 году наибольший рост потребления электрической энергии по сравнению с 1992 годом пришёлся на Азию и Океанию—до 5,1 раза. В настоящее время на отопление и охлаждение зданий приходится 50–55% потребляемой электрической энергии⁵.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на внедрение энергосберегающих устройств в системы отопления и охлаждения зданий, а также на управление ими с использованием экологически чистых и современных технологий. В этом направлении особое внимание уделяется повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере при отоплении и охлаждении зданий, а также широкому внедрению энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии.

В нашей Республики и отчёте, подготовленном в сотрудничестве Министерство экономического развития и сокращения бедности совместно с Всемирным банком, проанализированы проблемы и возможности страны в процессе перехода к «зелёной» экономике⁶. В нём были выявлены наиболее актуальные экологические и другие угрозы, по которым реализуются комплексные меры, позволяющие достичь определённых результатов. В соответствии с постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 19 октября 2024 года № 690 «Об утверждении порядка проведения энергоаудита потребителей топливно–энергетических ресурсов, а также зданий и сооружений» утверждены «Положение о порядке проведения энергоаудита энергопотребления зданий и сооружений» и мероприятия по «Определению категории энергоэффективности зданий и сооружений с полезной площадью более 200 кв. метров, начиная с 1 ноября 2024 года»⁷.

Исходя из этого, данная диссертационная работа в определенной степени служит для практического выполнения задач, поставленных в указах и постановлениях Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года “О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан”, постановлении Президента 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

⁵ <https://uzeltech.uz/uz/> Энергопотребление электротехнических устройств и пути его экономии

⁶ <https://thediplomat.com>. Переход Узбекистана к зелёной экономике: проблемы и возможности

⁷ <https://www.lex.uz>. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 19 октября 2024 года № 690 “Об установлении порядка проведения энергоаудита потребителей топливно–энергетических ресурсов и энергопотребления зданий и сооружений”

энергии”⁴ и другими нормативно-правовыми документами связанными с этой отраслью.

Соответствие исследований приоритетному направлению развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан II «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. В научных центрах и высших учебных заведениях, таких как Budapest Tech Polytechnical Institution (Венгрия), John Hopkins University (Великобритания), United Nations University (Япония), International Institute of Management–University (Германия), Shanghai Jiao Tong University (Китай), Tsinghua University (Китай), Harvard University (США), Московский энергетический институт, активно проводятся обширные научные исследования по внедрению энергосберегающих устройств в системы отопления и охлаждения зданий, а также по использованию экологически чистых и современных технологий.

Существенный вклад в решение научных проблем, связанных с повышением энергетической эффективности систем отопления и охлаждения, внесли ряд зарубежных ученых. Например, Ольга Юрьевна Крючкова разработала вероятностно–статистическую климатическую модель для расчета энергопотребления в центральных системах кондиционирования. Олег Янович Кокорин разработал индивидуальные современные системы кондиционирования для различных типов конструкций. Баймачев Евгений Эдуардович создал методическое и программное обеспечение для поддержания микроклимата в зданиях. Также можно отметить ученых, таких как Л.Г.Старкова, Е.Ю.Анисимова, Ю.С. Солнышкова, В.А. Баум, Р. Байрамов.

В нашей республике в решении научных задач по повышению эффективности энергетических систем и использованию возобновляемых источников энергии активное участие принимают такие ученые, как Р.А. Захидов, Т.Х. Насиров, К.Р. Аллаев, Х.М. Муратов, Ш.В. Хамидов, А.Д. Таслимов, О.Х. Ишназаров, М.Б. Худаяров, Ё.С. Аббосов и С.Ф. Эргашев.

Исследования, направленные на достижение энергоэффективности и повышение коэффициента полезного действия (КПД) в системах отопления и охлаждения зданий, связаны с совершенствованием используемого оборудования и применением маломощных элементов. Несмотря на достигнутые успехи, в области повышения энергоэффективности в отопительно–охладительных системах, совершенствования существующих и разработки новых методов исследований всё ещё недостаточно изучены.

Связь диссертационного исследования с планами научно–исследовательских работ научно–исследовательского учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационными исследованиями Ферганского политехнического института, Министерства научных исследований и инновационного развития от 5 августа 2021 года № 205, приложение 3 Производство энергосберегающих (автономных) “Climat control занавес” для объектов инфраструктуры” (2021 - 2022 годы) подготовка к коммерциализация, реализованная в рамках проекта.

⁴ <https://gov.uz/uz/minenergy/uz/news/view/1523> Постановление Президента Республики Узбекистан от 22 августа 2019 года № ПП-4422 «О неотложных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии»

Целью исследования является повышение энергоэффективности систем отопления и охлаждения административных зданий.

Задачи исследования:

Была разработана математическая модель для определения коэффициента энергоэффективности системы нагрево–охлаждающего устройства с учетом потребления электроэнергии;

Разработана энергоэффективная конструктивная схема устройства “Climat control” на основе традиционных и нетрадиционных источников электроэнергии, позволяющая достичь экономии энергии в режиме охлаждения;

Усовершенствовано эмпирическое уравнение для определения энергоэффективности кондиционера, учитывающее взаимосвязь между эксплуатационными и энергетическими параметрами;

Была разработана имитационная модель для определения эффективности кондиционера с учетом внешних факторов;

Объектом исследования является, отопительно–охладительное устройство административных зданий социального назначения.

Предметом исследования являются, аналитические взаимосвязи и математические модели, описывающие рабочие процессы устройства с целью повышения энергоэффективности, его конструктивно-параметрические особенности, режимы работы и их закономерности, связанные с термодинамическими, теплообменными и электрическими процессами, а также, в рамках исследования рассматриваются закон сохранения энергии, явление фотоэффекта, законы электростатики и электродинамики, а также практическое значение правила «Thumb».

Методы исследования. В ходе исследования были использованы теория математического моделирования, математическая статистика для обработке данных, эмпирические уравнения, термодинамические процессы, тепловой баланс и показатели эффективности, экспериментальные исследования, метод термографии, экономический анализ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Разработана математическая модель определяющая потребление электроэнергии и коэффициент полезного действия устройства работающего на основе принципа термоэлектрического охлаждения–нагрева

Разработана энергоэффективная конструктивная схема устройства, позволяющая добиться экономии энергии в системе охлаждения–нагрева, оснащенной модулем охлаждения без газовых компрессоров;

Получено эмпирическое уравнение, позволяющее определить энергетическую эффективность устройства с учетом взаимосвязи между рабочими и энергетическими параметрами;

Разработана имитационная модель определяющая эффективность устройства, на основе алгоритмической модели, учитывающей влияние внешних условий на работу устройства;

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана схема устройства с использованием распределительного устройства традиционной и нетрадиционной электроэнергии, а также с применением эффекта Пельтье и маломощных элементов;

разработана энергосберегающая система «Climat control» путём замены сложной цепной схемы на упрощённую;

научно обоснована энергоэффективность новой системы отопления и охлаждения на основе технических и экономических показателей;

разработан алгоритм работы устройства с учётом эмпирического уравнения.

внедрена его имитационная модель, основанная на модели с учётом эмпирического уравнения отопительно-охлаждающего устройства.

Надежность результатов исследования. Достоверность результатов исследования объясняется применением современных метрологически аттестованных измерительных приборов и программного обеспечения, передовых математических методов обработки данных, а также исследовательских методик, указанных в нормативных документах, и соответствием между теоретическими и экспериментальными результатами.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что получено математическое выражение, позволяющее определить величину потребляемой электроэнергии устройством, и разработан соответствующий алгоритм его работы.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработан опытный образец энергоэффективного устройства.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по повышению энергоэффективности систем отопления и охлаждения зданий:

внедрена схема энергоэффективного устройства в системе отопления и охлаждения с использованием полупроводниковых и маломощных элементов в Кашкадарьинском территориальном филиале АО “ПРЭС” (по справке АО “Региональные электрические сети” № 01–05–20/107 от 11.03.2024 года). В результате применения устройства «Climat control» в системе охлаждения административных зданий была достигнута энергоэффективность, позволившая снизить потребление электроэнергии охлаждающим оборудованием и обеспечить ежегодную экономию до 3000 кВт·ч.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были представлены на 7 научно–практических конференциях, в том числе на 2 международных и 5 республиканских, а также прошли апробацию 17 февраля 2025 года на кафедре “Электроснабжение и возобновляемые источники энергии” факультета “Энергетика” Национального исследовательского университета “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 18 научных работ, из них 6 в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 3–в зарубежных и 3 в отечественных журналах. Получено 5 свидетельств на программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 109 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность темы, цель и задачи исследования, объект и предмет, их соответствие приоритетным направлениям науки и технологий. Раскрыты научная новизна, практическая значимость и результаты исследования, внедрение, опубликованные работы и структура диссертации.

В первой главе диссертации под названием “**Анализ проблем систем отопления и охлаждения зданий**”, проанализированы проблемы этих систем, а также существующие устройства и методы. На основе проведённых исследований установлено, что сложность цепи существующего устройства и высокий уровень энергопотребления обусловлены наличием в нём высокомоощных элементов, что, в свою очередь, при увеличении энергопотребления может привести к избыточной нагрузке на трансформаторы.

