ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԴԱՎԻԹ ԳԵՎՈՐԳԻ ՀԱԿՈԲՅԱՆ

ՋԵՌՈՒՑՄԱՆ, ՕԴԱՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՕԴԻ ԼԱՎՈՐԱԿՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԷՆԵՐԳԱԽՆԱՅՈՂՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ՈՒՂԻՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

Ե.23.03- «Շենքերի և կառույցների ճարտարագիտական (էներգետիկ, հիդրավլիկ և այլն) ապահովում» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

ԵՐԵՎԱՆ 2026

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРМЕНИИ

ДАВИД ГЕВОРГОВИЧ АКОПЯН

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03- «Инженерное (энергетическое, гидравлическое и др.) обеспечение зданий и сооружений»

ЕРЕВАН 2026

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝ տեխ.գիտ.դոկտոր, պրոֆեսոր
Սերգեյ Աշոտի Մինասյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր
Պարգև Հովհաննեսի Բալջյան

տեխ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ
Աշոտ Խաչիկի Գրիգորյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ **Հայաստանի ազգային պոլի–տեխնիկական համալսարան**

Պաշտպանությունը կայանալու է 2026թ. փետրվարի 10-ին ժամը 13:00-ին Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի (ՃՇՀԱՀ) կից գործող ՀՀ ԿԳՄՍՆ ԲԿԳԿ-ի 030 մասնագիտական խորհուրդում:

Հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ. 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՃՇՀԱՀ-ի գիտական գրադարանում:

Հասցեն՝ 0079, ք. Երևան, Մառի փ. 17/1:

Սեղմագրին կարելի է ծանոթանալ ՃՇՀԱՀ պաշտոնական կայքում՝ www.nuaca.am:

Սեղմագիրը առաքված է 2026թ. հունվարի 09-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,
տեխնիկական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ **Ս.Մ. ԷԳՆԱՏՈՍՅԱՆ**

Тема диссертации утверждена в Национальном университете архитектуры и строительства Армении

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Сергей Ашотович Минасян

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Паргев Оганнесович Балджян

кандидат технических наук, доцент
Ашот Хачикович Григорян

Ведущая организация: **Национальный политехнический университет Армении**

Защита состоится 10-го февраля 2026г. в 13:00 часов на заседании специализированного совета 030 строительство МОНКС РА КВОН, действующего при Национальном университете архитектуры и строительства Армении (НУАСА).

Адрес: 0009, г. Ереван, ул. Теряна,105.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке НУАСА

Адрес: 0079, Ереван, ул. Марра, 17/1

С авторефератом можно ознакомиться на официальном сайте НУАСА: www. nuaca.am

Автореферат разослан 09-го января 2026г.

Ученый секретарь специализированного совета:
кандидат технических наук, доцент **С. М. ЭГНАТОСЯН**

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Աշխատանքի արդիականությունը: Հայաստանի տնտեսական ակտիվության ցուցանիշը 2022 թվականի առաջին եռամսյակում նախորդի համեմատ աճել է 9.6%–ով, ինչը պայմանավորված է նաև շինարարության աճով՝ +8.2%: Իրականացվող շինարարության ծավալի գերակշռող մասը կազմում են բազմաբնակարան շենքերը, որոնց իրացումը հետագայում կբերի վառելիքաէներգետիկ ծախսերի աննախադեպ աճի: ՀՀ-ում ջեռուցման, հովացման և օդափոխության (ՋՀՕ) համակարգերը լայնորեն կիրառվում են հասարակական, կուլտուրկենցաղային, բուժպրոֆիլակտիկ նշանա–կության շենքերում, սակայն վերջին տարիներին նկատվում է այդ համակարգերի ներդրման միտում նաև բազմաբնակարան շենքերում: ՋՀՕ համակարգերը սովորաբար շենքի էներգետիկ բալանսի ամենամեծ սպառողն են, և հաճախ նրանց իրական էներգասպառումը գերազանցում է նախագծման փուլում սահմանված ցուցանիշները: Միայն օդորակման համակարգերի էներգիայի սպառումը կազմում է շենքի էներգիայի ընդհանուր ծախսերի մոտ 51%-ը:

Այսպիսով, հաշվի առնելով Հայաստանի խոցելի էներգետիկ վիճակը և շինարարության շարունակական աճը, շենքերի էներգաարդյունավետության և ներդրվող ինժեներական համակարգերի էներգախնայողության բարձրացման հիմնահարցերը երկրի էներգետիկ անվտանգության տնտեսական զարգացման գլխավոր պայմանն են:

Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները:

Ուսումնասիրության նպատակն է զարգացնել և կատարելագործել ջեռուցման, օդափոխության, օդի լավորակման համակարգերի էներգախնայողության և էներգաարդյունավետության տեսությունը և պրակտիկան, վերլուծել և մշակել շենքերի էներգաարդյունավետության համալիր լուծումների ռազմավարությունը շինարարության շարունակական աճի պայմաններում:

Աշխատանքի խնդիրներն են.

1. ուսումնասիրել առաջատար երկրների գիտատեխնիկական փորձը, վերլուծել և գնահատել դրանց կիրառման կամ տեղայնացման նպատակահարմարությունը,
2. իրականացնել ՀՀ շրջանների էներգետիկ անվտանգության վիճակի և զարգացման միտումների վերլուծություն, պարզաբանել էներգետիկ անվտանգության տնտեսական էությունը, դերը և տեղը ՀՀ տնտեսական անվտանգության համակարգում,
3. ուսումնասիրել և կատարելագործել ՋՀՕ համակարգերի էներգախնայողության նորարարական գործնական առաջարկություններ,
4. մշակել շենքի արտաքին կոնստրուկցիաների (ծրարի) էներգաարդյունավետության բարձրացմանը նպաստող համալիր լուծումները:

Հետազոտության մեթոդաբանությունը:

- Ուսումնասիրել հետազոտման առարկային վերաբերող տեղական և միջազգային գրականությունը:
- Ուսումնասիրել և վերլուծել տարբեր երկրներում կատարված նորագույն հետազոտությունների տվյալները:
- Կատարել համապատասխան հաշվարկներ՝ օգտագործելով համակարգչային ծրագրեր և համեմատական վերլուծություններ:
- Վերլուծել ստացված արդյունքները, կատարել համապատասխան եզրակացություններ

Աշխատանքի գիտական նորույթը:

- Մեքենայական ուսուցման վրա հիմնված իրական ժամանակի կառավարում: Նեյրոնային ցանցերի և անորոշ տրամաբանության համակցված համակարգը, որը կանխատեսում է շենքի զբաղվածությունը, միաժամանակ օպտիմալացնում է հարմարավետության մակարդակը և էլեկտրաէներգիայի սպառումը՝ ստեղծելով խելացի ՋՀՕ կառավարման ինքնալից համակարգ:
- Մշակվել է մաթեմատիկական ալգորիթմ արտաքին պատող կոնստրուկցիաներում՝ ապակեպատ մակերևույթների օպտիմալ ստվերավորման արժեքի ստացման համար՝ ըստ աշխարհագրական դիրքի և կողմնորոշման, որը հնարավորինս ամենաարդյու–նավետը և ամենաէֆեկտիվն է ՋՀՕ համակարգերի համար: Մեթոդի հիման վրա մշակվել է համակարգչային ծրագիր, որի կիրառումը հնարավորություն է տալիս ընտրել ՀՀ-ում շենքի ապակեպատ մակերևույթների օպտիմալ ստվերավորման խորությունը:

Աշխատանքի գիտագործնական նշանակությունը:

- ՀՀ-ում շահագործվող բնակելի շենքերի ՋՀՕ համակարգերի էներգաարդյունավետության բարելավումը, ինչը կբերի էներգախնայողության:
- Արտաքին պատող կոնստրուկցիաներում ջերմամեկուսացման օպտիմալ շերտի հաստության ճշգրիտ որոշումը շենքերում հնարավորություն է տալիս զգալիորեն կրճատել ՋՀՕ համակարգերի ծանրաբեռնվածությունները:
- Ստացված ծրագիրը հնարավորություն կտա շենքը նախագծողներին, մուտքագրելով ելակետային տվյալները, ստանալ օպտիմալ ստվերավորման արժեքները, ինչը կբերի էներգախնայողության:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Շենքերի էնեգաարդյունավետության բարձրացման մեթոդները (ՋՀՕ համակարգերի միջոցով), հաշվարկի և նախագծման մեթոդները, տեսական հետազոտությունները, ստացված բանաձևը և ծրագիրը օպտիմալ ստվերավորման համար, գիտափորձերի արդյունքները և էներգատնտեսական արդյունավետության գնահատումը:

Հետազոտության արդյունքների հավաստիությունը:

Առաջարկված մոտեցումները, մեթոդները և դրանց արդյունքները հավաստի են, հիմնված են թերմոդինամիկական ու ջերմատեխնիկական հաշվարկների ու դրանց վերլուծության իրականացման ներկայումս գործող մեթոդների, համակարգային վերլուծության հայտնի դրույթների կիրառման վրա:

Աշխատանքի նախափորձապաշտպանությունը:

Ատենախոսության տարբեր բաժինները քննարկվել են ՃՇՀԱՀ ՋԳՄՕ ամբիոնի սեմինարներում:

Ատենախոսության հրապարակումները: Ատենախոսության հիմնական դրույթներն ու հետազոտության արդյունքները հրապարակված են 6 գիտական հոդվածներում:

Ատենախոսության կազմը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է 4 գլուխներից, եզրակացություններից և հավելվածներից: Աշխատանքի ծավալը կազմում է 136 էջ հիմնական տեքստ՝ ներառյալ 27 նկար, 17 աղյուսակ, ինչպես նաև լրացուցիչ 3 հավելվածներ: Գրականության ցանկը պարունակում է 133 վերնագիր:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Առաջին գլուխը վերաբերում է ՋՀՕ համակարգերի էներգաարդյունավետության պատմական զարգացմանը՝ 19-րդ դարի գոլորշու ջեռուցիչներից մինչև ժամանակակից AI-օպտիմալացված համակարգերը: Նշվում է, որ 1902թ. Ուիլիս Քերիերի կողմից մշակվել և ներդրվել է առաջին օդորակիչը, որը հիմք է հանդիսացել ժամանակակից ՋՀՕ համակարգերի զարգացման համար: Հետազոտության արդյունքները ցույց են տալիս, որ 1970-ականների էներգետիկ ճգնաժամը հանգեցրել է ASHRAE 90.1 ստանդարտի ընդունմանը (1975թ.) և էներգախնայողության միջազգային քաղաքականությունների ձևավորմանը: Փաստվում է, որ 1990-ականներին մշակվել և կիրառվել են VRF տեխնոլոգիաները և ջերմության վերականգնման համակարգերը, որոնք ապահովել են 40-55% էներգախնայողություն: Ներկայումս շենքերում սպառվում է համաշխարհային էներգիայի 40%-ը, որից ՋՀՕ համակարգերի բաժինը կազմում է 40-60%: Եզրակացվում է, որ ժամանակակից լուծումները՝ մեքենայական ուսուցում, IoT ինտեգրում և վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներ, ապահովում են զրո զուտ էներգասպառմամբ շենքերի ստեղծման հնարավորություն՝ հասնելով 30-55% ընդհանուր էներգախնայողության:

Գլուխը ներառում է ՋՀՕ համակարգերի օպտիմալացման ռազմավարությունները և զարգացման միտումները: Նպատակն է շենքերի էներգասպառման 40-60%-ը կազմող ՋՀՕ համակարգերում մշակել և կիրառել առաջադեմ օպտիմալացման մեթոդներ՝ էներգախնայողության և հարմարավետության ապահովման համար: Ներկայացվել և վերլուծվել են կանոնների վրա հիմնված համակարգերից դեպի ՄԿԿ և ԱԲ տեխնոլոգիաների անցումը՝ 7.3-8.5% էներգախնայողությամբ: Մշակվել և ներդրվել են DRL ալգորիթմներ, որոնք ապահովում են մինչև 40% էներգիայի կրճատում: Կիրառվել են IoT սարքավորումներ և թվային երկակի տեխնոլոգիաներ իրական ժամանակի օպտիմալացման համար՝ 20-30% ծախսերի կրճատմամբ: Մշակվել են բազմանպատակ օպտիմալացման մեթոդներ՝ 15-30% էներգախնայողությամբ և հարմարավետության պահպանմամբ: Ինտեգրվել են վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներ և խելացի ցանցային համակարգեր՝ շենքերը վերափոխելով էներգիայի ակտիվ մասնակիցների:

Իրականացվել է ՋՀՕ համակարգերում էներգախնայողության միջոցառումների կիրառելիության գնահատում: Նպատակն է շենքերի 30-40% էներգասպառման և ՋՀՕ համակարգերի 50% բաժնեմասի պայմաններում մշակել և գնահատել էներգաարդյունավետության տեխնոլոգիաների կիրառման մեթոդներ: Ներկայացվել են պասիվ տեխնոլոգիաներ՝ շենքի պատյանի օպտիմալացում 15-40% խնայողությամբ և փուլային փոփոխության նյութեր՝ 10-25% բեռնվածության նվազեցմամբ: Մշակվել և կիրառվել են ակտիվ համակարգեր՝ ՓՕԾ տեխնոլոգիա՝ 15-30% խնայողությամբ, ջերմության վերականգնում՝ 60-95% արդյունավետությամբ: Ներդրվել են խելացի կառավարման համակարգեր՝ ՇԷԿՀ և ՄԿԿ տեխնոլոգիաներ՝ 15-30% էներգախնայող–ությամբ: Գնահատվել է կլիմայական գոտիների ազդեցությունը՝ տաք-խոնավ պայմաններում 20-40%, ցուրտ կլիմայում՝ 25-45% խնայողությամբ: Իրականացվել են վերազինման նախագծեր՝ 15-30% արդյունքով և 3-7 տարի հետվճարման ժամկետով: Վերլուծվել են 960 ՋՀՕ համակարգեր՝ գրասենյակներում 35-45%, հյուրանոցներում 20-30%, դպրոցներում՝ 30-40% խնայողությամբ:

Գլուխը անդրադարձել է ՋՀՕ համակարգերում ջերմամեկուսիչ նյութերի էներգաարդյունավետության գնահատման մեթոդներին: Նպատակն է շենքերի 40% էներգասպառման և 36% CO2 արտանետումների պայմաններում մշակել և կիրառել ջերմամեկուսիչ նյութերի ընտրության և գնահատման օպտիմալ մեթոդաբանություն: Ներկայացվել են ավանդական նյութեր՝ ապակեթելք 0.030-0.040 Վտ/(մ·Կ), XPS և PIR փրփուրներ՝ R5-8/դյույմ արժեքներով: Մշակվել և փորձարկվել են առաջադեմ նյութեր՝ աերոգելներ 0.012-0.024 Վտ/(մ·Կ), ՎՄՊ պանելներ՝ 0.002-0.004 Վտ/(մ·Կ) ջերմահաղորդականությամբ: Գնահատվել է խոնավության ազդեցությունը՝ 20-300% ջերմահաղորդականության աճ տարբեր նյութերում: Հաստատվել է օդատար համակարգերում 20-40% էներգիայի կորուստ չմեկուսացված խողովակներում: Ներդրվել են խելացի համակարգեր՝ IoT սենսորներ՝ 30% խնայողությամբ, ԱԲ օպտիմալացում՝ 25% էներգիայի կրճատմամբ: Մշակվել են նոր տեխնոլոգիաներ՝ ինքնավերականգնվող ՎՄՊ պանելներ, 3D տպագրություն և նանոնյութեր:

Քննարկվում է ՋՀՕ համակարգերի էներգաարդյունավետության օպտիմալացումը ավտոմատացման տեխնոլոգիաների միջոցով՝ բնակելի շենքերի 43-61% էներգասպառման կրճատման համար: Նպատակն է բնակելի շենքերի 43-61% էներգասպառման պայմաններում մշակել և կիրառել BIM, IoT, ՄԿԿ, ԱԲ և թվային երկվորյակների տեխնոլոգիաներ՝ էներգախնայողության ապահովման համար: Ներկայացվել են առաջադեմ վերահսկման մեթոդներ՝ 10-40% էներգախնայողությամբ: Մշակվել և փորձարկվել է Մոդելային կանխատեսող կառավարում (ՄԿԿ), որը ցուցադրել է մինչև 70% խնայողություն որոշ կիրառություններում: Ներդրվել են IoT սենսորային ցանցեր՝ իրական ժամանակի մոնիտորինգի և կանխատեսող սպասարկման համար: Ինտեգրվել է BIM տեխնոլոգիան թվային երկվորյակների ստեղծման համար՝ ապահովելով վիրտուալ սիմուլյացիա և օպտիմալացում: Կիրառվել են արհեստական նեյրոնային ցանցեր՝ (ԱՆՑ) 13.2% սառեցման էներգախնայողությամբ: Մշակվել են գենետիկ ալգորիթմներ՝ բազմանպատակ օպտիմալացման համար: Հաստատվել են հիմնական մարտահրավերները՝ տվյալների որակ, համակարգային ինտեգրում, հաշվողական պահանջներ: Իրականացվել են գործնական փորձարկումներ՝ 40% փաստացի խնայողությամբ երկամսյա շահագործման ընթացքում:

Ներկայացվել է վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների ինտեգրումը ՋՀՕ համակարգերում: Նպատակն է շենքերի 40% էներգասպառման պայմաններում մշակել և կիրառել արևային, գեոթերմալ և այլ վերականգնվող տեխնոլոգիաներ՝ կայուն շահագործման ապահովման համար: Ներկայացվել են արևային տեխնոլոգիաներ՝ ֆոտովոլտային-ջերմային (ՖՋ) համակարգեր 53% ջերմային և 13% էլեկտրական արդյունավետությամբ: Մշակվել են արևային-ջերմային պոմպի համակցված համակարգեր՝ 30-50% էներգախնայողությամբ: Ներդրվել են գրունտային աղբյուրով ջերմային պոմպեր՝ (ԳԱՋՊ) 3.0-5.0 ջեռուցման և 3.5-7.0 հովացման COP արժեքներով: Փորձարկվել են հիբրիդային արևային-երկրաջերմային համակարգեր՝ 4.0-9.8 COP ցուցանիշներով և 50-75% էներգախնայողությամբ: Կիրառվել են լրացուցիչ տեխնոլոգիաներ՝ կենսազանգվածի համակարգեր՝ 80% արդյունավետությամբ, խոնավություն կլանող նյութերով հովացում, գոլորշիացման տեխնոլոգիաներ: Ինտեգրվել են խելացի կառավարման համակարգեր 15-30% լրացուցիչ խնայողությամբ: Գնահատվել է տնտեսական արդյունավետությունը՝ 20-25 տարվա հետվճարման