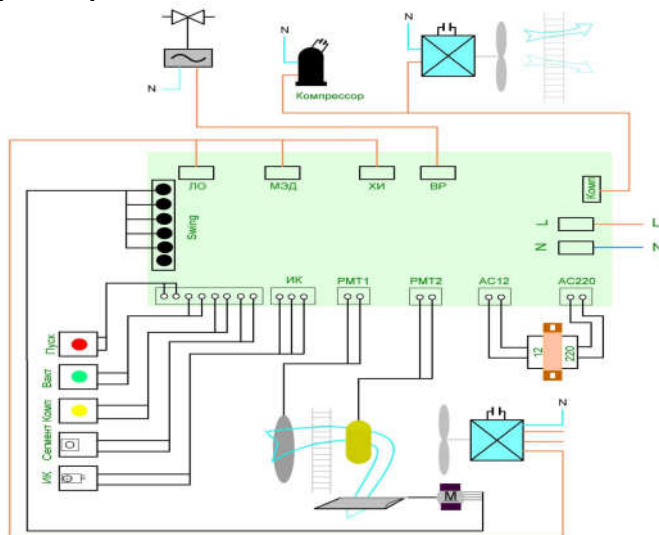


Рис. 1. Структурная схема кондиционерного устройства

С учётом повышения энергоэффективности систем отопления и охлаждения зданий, на основе проведённого научного анализа были сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

В данной главе диссертации под названием «**Формирование математической модели для обоснования энергоэффективности устройства “Climat Control”**», разработаны структурная схема устройства, математическая модель, описывающая тепловые процессы, и алгоритм расчёта. На основе модели потребление электрической энергии, зависящее от изменения температуры, выражено в виде дифференциального уравнения. В данной математической модели изменение температуры во времени (dT/dt) принято в качестве основного переменного, и на этой основе оценено энергопотребление.

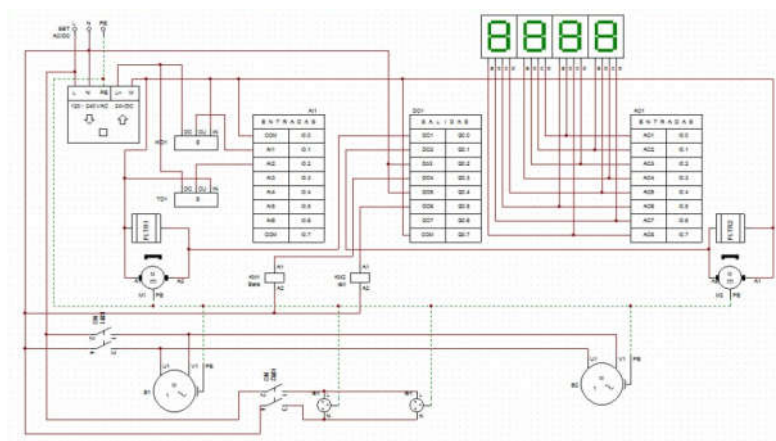


Рис. 2. Структурная схема устройства “Climat control”.

На основе результатов экспериментальных измерений было сформировано эмпирическое уравнение, в которое вместо теоретических параметров введены

эмпирические коэффициенты K_1 – K_3 . Эти коэффициенты определены с использованием метода множественной регрессии, а практическая применимость модели была статистически валидирована.

Разработано математическое выражение устройства, в котором затраченная за единицу времени энергия представлена через количество полезного тепла.

$$W_{\text{эл.эн}} = \frac{c\rho abh(T_2 - T_1)}{k_{\text{отоп.к.п.д}} k_{\text{от}}} \quad (1)$$

Разработано математическое выражение устройства «Climat control» для системы охлаждения и системы отопления на основе их последовательности работы.

$$W_{\text{эл.эн}} = \frac{c\rho abh(T_1 - T_2)}{k_{\text{охлод.к.п.д}} k_{\text{охл}}} \quad (2)$$

Приведены метод построения многофакторной эмпирической модели для анализа тепловых процессов, её математические основы и методы статистической оценки. Модель применяется для определения изменений температуры и энергии, проходящих через устройство.

$$\frac{dT}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{T(t + \Delta t) - T(t)}{\Delta t} \quad (3)$$

Для практической модели при условии, что временной интервал принят равным $\Delta t = 2$ часа.

$$\frac{dT}{dt} \approx \frac{T(t + \Delta t) - T(t)}{7200} \quad (4)$$

На этой основе уравнение, выражающее энергозатраты, принимает дифференциальную форму.

$$\frac{dW_{\text{эл.эн}}}{dt} = \frac{c\rho abh}{k_{\text{поток.к.п.д}} \cdot k_{\text{полезный}}} \cdot \frac{dT}{dt} \quad (5)$$

При переводе теоретического уравнения устройства «Climat Control» в эмпирическую форму вместо физических параметров вводятся коэффициенты, определяемые на основе эксперимента.

Таблица 1

Теоретический параметр	Эмпирический коэффициент	Примечание	Начальный диапазон
$c\rho abh$	K_1	Вместо объёмной теплоёмкости и размеров	[500; 3000]
$k_{\text{пот.к.п.д}} \cdot k_{\text{пол}}$	K_2	Вместо коэффициентов эффективности устройства	[0,01; 0,10]
$\frac{dT}{dt}$	K_3	Вес для скорости изменения температуры	[0,1; 1,0]

Модель выражается в виде следующего многофакторного уравнения и описывает динамику тепловых процессов.

$$\frac{dW_{\text{эл.эн}}}{dt} = K_1 \cdot \frac{dT}{dt} + K_2 \cdot T + K_3 \quad (6)$$

Если модель задана в виде произведения, например: $y = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots$, то с помощью логарифмирования её можно привести к виду линейной регрессии.

$$\ln \frac{dW_{\text{эл.эн}}}{dt} = \ln a + b_1 \ln \frac{dT}{dt} + b_2 \ln T \quad (7)$$

Окончательная эмпирическая модель:

$$\frac{dW_{\text{эл.эн}}}{dt} = K_1 \cdot \frac{dT}{dt} + K_2 \cdot T + K_3 \quad (8)$$

На основе данного эмпирического уравнения была выполнена модель работы устройства. На рисунках 3 и 4 проанализирована зависимость энергопотребления от

температуры и скорости её изменения, а также соответствие модели нормативным требованиям QMQ 2.01.04–2018 и SHNQ 2.01.01–2022.

На графиках, построенных на основе эмпирической модели, энергопотребление устройства представлено в виде функции от временного изменения температуры, а также от внутренних температурных параметров, характеризующих рабочие условия системы. Эти графики позволяют наглядно отразить динамику тепловых процессов, происходящих в устройстве, и выявить взаимосвязь между потребляемой электрической энергией и температурными изменениями в различных режимах эксплуатации.

Разработанные модели обеспечивают возможность количественной оценки энергоэффективности устройства, выявления потенциальных потерь энергии, а также сопоставления полученных характеристик с установленными нормативными требованиями и стандартами. Это, в свою очередь, способствует обоснованному принятию решений по оптимизации режимов работы и повышению общей энергетической эффективности системы.