ժամկետով: Հաստատվել են բնապահպանական օգուտները՝ 40-90% ջերմոցային գազերի կրճատում տարբեր համակարգերում:
Նպատակն է ՀՀ շինարարության ոլորտում ՋՀՕ համակարգերի էներգաարդյունավետության բարձրացման համար մշակել և կիրառել օպտիմալացման տեխնոլոգիաներ, որոնք ապահովում են 30-75% էներգախնայողություն: Հետազոտությունը հաստատել է, որ պասիվ նախագծման, ակտիվ համակարգերի, խելացի կառավարման և վերականգնվող էներգիայի համալիր ինտեգրումը ապահովում է զգալի էներգախնայողություն՝ 2-5 տարվա հետվճարման ժամկետով: Արդյունքները ցույց են տվել, որ ՄԿԿ, ԱԲ, IoT և թվային երկվորյակների կիրառումը՝ համադրված առաջադեմ մեկուսիչ նյութերի և հիբրիդային վերականգնվող համակարգերի հետ, ստեղծում է կայուն և տնտեսապես արդյունավետ լուծումներ շենքերի շահագործման համար:
Երկրորդ գլուխը ներկայացնում է շենքերի էներգաարդյունավետության բարձրացման հինգ հիմնական ուղղություն՝ ներառյալ ջերմամեկուսացման օպտիմալացում, խելացի կառավարման համակարգեր և արհեստական բանականության կիրառություն:
Ուսումնասիրվում է ջերմամեկուսիչ նյութերի ընտրության օպտիմալացումը՝ կլիմայական պայմանների և հարմարավետ միկրոկլիմայի ապահովման համակարգերի հաշվառմամբ: Նպատակն է ՀՀ շինարարության ոլորտում, բնակելի շենքերի ՋՀՕ համակարգերում էներգաարդյունավետության բարձրացման համար մշակել և կիրառել ջերմամեկուսիչ նյութերի օպտիմալ հաստության որոշման մաթեմատիկական մոդել: Վերլուծվել են 7 տեսակի ջերմամեկուսիչ նյութեր՝ 0.022-0.042 Վտ/(մ·Կ) ջերմահաղորդականությամբ: Հաշվարկվել են ջեռուցման աստիճան-օրերը՝ Երևան՝ 2660°C·օր, Ջերմուկ՝ 4558°C·օր, Գյումրի՝ 4177 °C·օր: Որոշվել են ջերմափոխանցման գործակիցները բնակելի շենքերի համար՝ 0.33-0.44 Վտ/(մ^2·Կ): Մշակվել է մաթեմատի–կական մոդել՝ 144մ^2 մակերեսով և 432մ^3 ծավալով մեկհարկանի տան համար: Կիրառվել է պրոֆեսոր Զ.Ա. Մելիքյանի մեթոդաբանությունը՝ ջեռուցման և սառեցման պահանջարկի հաշվարկման համար: Որոշվել է ջերմամեկուսացման օպտիմալ հաստությունը՝ 0.15մ բոլոր երեք քաղաքների համար: Հաստատվել է, որ պատող կոնստրուկցիաների ջերմային բնութագրերը բարելավվում են 30%-ով: Արձանագրվել է շենքի էներգաարդյունավետության 50-70% աճ օպտիմալ ջերմամեկուսացման կիրառման դեպքում:
Քննարկվում է շենքերի ծածկույթների ջերմամեկուսացման օպտիմիզացումը սառը կլիմայական պայմաններում: Նպատակն է ՀՀ Սյունիքի մարզի Սիսիան քաղաքում բնակելի շենքերի էներգաարդյունավետության բարձրացման համար մշակել և կիրառել պոլիուրեթանային փրփուրի մեկուսացման օպտիմալ լուծումներ: Հետազոտվել է երկհարկ 180մ^2 ջեռուցվող մակերեսով տուֆե պատերով և երկաթբետոնե կարկասով բնակելի շենք: Որոշվել են ջերմային կորուստները 17.0 կՎտ և սեզոնային վառելիքի ծախսը 2464-2551 մ^3/սեզոն: Կիրառվել է 50մմ հաստությամբ պոլիուրեթանային փրփուր՝ 35-40 կգ/մ^3 խտությամբ և 0.022 Վտ/(մ·°C) ջերմահաղորդականությամբ: Մեկուսացումից հետո արտաքին պատերի ջերմափոխանցման գործակիցը նվազել է 1.41-ից մինչև 0.34Վտ/(մ^2·°C): Վառելիքի սեզոնային ծախսը կրճատվել է 1066-1106 մ^3/սեզոն՝ ապահովելով 2.3 անգամ խնայողություն: Արձանագրվել է էներգաարդյունավետության զգալի բարելավում բնական գազի սպառման կրճատման հաշվին: Հաստատվել է