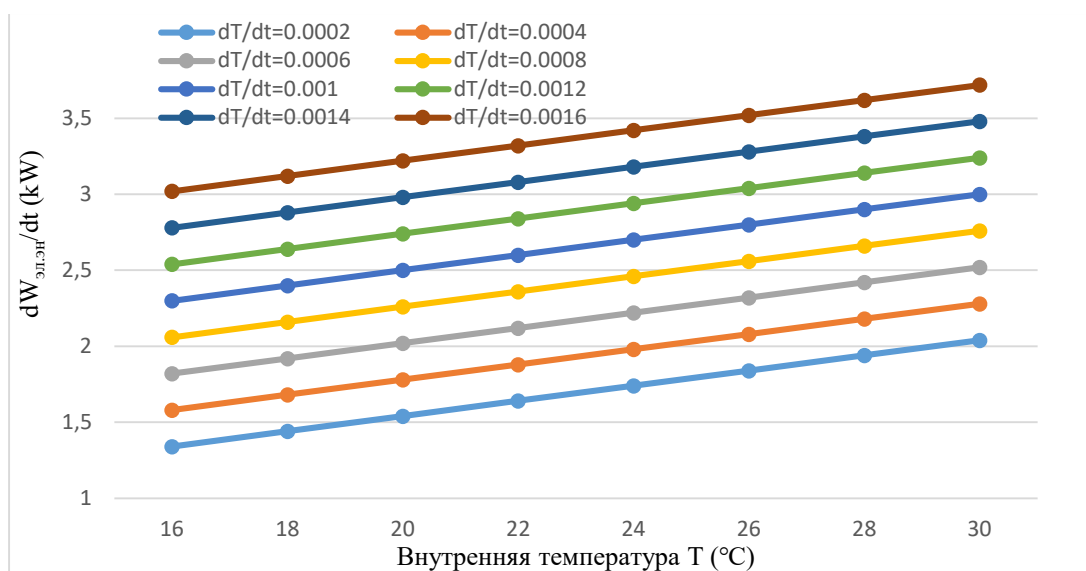


Рис. 3. Энергопотребление в зависимости от внутренней температуры

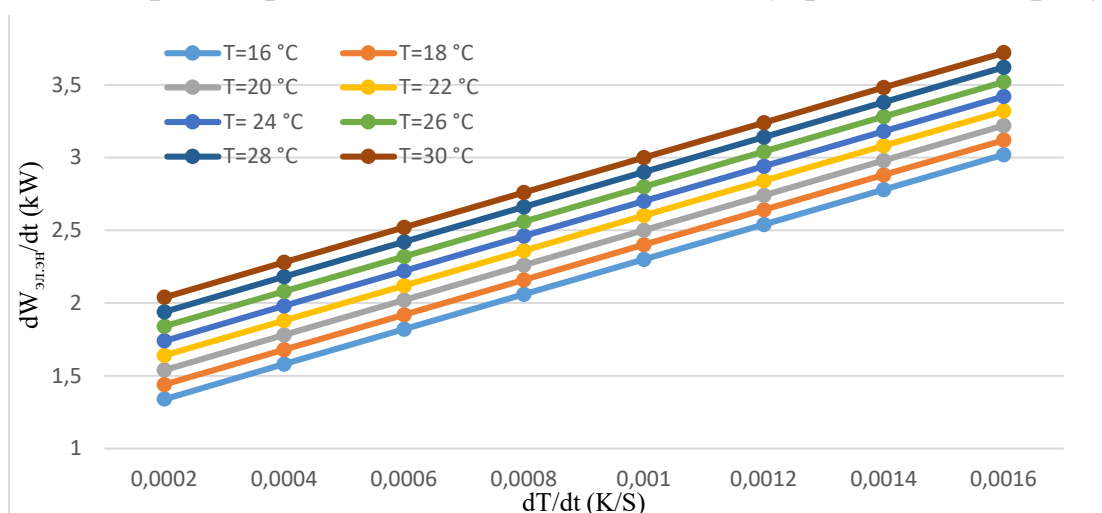


Рис. 4. Энергопотребление в зависимости от скорости изменения температуры

Потребление электрической энергии системой отопления и охлаждения было смоделировано в среде MATLAB на основе экспериментальных данных. Графики

показывают изменение охлаждающей энергии в зависимости от площади помещения при различных начальных температурах.

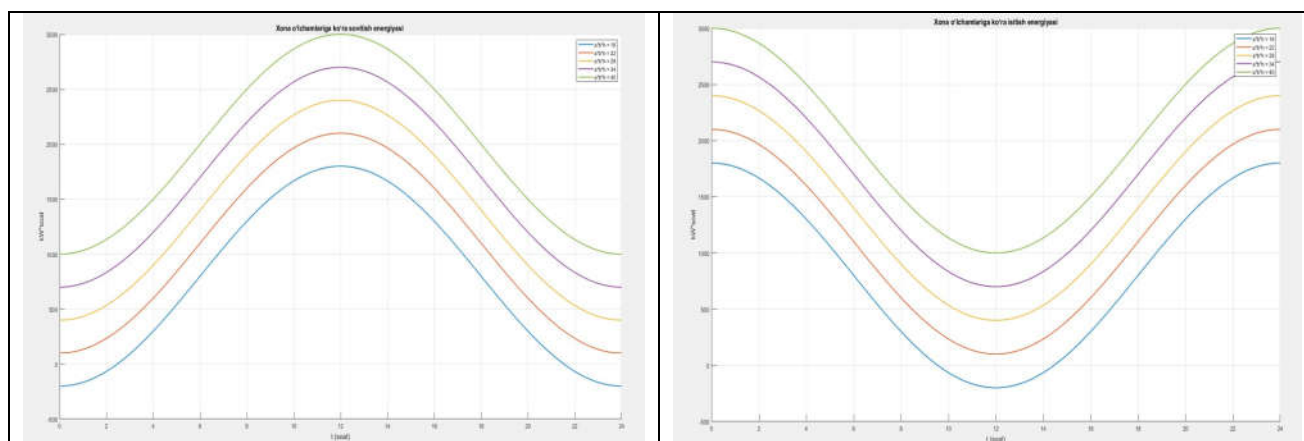


Рис. 5. Энергопотребление в режимах охлаждения и отопления в зависимости от изменения размеров помещения

Для валидации реальные измерения энергопотребления системы отопления и охлаждения, полученные в ходе эксперимента, были сопоставлены с результатами математической модели. При выполнении данного процесса учитывались такие статистические показатели, как коэффициент детерминации и среднеквадратическая ошибка.

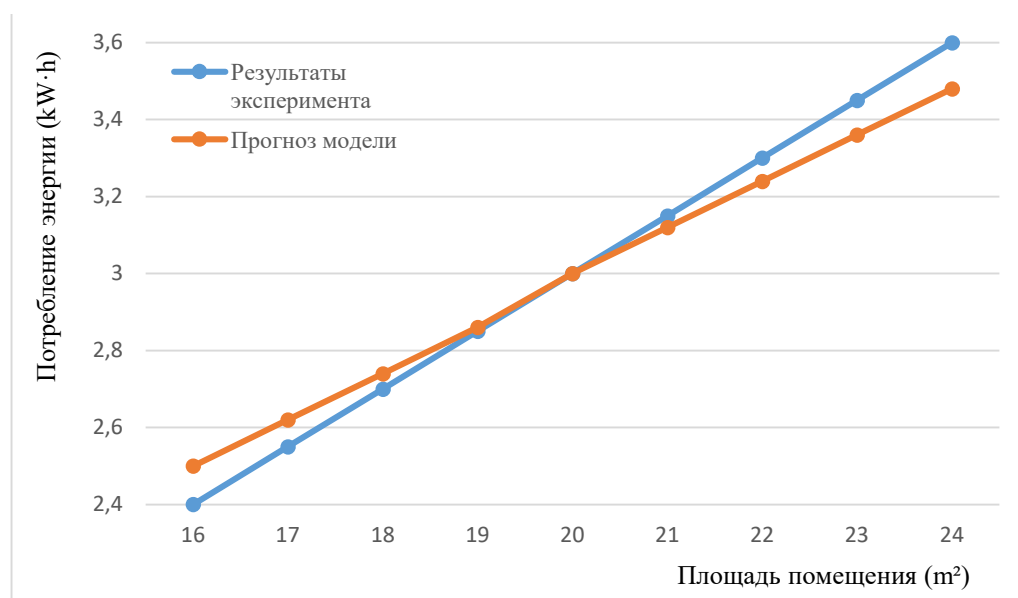


Рис. 6. Сравнительный график модели и экспериментальных результатов

Результат показал, что рассчитанное значение $R^2=0,9722$ свидетельствует о высокой точности работы модели. Среднеквадратическая ошибка (MRS) составляет в среднем $0,01 \text{ кВт} \cdot \text{м}^2$, что указывает на небольшую погрешность модели в каждой точке.

Путём алгоритмизации создан управляющий механизм, поддерживающий баланс и повышающий энергетическую эффективность. Разработанный поэтапно расчётный алгоритм смоделировал динамику температуры и энергии системы в режиме реального времени.

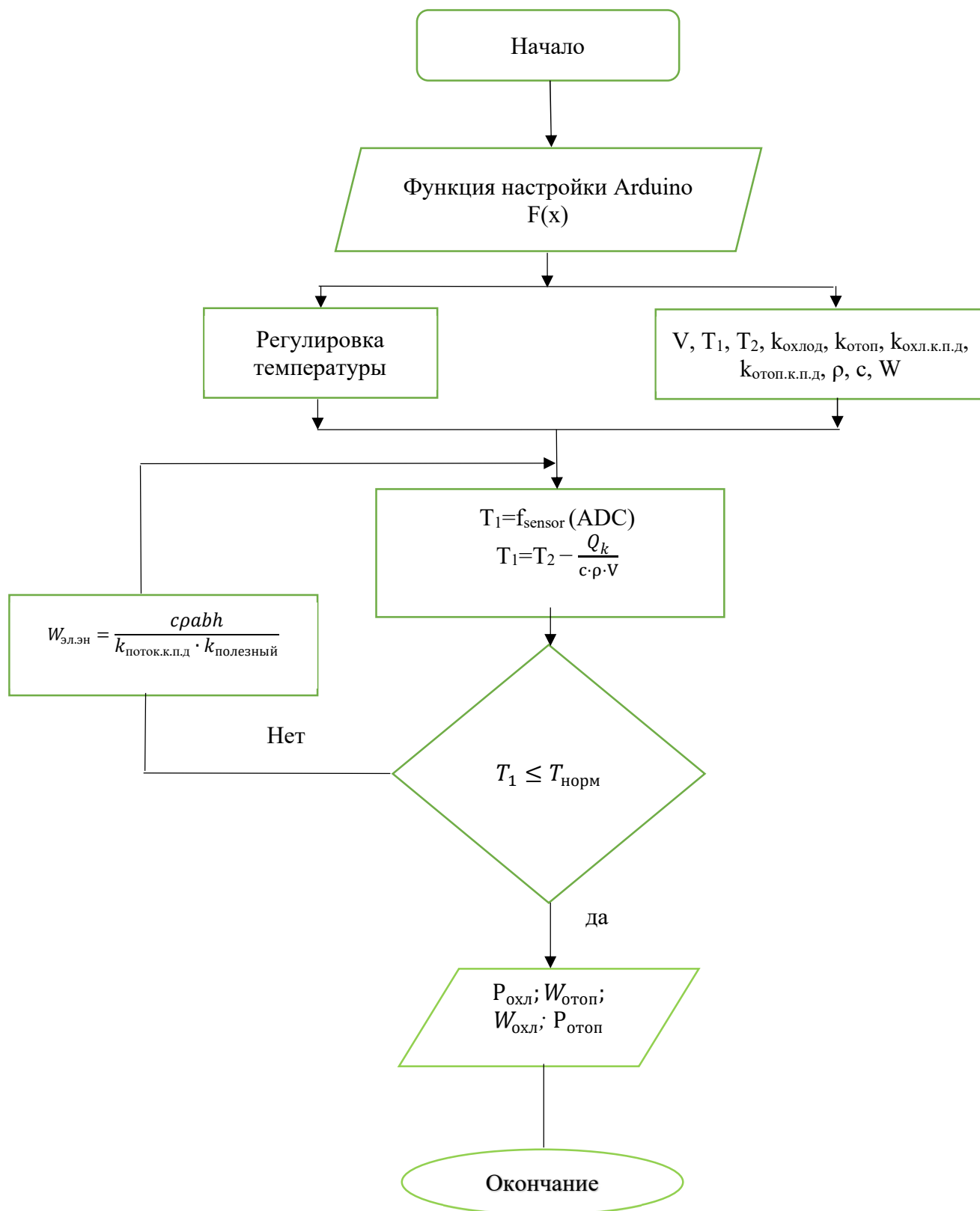


Рисунок 7. Алгоритм работы устройства «Climat control»

Данный алгоритм может быть использован для мониторинга в реальном времени, автономного управления и анализа энергопотребления в зданиях, технологическом оборудовании и промышленных системах отопления и охлаждения. Он может интегрироваться с сенсорными системами, поддерживая такие функции, как передача данных на сервер, графический анализ, а также автоматическое выявление неисправностей.

В третьей главе диссертации под названием «Разработка опытного образца устройства «Climat control» и проведение исследований», было разработано устройство «Climat control» с системой отопления и охлаждения, обеспечивающей оптимизацию микроклимата помещения. Проведены экспериментальные исследования при различных внешних температурах и размерах помещения, а полученные результаты сопоставлены с теоретическими расчётами. Для оценки и оптимизации тепловой и электрической энергоэффективности устройства в различных режимах нагрузки и температуры была разработана имитационная математическая модель. Путём анализа влияния управляющих параметров на работу системы и сравнения с экспериментальными результатами подтверждена её точность на уровне $R^2 > 0,95$. Имитационная модель позволяет заранее оценить эффективность устройства и разработать оптимизированные стратегии управления.

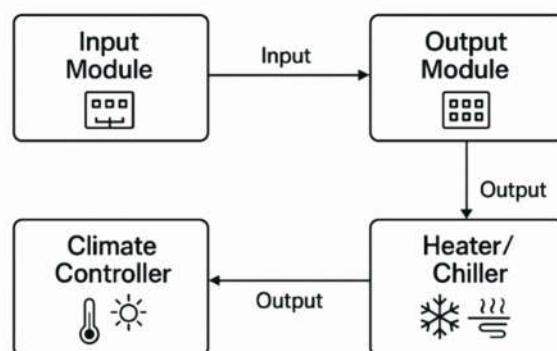


Рис. 8. Структурная схема имитационной модели

При разработке модели были учтены показатели отопления и охлаждения на основе последовательности, представленной на структурной схеме (рис. 8). Температура (t , °C) теплоносителя на входе и выходе системы принята в качестве основного управляющего параметра. На основании этого параметра определялась интенсивность процесса отопления или охлаждения. Потребление энергии (P , кВт) через данный параметр позволило в режиме реального времени анализировать общий показатель энергопотребления системы.

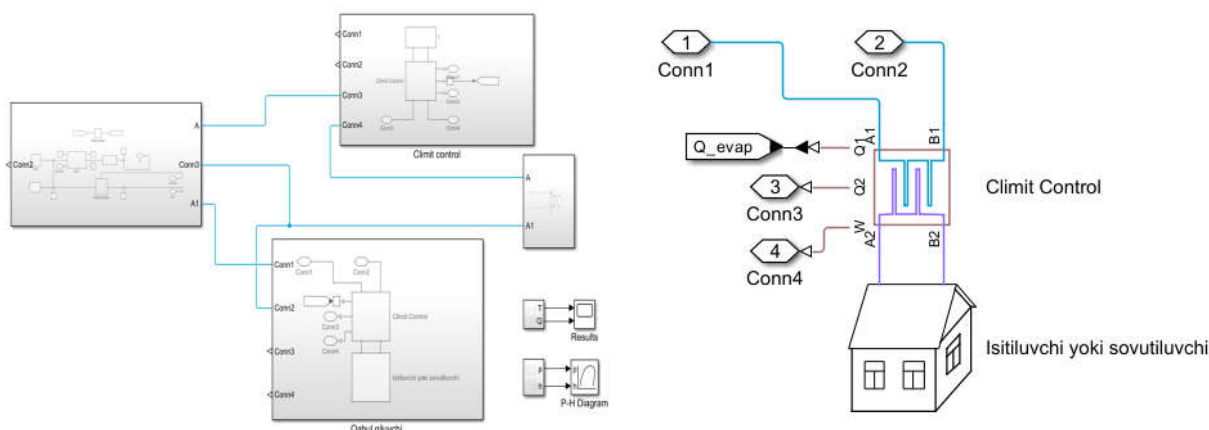


Рис. 9. Модельный вид устройства «Climat control»

На рисунке 9 представлена имитационная модель контрольного модуля устройства «Climat Control», выполняющего функции управления и регулирования потоками энергии в системах отопления и охлаждения. Эта модель позволяет отследить взаимодействие между основными компонентами системы,

включая теплообменники, датчики, приводы и блок управления.

Устройство было детально проанализировано с использованием имитационной модели, обеспечивающей цифровое воспроизведение реальных физических процессов, происходящих в системе при различных режимах работы. Модель разработана в программной среде MATLAB/Simulink, что дало возможность исследовать динамику переходных процессов и устойчивость системы, а также провести сравнительный анализ эффективности различных алгоритмов управления в условиях изменения внешних и внутренних параметров.

Таблица 2

Обозначение	Описание	Единица измерения
T_1	Внешняя температура	$^{\circ}\text{C}$
T_2	Требуемая (внутренняя) температура	$^{\circ}\text{C}$
C	Удельная теплоёмкость воздуха	$1.005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$
	Длина и ширина помещения	м
h	Высота помещения	м
$k_{\text{охл.ф.и.к}}$	Коэффициент полезного действия системы охлаждения	—
$k_{\text{отоп.ф.и.к}}$	Коэффициент полезного действия системы отопления	—
$k_{\text{отоп}}$	Коэффициент мощности загрузки системы отопления	—
$k_{\text{охл}}$	Коэффициент мощности загрузки системы охлаждения	—
m	Масса воздушного потока	кг/с
ΔT	Изменение температуры воздуха	$^{\circ}\text{C}$

Данная система на основе физических параметров регулирует температуру в режиме реального времени и повышает энергоэффективность. Модель сформирована на основе вышеуказанных физических величин, которые математически описывают тепловую и энергетическую эффективность системы.

В данной модели тепло, образующееся в результате конденсации, выводится на основе ряда выражений:

Определено направление движения охлаждающего элемента ($B1 \rightarrow B2$, $A1 \rightarrow A2$).

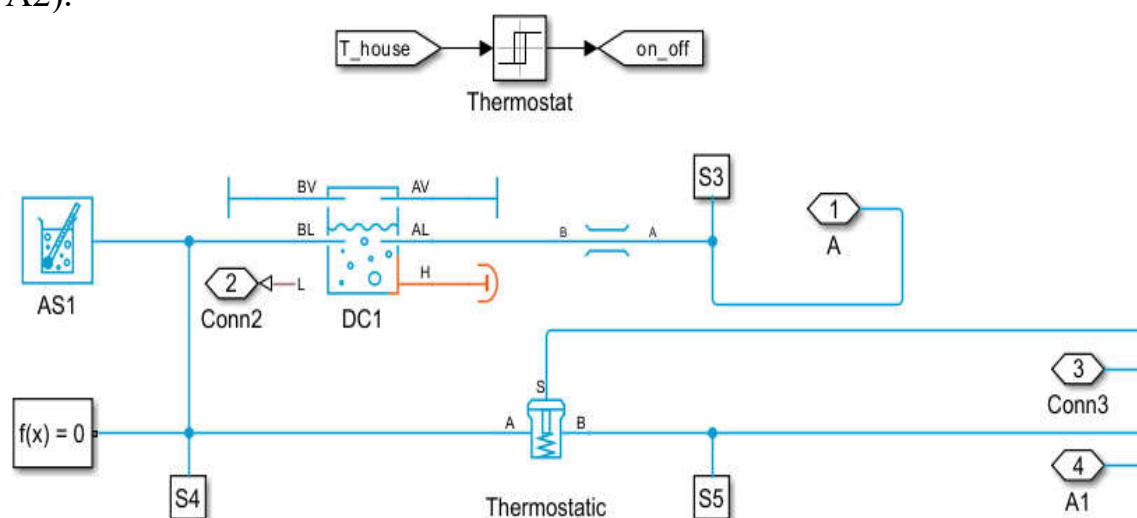


Рис. 10. Внутреннее развернутое устройство «Climat control»

Система работает на основе термостата, выполняющего функцию включения и выключения в зависимости от температуры. Термостатические

элементы управления регулируют направление потока, тепловой поток и энергетические параметры. Измеренное датчиком температуры (Thouse) значение передаётся на термостат, который формирует сигнал «вкл./выкл.» и активирует термостатический клапан. От элемента AS1 теплоноситель поступает к индикатору, через Conn2–к теплообменному элементу DC1, а выход осуществляется через Conn3 или A1.

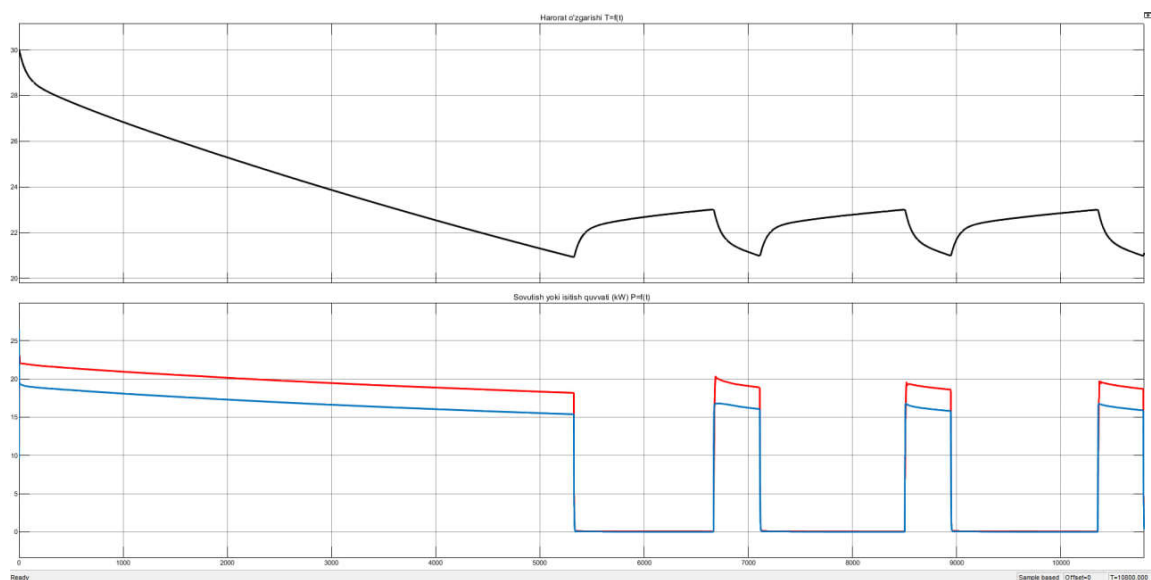


Рисунок 11. Характеристика, полученная из имитационной модели устройства «Climat control»

На рисунке 11 показано изменение двух основных параметров во времени.

При анализе результатов эксперимента было проведено сравнение потребления электрической энергии в режимах отопления и охлаждения для существующих и предлагаемых устройств. С использованием методик Full Factorial, Central Composite Design (CCD) и Тагути были определены устойчивость системы и оптимальные режимы работы. По каждой комбинации были собраны эмпирические данные и проанализированы показатели теплоэнергетической эффективности.

Результаты работы устройства «Climat control» в режиме охлаждения представлены в таблицах и на графиках.

Таблица 3

Уровень внешнего тепла при температуре 25 °С

№	Площадь помещения	Высота помещения	Падение солнце	Количество компьютеров и телевизоров	Количество людей в комнате	Потребление электроэнергии существующего устройства	Потребляемая мощность предлагаемого устройства
1	24	2.75	25 °С	2	5	1.8 кВт·ч	0.7 кВт·ч
2	28	2.75	25 °С	2	5	1.9 кВт·ч	0.82 кВт·ч
3	36	2.75	25 °С	2	5	2.2 кВт·ч	1.05 кВт·ч
4	40	2.75	25 °С	2	5	2.6 кВт·ч	1.18 кВт·ч

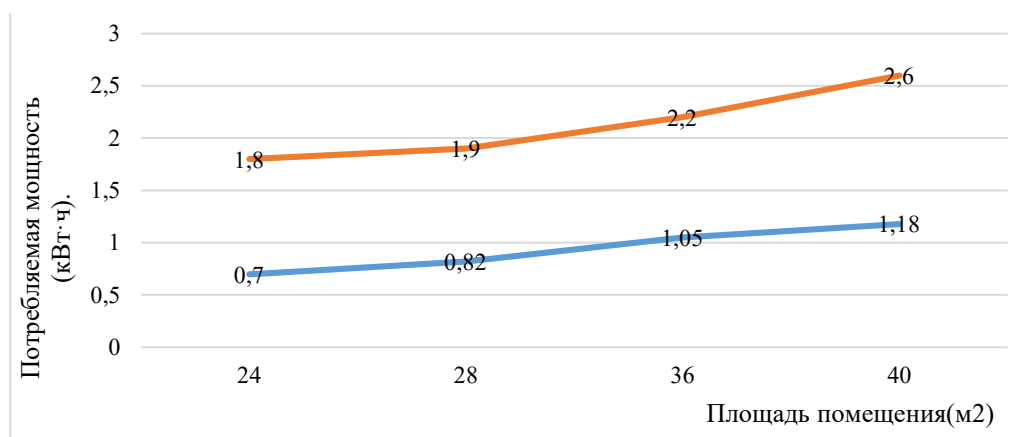


Рисунок 12. График уровня внешнего тепла при температуре 25 °C

Таблица 4

Уровень внешнего тепла при температуре 30 °C

№	Площадь помещения	Высота помещения	Падение солнца	Кол.во компьютеров и телевизоров	Количество людей в комнате	Потребление электроэнергии существующего устройства	Потребляемая мощность предлагаемого устройства
1	24	2.75	30 °C	2	5	2,25 кВт·ч	1.1 кВт·ч
2	28	2.75	30 °C	2	5	2,5 кВт·ч	1.29 кВт·ч
3	36	2.75	30 °C	2	5	2.95 кВт·ч	1.65 кВт·ч
4	40	2.75	30 °C	2	5	3.3 кВт·ч	1.85 кВт·ч

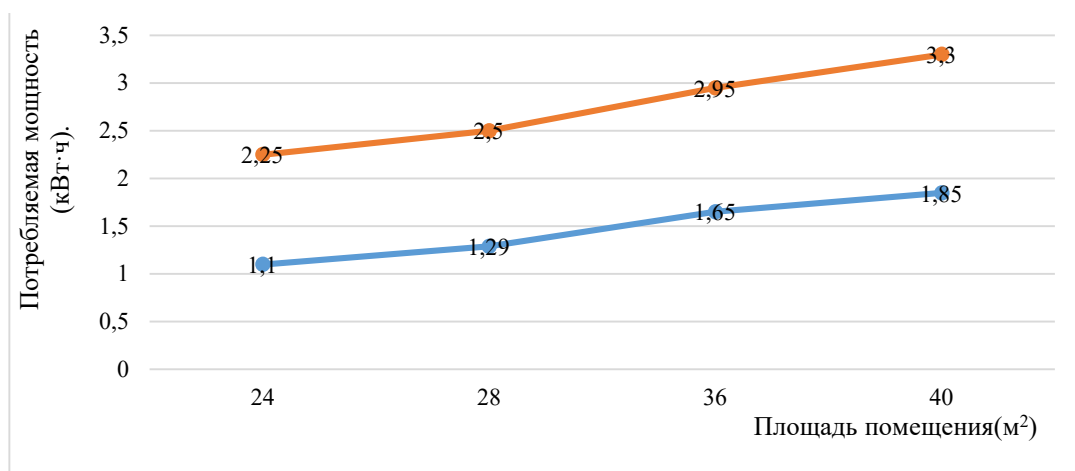


Рисунок 13. График уровня внешнего тепла при температуре 30 °C

Таблица 5

Уровень внешнего тепла при температуре 35 °C

№	Площадь помещения	Высота помещения	Падение солнца	Кол.во компьютеров и телевизоров	Количество людей в комнате	Потребление электроэнергии существующего устройства	Потребляемая мощность предлагаемого устройства
1	24	2.75	35 °C	2	5	2,7 кВт·ч	1.5 кВт·ч
2	28	2.75	35 °C	2	5	3.1 кВт·ч	1.75 кВт·ч
3	36	2.75	35 °C	2	5	3,9 кВт·ч	2.22 кВт·ч
4	40	2.75	35 °C	2	5	4,49 кВт·ч	2.51 кВт·ч

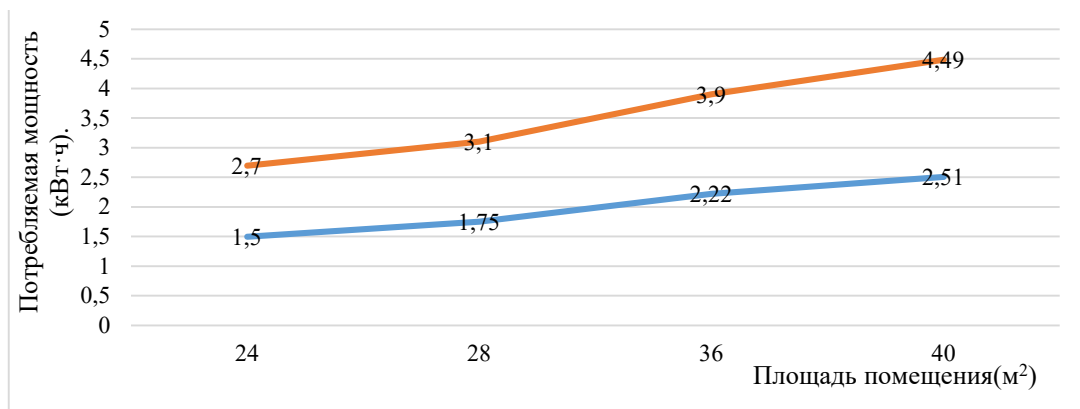


Рисунок 14. График уровня внешнего тепла при температуре 35 °С

В свою очередь, в устройстве «Climat control» были проведены экспериментальные исследования и в режиме отопления.

Результаты экспериментов показали, что по сравнению с существующими отопительно–охладительными устройствами определена более высокая энергоэффективность, при этом расчёты выполнялись с учётом внешних факторов, воздействующих на помещение.

На основе результатов каждого эксперимента были получены различия в количестве сэкономленной электрической энергии (рис. 15).

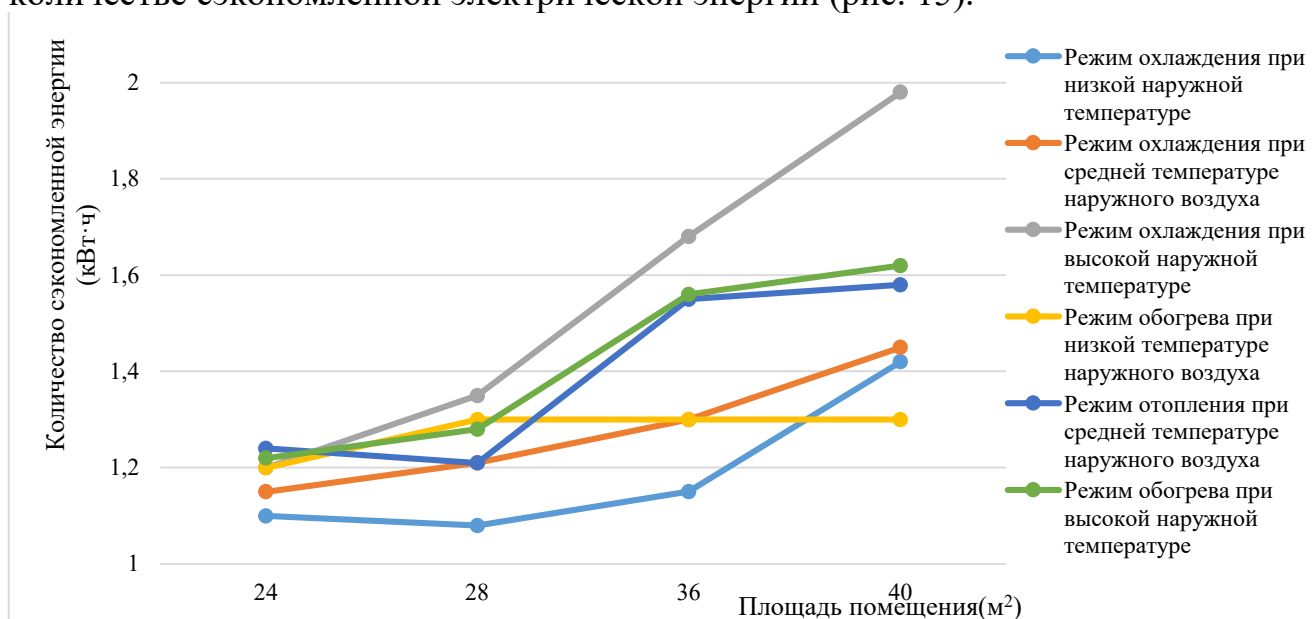


Рис. 15. График количества сэкономленной электроэнергии согласно процедурам

Наибольшая разница в потребляемом количестве электрической энергии наблюдалась в эксперименте, проведённом в режиме охлаждения при высокой внешней температуре и большой площади помещения. Данное значение составило 1,99 . кВт·ч

В четвёртой главе диссертации под названием «**Научное обоснование энергоэффективности систем отопления и охлаждения зданий**», рассчитана тепловая нагрузка объекта исследования—одноэтажного общественного здания в Нишанском районе Кашкадарьинской области, и проведена оценка энергоэффективности в соответствии с требованиями QMQ 2.01.04–18 и SHNQ 2.01.01–2022. Определены теплотери здания по уровням теплоизоляции. Были

установлены мощность, энергопотребление и показатели эффективности (EER, COP, SEER, SCOP) устройства «Climat Control» в режимах охлаждения и отопления, при этом зафиксировано их преимущество по сравнению с традиционными системами. Оценена экономическая эффективность устройства, рассчитаны годовая экономия и срок окупаемости инвестиций. Результаты показали, что устройство окупается в короткие сроки и при длительной эксплуатации снижает эксплуатационные затраты.

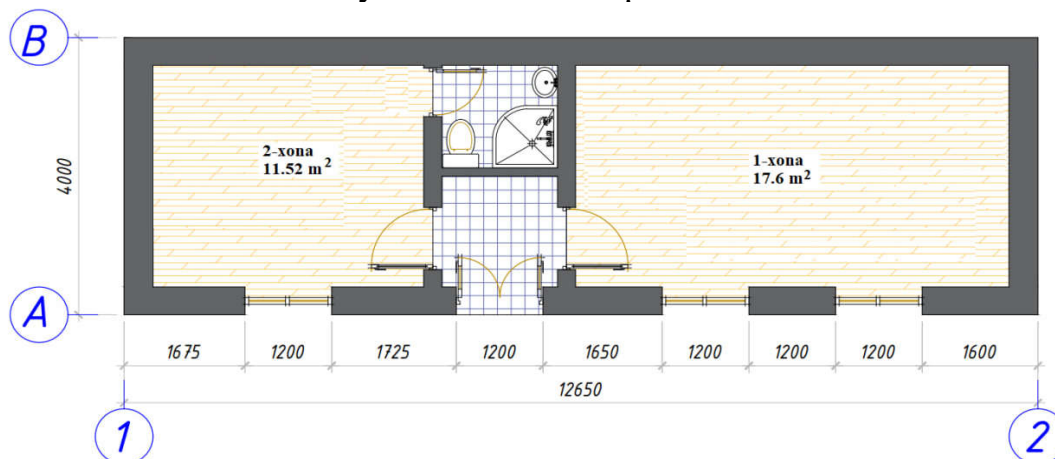


Рис. 16. План этажа

Приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям, определяется по формуле (1а):

$$R_0^{tr} = \frac{n(t_{ich} - t_{tsh})}{\Delta t^{tsh} \alpha_h} \quad (9)$$

Сопротивление теплопередаче однородной стеновой конструкции определяется на основе значения температурно-суточного показателя отопительного периода (D_d , °C·сут). Расчётные значения для общественных, административных и бытовых зданий выбираются в соответствии с требованиями QMQ 2.01.04–18: для зданий первой и второй категории при $D_d \leq 2000$ и для зданий третьей категории при $2000 < D_d \leq 3000$ —на основе таблиц 2а, 2б и 2в. В Нишанском районе Кашкадарьинской области, тепловые нагрузки были рассчитаны в соответствии с данным нормативным документом:

Таблица 6.

Теплопотери и общие тепловые нагрузки, определённые в зависимости от уровней теплоизоляции

Тепловая защита	Q_{td} , (W/h)	Q_{td} , (W/h)	Q_{td} , (W/h)	Q_{tde} , (W/h)	Q_{shift} , (W/h)	Q_{pol} , (W/h)	ΣQ , (W/h)
Результаты для комнаты 1							
I степень	731,46	430,3	595,2	364,9	342,1	333,96	2798
II степень	546,4	321,4	444,6	364,9	342,1	333,96	2353,47
III степень	405,4	238,5	329,87	277,03	246,34	333,96	1831,06
Результаты для комнаты 2							
Тепловая защита	Q_{td} , (W/h)	Q_{td} , (W/h)	Q_{td} , (W/h)	Q_{tde} , (W/h)	Q_{shift} , (W/h)	Q_{pol} , (W/h)	ΣQ , (W/h)
I степень	415,2	430,3	484,06	182,5	223,9	218,6	1954,73
II степень	310,2	321,4	361,58	182,5	223,9	218,6	1618,18
III степень	230,1	238,5	268,3	132,7	161,2	218,6	1249,4

Общая тепловая нагрузка общественного здания–объекта исследования– была рассчитана на основе QMQ 2.01.04–18. В результате установлено, что при I степени тепловой защиты $\Sigma Q=4752,5$ W/h, при II степени $\Sigma Q=3971,6$ W/h, а при III степени $\Sigma Q=3080,4$ W/h.

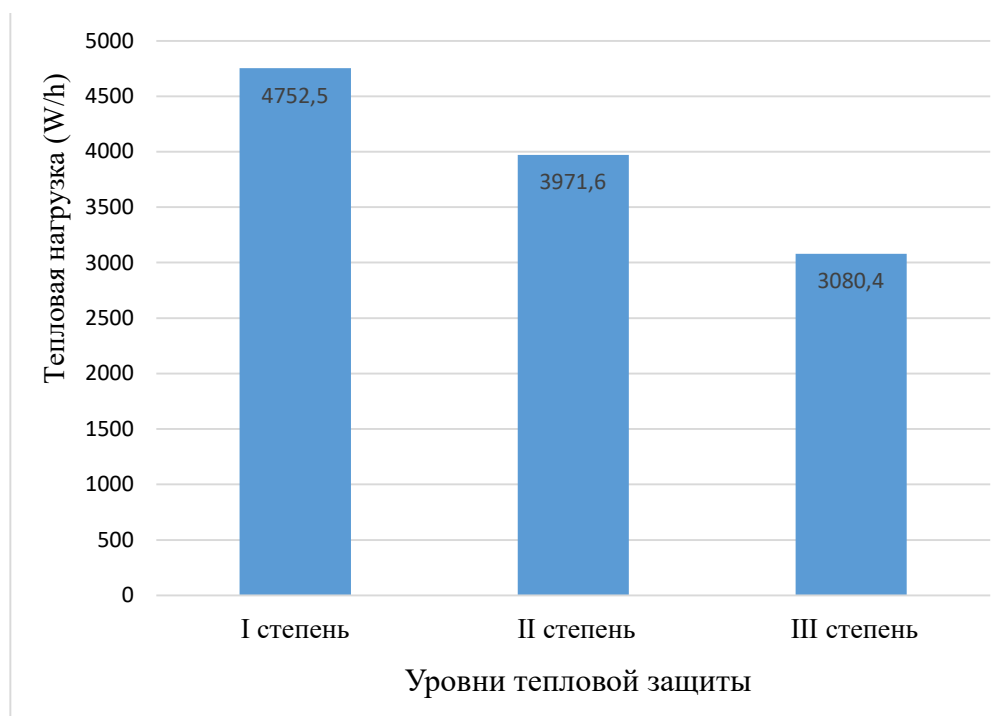


Рис. 17. График изменения тепловой нагрузки здания в зависимости от уровней тепловой защиты

Как уже упоминалось выше, охлаждающая или отопительная мощность устройства обычно измеряется в BTU (British Thermal Unit) или kW и определяется с помощью следующего выражения:

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T \quad (10)$$

Если воздушный поток задан в m^3/h , используется следующая формула:

$$Q = 1.08 \cdot CFM \cdot \Delta T$$

Охлаждающая и отопительная мощности устройства были рассчитаны отдельно для трёх рабочих режимов на основе вышеуказанных выражений и расширенных экспериментальных данных. Результаты расчётов сначала были получены в единицах W и BTU/h, а затем переведены в kW с использованием коэффициента пересчёта $1 \text{ BTU/h} \approx 0,293 \text{ kW}$ (при необходимости применялось округление). Полученные значения для системного сравнения были размещены соответственно в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

Показатели BTU и мощности в зависимости от размеров помещения в режиме охлаждения

Размеры помещения	BTU (British Thermal Unit)	Охлаждающая мощность
24 m ²	4350	1,2 kW
36 m ²	6526	1,9 kW
40 m ²	7244	2,1 kW

Таблица 8

Показатели BTU и мощности в зависимости от размеров помещения в режиме отопления

Размеры помещения	BTU (British Thermal Unit)	Отопительная мощность
24 m ²	5037	1,4 kW
36 m ²	7555	2,2 kW
40 m ²	8387	2,4 kW

С точки зрения эффективности, показатель EER (Energy Efficiency Ratio) устройства составляет 3,8, что указывает на высокую эффективность охлаждающей мощности. COP (Coefficient of Performance) равен 3,61, что свидетельствует об эффективной работе в режиме отопления. Показатель SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) оценивается на уровне 5,8 (A+), а SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) – на уровне 3,5 (A).

Таблица 9.

Общий анализ энергоэффективности

Capacity	Мощность охлаждения или обогрева	Охлаждения	kW	1,2/1,9/2,12
			BTU/h	4350/6526/7244
		Обогрев	kW	1,4/2,2/2,4
			BTU/h	5037/7555/8387
Power	Потребление	Охлаждения	кВт*ч	0,3/0,65/0,78
		Обогрев		0,38/0,61/0,66
Energy efficiency		EER (Нормал охлаждения)	—	3,8
		COP (Нормал обогрева)	—	3,61
		SEER (Cooling energy Grade)	—	5,8 (A+)
		SCOP (Heating energy Grade)	—	3,5 (A)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана структурная схема устройства «Climat control». В результате на основе данной схемы был изготовлен опытный образец устройства «Climat control».

2. На основе программы Matlab создана математическая модель устройства «Climat control», позволяющая определять потребление электрической энергии с учётом размеров помещения и внешней температуры. Это обеспечило возможность сопоставления теоретических и экспериментальных результатов исследований.

3. Разработан алгоритм работы инновационного устройства «Climat control» для управления температурой в помещениях социально значимых зданий в установленных диапазонах при отоплении и охлаждении. В результате на основе данного алгоритма обеспечен контроль умеренного микроклимата в помещении установки устройства.

4. Созданное в среде C++ программное обеспечение позволило определять потребление электрической энергии устройством «Climat control» в зависимости от объёма помещения установки.

5. Проведены экспериментальные исследования с использованием устройства «Climat control». В результате установлена его энергоэффективность по сравнению с существующими отопительно–охладительными устройствами.

6. На основе закона сохранения энергии и правила «Thumb» усовершенствован метод определения энергетической и экономической эффективности устройства «Climat control», что получило научное обоснование.

7. Научно обосновано определение потребления электрической энергии устройством «Climat control». В результате в системе охлаждения зданий достигнута экономия энергии в размере 1,99 кВт*ч, что обеспечило повышение энергоэффективности.

8. Согласно результатам научных исследований, в ООО «FRUGAL TECHNOLOGY» 5 существующих устройств были заменены на 5 устройств «Climat control». В результате достигнута годовая экономия электроэнергии и ресурсов в размере 10 620 829 сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/2025.28.11.T.16.01
ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES AT
BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

FERGANA STATE TECHNICAL UNIVERSITY

TURSUNOV DONIYOR ABDUSALIMOVICH

**INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE
HEATING-COOLING SYSTEM OF BUILDINGS**

05.05.01 – Energy systems and complexes

**DISSERTATION ABSTRACT
of Doctor of Philosophy (PhD) on Technical Sciences**

Fergana - 2025

The theme of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in Technical Sciences has been registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.4.PhD/T4233.

The dissertation accomplished at Fergana State Technical University.

The dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) has been published on the website of the Scientific Council (www.bstu.uz) and on the “ZiyoNet” Educational Information Portal (www.ziynet.uz)

Scientific advisor:

Jabborov Tulkin Kamolovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Official opponents:

Qarshiboyev Askar Ilashevich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Khudayarov Muzaffar Burkhonovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

Tashkent State Transport University

The defense of the dissertation will be held on January 17, 2026 y. at 10⁰⁰ o'clock at the meeting Scientific Council PhD.03/2025.28.11.T.16.01 at Bukhara state Technical University (Address: 200117, 15. Qayum Murtazoev Street. Bukhara, Phone: (+998 65) 223-78-87, e-mail: info@bstu.uz).

The dissertation is available at the Information-resource center of Bukhara State Technical University (registered under No. ____). (Address: 200117, 15. Qayum Murtazoev Street. Bukhara, Phone: (+99865) 223-78-87)

Abstract of dissertation distributed on December 29, 2025.

(Mailing report No. 5 on December 27, 2025).



N.N. Sadullayev

Chairman of the Scientific Council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

U.K. Mirxonov

Chairman of the Scientific Council on awarding scientific degrees, Doctor of Philosophy on Technical Sciences (PhD), Associate Professor

K.A. Samiyev

Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific Council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (PhD dissertation abstract)

Research objective:

Improving the energy efficiency of heating and cooling systems in administrative buildings

Object of the study:

Heating and cooling device for socially significant administrative buildings.

Research Tasks:

development of an equation system that allows for determining the consumed energy and evaluating the physical coefficient of performance (COP), considering electrical and thermal loads;

identification and optimization of system dynamics through real-time operational modeling;

determination of thermal and electrical energy efficiency based on experimental measurements in energy systems;

development of a functional block diagram to ensure efficient use of electrical energy by the device and assembling a prototype for experimental testing;

development of software for automatic load management in the energy system and real-time optimization of heating and cooling processes;

Subject of Study:

During the research, the law of conservation of energy, photoelectric effect, thermodynamic processes, heat exchange processes, laws of electrostatics and electrodynamics, as well as the "Thumb" rule were applied.

Research Methods:

Theory of mathematical modeling, methods of mathematical statistics in data processing, empirical equations, thermodynamic processes, heat balance and efficiency indicators, experimental research, thermography method, and economic analysis.

Scientific Novelty of the Research:

A mathematical model was developed to determine the electrical energy consumption and the physical coefficient of performance (COP) of an energy-efficient heating and cooling device based on the Peltier effect.

An energy-efficient structural diagram of the device was created, which allows achieving energy savings in cooling mode through the use of a Peltier element in the heating and cooling system, utilizing both conventional and renewable electricity sources.

Taking into account the factors affecting the energy efficiency of the proposed heating and cooling device, an empirical equation was derived based on experimental results, enabling the evaluation of its energy-saving potential.

An imitation (simulation) model based on a working algorithm was developed for the heating and cooling system, considering external influencing factors, to assess the device's performance.

Practical Outcomes of the Research:

A schematic of the device was developed using both traditional and non-traditional energy distribution systems along with Peltier effect and low-power components.

The “Climat Control” energy-efficient device was developed by replacing a complex circuit with a simplified one.

The energy efficiency of the new device in heating and cooling systems was scientifically justified based on its technical and economic indicators.

The operation algorithm of the device was developed taking into account the empirical equation.

A model-based simulation of the heating and cooling device was implemented considering the empirical equation.

Reliability of the Research Results:

This is substantiated by the use of modern metrologically certified measurement instruments and software, advanced mathematical data processing methods, as well as research methodologies prescribed in normative documents and the consistency between theoretical and experimental results.

Scientific and Practical Significance:

Scientific Significance: A mathematical expression was obtained enabling determination of the electrical energy consumed by the device and the corresponding operational algorithm was developed.

Practical Significance: A working prototype of the energy-efficient device was developed.

Implementation of Research Results:

Based on the scientific findings on improving energy efficiency in building heating and cooling systems, the energy-efficient device schematic using semiconductor and low-power elements was implemented in the Kashkadarya Regional Branch of JSC “Regional Electric Networks” (reference No. 01-05-20/107 dated March 11, 2024, from JSC “R.E.N.C.”).

The application of the “Climat Control” device in the cooling systems of administrative buildings resulted in annual savings of 3000 kWh of electricity by improving the energy efficiency of cooling units.

Research Results Validation:

The research outcomes were approved at 7 scientific-practical conferences, including 2 international and 5 national ones.

Publications:

A total of 18 scientific works have been published on the topic of the dissertation, including 6 articles in national journals recommended by the Higher Attestation Commission, 3 in international journals, and 3 in domestic journals. 5 software certificates were obtained.

Structure and Volume of the Dissertation:

The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total volume of the dissertation is 109 pages.

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

I bo'lim (I часть; I part)

1. Tursunov D.A. Analysis of available methods used in heating and cooling of buildings. Journal of Engineering and Technology (JET); Applied Vol. 12, Issue 2, Dec 2022, 135–140 © TJPRC Pvt. Ltd. (05.00.00; № 31).
2. Tursunov D.A. Obtaining a mathematical expression for the “Climate control” device. Journal of Engineering and Technology (JET); Applied Vol. 13, Issue 2, Dec 2023, 177–183 © TJPRC Pvt. Ltd (05.00.00; № 31).
3. Tursunov D.A., Jabborov T.K. Binolarning isitish va sovitish rejimida “Climat control” qurilmasi orqali o'tkazilgan eksperiment tadqiqotlar. FarPI Ilmiy-texnika jurnali. Farg'ona sh., 2023 yil, Tom 27, Spes. vip. Maxsus son № 16, 180–187-b.; (05.00.00; № 20).
4. Tursunov D.A., To'ychiyev Z.Z. “Climat control” Qurilmasining nazariy hisoblash natijalarini eksperiment tadqiqotlar natijalari bilan taqqoslash natijasidan kutiladigan xatolik. FarPI Ilmiy-texnika jurnali. Farg'ona sh., 2023 yil, Tom 27, Spes. vip. Maxsus son № 19, 320–325-b.; (05.00.00; № 20).
5. Tursunov D.A. Development of a Mathematical Model for Substantiating the Energy Efficiency of a Heating - Cooling Device. American Journal of Applied Science and Technology; Applied Volume 05, Issue 05, May 2025, pp:156-169; (Crossref; № 35).
6. Tursunov D.A. Isitish-sovitishda energiya samarador qurilmaning imitatsion modelini ishlab chiqish. «Development of Science» ilmiy elektron jurnali. 2025, Issue 6, Volume 3, b. 206–213; (OAK Rayosatining 2025 yil 12 fevraldagi 367-son qarori)

II bo'lim (II часть; II part)

7. Tursunov D.A. Zamonaviy konditsionerlardagi muammolar. “Energiya va resurs tejankor innovatsion texnologiyalarni rivojlantirishning dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy anjumani. Qarshi sh., 2022 yil 23 - 24 sentabr, b. 206 - 208.
8. Турсунов Д.А. Possibilities of using the peltier element in the development of a modern heating and cooling device. Международную научную конференцию «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики». Азербайджанской республики Сумгаитский государственный университет. 27 октября 2022 года 224-228 с.
9. Турсунов Д.А. Применение энергосберегающих технологий в климат-контроле. VII Международной научно-практической конференции «Энергетика и энергосбережение: теория и практика». Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. Г Кемерова 7-9 декабр 2022 года. 102-104-с.
10. Tursunov D.A., To'ychiyev Z.Z. Ijtimoiy ahamiyatga ega binolarning isitish tizimi muammolari. “Kelajak samarali energetikasi – muammolar va yechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya. Farg'ona sh., 2023 yil 14–15 dekabr.

11. Tursunov D.A., To'ychiyev Z.Z. Binolarning mikroiklim tizimlarida energiya va resurs tejamkorlik muammolari. "Kelajak samarali energetikasi – muammolar va yechimlar" mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya. Farg'ona sh., 2023 yil 14–15 dekabr.

12. Tursunov D.A. Isitish-sovitish tizimida energiya samarador qurilma sxemasini ishlab chiqish. "Farg'ona viloyati hududiy elektr ta'minoti tizimining energiya samaradorligini oshirish" mavzusidagi xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiy-texnikaviy anjuman. Farg'ona, 23–24 may 2025 yil, b. 398–401.

13. Tursunov D.A. Binolarni isitish-sovitishda energiya samarador qurilmaning tajriba namunasi ishlab chiqilishi va tadqiqotlar o'tkazilishi. "Farg'ona viloyati hududiy elektr ta'minoti tizimining energiya samaradorligini oshirish" mavzusidagi xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiy-texnikaviy anjuman. Farg'ona, 23–24 may 2025 yil, b. 422–430.

14. Tursunov D.A., Ismoilov I.K. "Frugal" qurilmasining A001 masofadan boshqarish pultining dasturiy ta'minoti. O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi, № DGU 19423. 14.06.2022.

15. Tursunov D.A., Ismoilov I.K. "Frugal" qurilmasining A002 masofadan boshqarish pultining dasturiy ta'minoti. O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi, № BGU 00807. 14.06.2022.

16. Tursunov D.A., Ismoilov I.K., Abdullayev A.A. Binoning hajmini hisobga olgan holda "Climat control" qurilmasining elektr energiya iste'molini aniqlash dasturi. O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi, № DGU 30903. 30.11.2023.

17. Tursunov D.A., Ismoilov I.K., Abdullayev A.A. "Climat control" qurilmasining nazariy hisoblash natijalarini eksperiment tadqiqotlar natijalari bilan taqqoslash natijasida kutiladigan xatolikni aniqlash dasturi. O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi, № DGU 32888. 15.01.2024.

18. Tursunov D.A., Haqiqov A.U. "Isitish-sovitish" tizimida energiya samarador qurilmaning ishlash algoritmining texnik hisobi. O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi, № DGU 52418. 03.06.2025.

**Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz tilidagi matnlari
“IPAKYO‘LI” nashriyotida tahrirdan o‘tqizildi.**



Bosishga ruxsat etildi: 29.12.2025.

Qog‘oz bichimi 60x84 1/16.

Times New Roman garniturasida chop etildi.

Hajmi 3,25 bosma taboq. Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 449.

“West Media Express” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.

Bosmaxona manzili: Buxoro shahri,

Qayum Murtazoyev ko‘chasi 15A uy.

Tel: +998 55 311 39 00