պոլիուրեթանային փրփուրի մեկուսացման արդյունավետությունը սառը լեռնային կլիմայական պայմաններում:
Ուսումնասիրվել են շենքերի ՋՀՕ համակարգերի էներգաարդյունավետության բարձրացման հիմնական ուղղությունները և դրանց կիրառման հնարավորությունները ՀՀ պայմաններում: Նպատակն է ՀՀ էներգետիկ համակարգում մշակել և կիրառել էներգախնայողության բարձրացման մեխանիզմներ՝ օգտագործելով վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներ և ավտոմատացված կառավարման համակարգեր: Վերլուծվել է «Էներգետիկայի մասին» 2001թ. օրենքը և պետական քաղաքականության հիմնական սկզբունքները: Համեմատվել են շիկացման և լուսադիոդային լամպերի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները՝ 100Վտ և 20Վտ հզորություններով: Հաշվարկվել է էներգախնայողությունը՝ 5 անգամ կրճատում լուսադիոդային լամպերի կիրառման դեպքում: Ներկայացվել են «խելացի» էներգահամակարգերի ստեղծման հեռանկարները և կուտակիչ համակարգերը: Մշակվել է հիդրոկուտակիչ էլեկտրակայանի (ՀԿԷԿ) հզորության հաշվարկի մեթոդաբանություն՝ P=9.81ηQH բանաձևով՝ 70-75% ՕԳԳ-ով: Արձանագրվել է ավտոմատ անջատման համակարգերի կիրառման արդյունավետությունը՝ տարեկան 2,590,848 դրամ խնայողությամբ: Հաստատվել է վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների և էներգախնայող տեխնոլոգիաների ինտեգրման անհրաժեշտությունը ՀՀ էներգետիկ համակարգում:
Դիտարկվում է շենքերի ՋՀՕ համակարգերի կառավարման էներգաարդյունավետ համակարգ՝ զբաղվածության կանխատեսման տեխնոլոգիայի կիրառմամբ: Նպատակն է ՀՀ բնակելի և առևտրային շենքերում մշակել և կիրառել փոփոխական փոխադրման վերականգնման մոդելի վրա հիմնված զբաղվածության կանխատեսման ալգորիթմ՝ ՋՀՕ համակարգերի օպտիմալ կառավարման համար: Մշակվել է 2R1C RC շղթայի մոդել՝ շենքի ջերմային դինամիկայի նկարագրման համար: Փորձարկվել է 10×10×3մ չափերով մոդելային շենք Վայք քաղաքում: Ներդրվել է փոփոխական փոխադրման վերականգնման մոդել՝ y(k) զբաղվածության վիճակի կանխատեսման համար: Հավաքվել և վերլուծվել են 73 օրվա զբաղվածության տվյալներ՝ 53 աշխատանքային և 20 հանգստյան օրեր: Որոշվել են օպտիմալ փոփոխականները (44, 56, 68)՝ առավելագույն հավանականության մեթոդով: Համեմատվել են երեք մեթոդներ՝ առաջարկվող մոդել, պարզ համամասնություն և Մարկովյան շղթա: Արձանագրվել է 8%-ից ավել էներգախնայողություն λ≈230 պարամետրի դեպքում: Բարելավվել են DI-I և DI-II անհարմարավետության ցուցանիշները՝ ապահովելով սպառողների հարմարավետության բարձր մակարդակ: Հաստատվել է փոփոխական փոխադրման վերականգնման մոդելի գերազանցությունը զբաղվածության կանխատեսման և ՋՀՕ համակարգերի օպտիմալ կառավարման համար:
Ուսումնասիրվել է արհեստական բանականության մեթոդների անորոշ տրամաբանության վերահսկման (ԱՏՎ) և նեյրոնային ցանցերի կիրառումը ՋՀՕ համակարգերի կառավարման արդյունավետության բարձրացման համար: Նպատակն է ՀՀ շենքերի էներգասպառման օպտիմալացման համար մշակել և կիրառել ԱՏՎ և նեյրոնային ցանցերի վրա հիմնված ինտելեկտուալ ՋՀՕ կառավարման համակարգ: Մշակվել է եռաբաղադրիչ անորոշ համակարգ՝ ֆազիֆիկացիա, տրամաբանական մշակում և դեֆազիֆիկացիա փուլերով: Կիրառվել են եռանկյունաձև և թակարդաձև պատկանելիության ֆունկցիաներ: Համադրվել են ԱՏՎ և նեյրոնային ցանցերը՝ ստեղծելով

նեյրո-անորոշ կառավարման համակարգ: Համեմատվել են երեք համակարգերի ցուցանիշները. ավանդական ՋՀՕ՝ 50 կՎտ·ժ/օր, ԱՏՎ՝ 40 կՎտ·ժ/օր, նեյրոնային ցանց և ԱՏՎ՝ 30 կՎտ·ժ/օր էներգասպառումով: Որոշվել են արձագանքման ժամանակները՝ համապատասխանաբար 10, 6 և 3 րոպե: Ջերմաստիճանի կարգա–վորումը 18-22°C միջակայքում ցուցադրել է նվազագույն շեղումներ համակցված համակարգում: Արձանագրվել է 40% էներգախնայողություն համակցված ինտելեկտուալ համակարգի կիրառման դեպքում: Հաստատվել է նեյրո-անորոշ կառավարման համակարգի գերազանցությունը արդյունավետության, արձագանքման արագության և էներգախնա-յողության տեսանկյունից:

Համալիր մոտեցումը՝ համատեղելով ջերմամեկուսացումը, զբաղվածության կանխա-տեսումը և խելացի կառավարումը, զգալիորեն բարձրացնում է էներգախնայողության մակարդակը:

Երրորդ գլուխը նվիրված է պասիվ ստվերավորման համակարգերի էներգաարդյու-նավետության հետազոտմանը Հայաստանի կլիմայական պայմաններում: Հետա-զոտության ընթացքում կատարվել են մանրամասն տեսական և գործնական աշխատանքներ՝ ուղղված հորիզոնական և ուղղահայաց ստվերավորման համակարգերի օպտիմալ պարամետրերի որոշմանը:

Ուսումնասիրվել է պասիվ ստվերավորման համակարգերի օպտիմալ պարամետրերի որոշումը COAF Smart կենտրոնի հիման վրա: Վերլուծվել են բազմաֆունկցիոնալ շենքի (3,850 մ², 4 հարկ) ճարտարապետական-ջերմատեխնիկական բնութագրերը՝ արտաքին պատեր (365 մմ, R=3.165 մ²·Կ/Վտ, U=0.356 Վտ/մ²·Կ), 844 մ² պատուհաններ (U=1.500Վտ/մ²·Կ, ՇՋՆԳ=0.550, 4-16-4 մմ ապակեփաթեթներ), տանիք U=0.201 և հատակ U=0.568 Վտ/մ²·Կ: Գնահատվել է 4-խողովակային ֆանկոյլային համակարգ՝ 60% ռեկուպերացիայով, 42,368 մ³/ժ թարմ օդ, 22±1°C ամառային և 21±1°C ձմեռային պահպանմամբ: Արմավիրի կլիման (40.2°N, 44.0°E, 870մ) բնութագրվում է 33°C ամառային, -20°C ձմեռային, 73°/27° արևի բարձրություն, 1,800 կՎտ/մ² տարեկան ճառագայթում, 2,650 ժ արևափայլ, CDD=1,200 և HDD=2,600 °C·օր: HAP մոդելում մուտքագրվել են 43 սենյակների բնութագրերը՝ մարդկային, լուսավորության, սարքավորումների ջերմային բեռներ և զբաղվածության ժամանակացույցներ՝ երեք տարբերակների (առանց ստվերավորման, 1.2մ միատեսակ, օպտիմալացված) համեմատական ուսումնասիրության համար:

Կատարվել է պասիվ ստվերավորման համակարգերի արդյունավետության քանակական գնահատում՝ մաթեմատիկական մոդելավորման և տարբերակների վերլուծության կի-րառմամբ: Հետազոտության շրջանակներում մշակվել և համեմատական ուսումնասիրության ենթարկվել են երեք հիմնական ստվերավորման սցենար:

Մանրամասն ուսումնասիրվել են շենքի բոլոր ընդգրկված կառուցվածքային տարրերի ջերմային հատկանիշները: Արտաքին պատերի բազմաշերտ կոնստրուկցիան (ընդամենը 365 մմ հաստություն) բաղկացած է հետևյալ շերտերից՝ 15 մմ գիպսային սվաղ (λ=0.21Վտ/մ·Կ), 200 մմ կառուցվածքային երկաթբետոն (λ = 1.69 Վտ/մ·Կ), 100 մմ XPS ջերմամեկուսիչ (λ = 0.034 Վտ/մ·Կ), 20 մմ ցեմենտային շաղախ (λ = 0.93 Վտ/մ·Կ), 30 մմ տրավերտին (λ = 2.30 Վտ/մ·Կ): Ընդհանուր ջերմային դիմադրությունը R = 3.165 մ²·Կ/Վտ, ջերմափոխանցման գործակիցը U=0.356 Վտ/մ²·Կ, որը գերազանցում է ՀՀ շինարարական նորմերի պահանջները: Պատուհանները (844 մ²՝ շենքի 22%-ը) կազմված

են 4-16-4 մմ ապակեփաթեթներից (U=1.500 Վտ/մ²·Կ, արևային ջերմության ներթափանցման գործակից ՇՋՆԳ=0.550, տեսանելի լույսի ներթափանցում VLT=0.700): Տանիքի U=0.201, հատակի U=0.568 Վտ/մ²·Կ: HAP համակարգչային սիմուլյացիայի օգնությամբ ներկայացրել են ջեռուցման և հովացման բեռը բոլոր տարբերակների համար:

Տարբերակ 1: Պատուհանները առանց ստվերավորման

Առաջին տարբերակի HAP համակարգչային սիմուլյացիայի արդյունքները ներկայացրել են հովացման բեռերի նկատմամբ հետևյալ բացահայտ ջերմային բաղադրիչների բաշխումը՝ արևային ճառագայթում պատուհաններից 75,822 Վտ (28.9%, ամենամեծ միանվագ բաղադրիչ), մարդկանց ջերմանջատում 73,462 Վտ (27.9%), էլեկտրական սարքավորումներ 53,745 Վտ (20.4%), լուսավորություն 37,521 Վտ (14.3%), օդափոխության բացահայտ ջերմաքանակ 21,854 Վտ (8.3%), պատերի միջոցով ջերմափոխանցում 4,673 Վտ (1.8%), տանիքի միջոցով ջերմափոխանցում 3,145 Վտ (1.2%): Ընդհանուր բացահայտ հովացման բեռ 270,222 Վտ: Թաքնված ջերմային բաղադրիչները ներառում են՝ մարդկանց թաքնված ջերմանջատում 81,543 Վտ, օդափոխության թաքնված ջերմաքանակ 173,623 Վտ, ընդամենը թաքնված 255,166 Վտ: Ընդհանուր հովացման պահանջ 525,388 Վտ, որը համարժեք է 525.4 կՎտ, ջեռուցման պահանջ 72 կՎտ, որը զգալիորեն ցածր է հովացման բեռից:

Տարբերակ 2: Պատուհանների միատեսակ հորիզոնական ստվերավորում

Երկրորդ տարբերակում բոլոր ճակատների պատուհանների համար կիրառվել է միատեսակ 1.2 մետր խորություն ունեցող հորիզոնական ստվերավորում, որն արդյունավետ արգելափակում է 70-75° անկյունից ընկնող ամառային արևային ճառագայթումը հարավային կողմնորոշման պատուհաններից: Արևային ճառագայթումից ստացվող ջերմությունը նվազել է 75,822 Վտ-ից մինչ 56,897 Վտ (18,925 Վտ կամ 25.0% կրճատում): Հովացման ընդամենը բեռ նվազել է 525,388 Վտ-ից մինչ 497,988 Վտ (27,400 Վտ կամ 5.2% խնայողություն): Սակայն ստվերավորման ներդրումն ունեցել է զգալի բացասական հետևանք ձմեռային ամիսներին՝ ջեռուցման բեռ բարձրացել է 72 կՎտ-ից մինչ 86 կՎտ (14 կՎտ կամ 19.4% աճ), քանի որ ստվերավորումն արգելափակել է կաղ ձմեռային արևային ջերմության ներթափանցումը:

Հովացման սեզոնի տևողությունը՝ 3,432 ժամ: Պիկային բեռ տարբերակ 1-ում 270 կՎտ, տարբերակ 2-ում 250 կՎտ: Բացարձակ էներգետիկ սպառում՝ տարբերակ 1՝
270 կՎտ× 3,432 ժ = 926,640 կՎտ·ժ, տարբերակ 2՝ 250 կՎտ×3,432 ժ = 858,000 կՎտ·ժ, խնայողություն 68,640 կՎտ·ժ (7.4%):

Ջեռուցման սեզոնի տևողությունը 3,408 ժամ: Պիկային բեռ տարբերակ 1-ում 72 կՎտ, տարբերակ 2-ում 86 կՎտ: Բացարձակ էներգետիկ սպառում՝ տարբերակ 1՝ 72 կՎտ× 3,408 ժ = 245,376 կՎտ·ժ, տարբերակ 2՝ 86 կՎտ × 3,408 ժ = 293,088 կՎտ·ժ, լրացուցիչ պահանջ 27,264 կՎտ·ժ (16.3%):

Տարբերակ 3: Պատուհանների օպտիմալ ստվերավորում

Երրորդ տարբերակը ներկայացնում է եղած ավելի մեծ համալիր մոտեցում, որտեղ ստվերավորման խորությունը տարբերակվում է՝ կախված ճակատի կողմնորոշումից: Նպատակն է կազմել առավելագույն ստվերավորման օգուտ ձմեռային ամիսներին՝ չբերելով հովացման բեռի լրացուցիչ աճ:

Մաթեմատիկական մոդելի մշակում

Օպտիմալացման խնդրի նպատակն է նվազագույն դարձնել տարեկան ընդհանուր ծախսը՝

$$J(D) = C_{հով.}(D) + C_{ջեռ.}(D) + C_{ներդրում}(D):$$

Ստվերի խորությունը ուղղահայաց պատի վրա որոշվում է ստվերածածկի խորությամբ D և արևի բարձրության անկյունով γ: Տրիգոնոմետրիկ կապը հետևյալն է՝

$$S = D / \tan(\gamma):$$

Երբ γ-ն մեծ է (ամառ), ստվերը կարճ է, իսկ երբ γ-ն փոքր է (ձմեռ), ստվերը երկար է:
Մաքուր երկրաչափական մոդելը բավարար չէ, քանի որ պետք է հաշվի առնել արևի օրական և սեզոնային շարժը, դիֆուզ ճառագայթումը և պատուհանի ամբողջ բարձրությունը: Այդ պատճառով կիրառվում է էմպիրիկ մոդել՝ կալիբրացված սիմուլյացիոն տվյալներով:
Ստվերային արդյունավետությունը η(D) մոդելավորվում է՝

$$\eta(D) = 1 - e^{(-\alpha\ D/H)},$$

որտեղ η-ն արգելափակված արևային ճառագայթման մասն է (0-ից 1), D-ն՝ պատուհանի խորությունը (մ), H-ը՝ պատուհանի բարձրությունը (մ), α-ն՝ էմպիրիկ արդյունավետության գործակիցը
Ընտրված ձևը անալոգ է Բիր-Լամբերտի օրենքին՝

$$I = I_0 \cdot e{-}\mu x,$$

որտեղ I-ն ճառագայթման ինտենսիվությունը x խորության վրա, I_0-ն՝ սկզբնական ինտենսիվությունը (մուտքում), α-ն՝ կլանման գործակիցը (կախված նյութից և ալիքի երկարությունից), x-ը՝ անցած ճանապարհի երկարությունը միջավայրի մեջ, e-ն՝ էյլերի թիվը (≈2.718): Այս անալոգիան նկարագրում է, թե ինչպես է ճառագայթման ինտենսիվությունը նվազում, երբ այն անցնում է կլանող միջավայրի միջով:
Հովացման ծախսը մոդելավորվում է՝

$$C_{հով.}(D) = (P_e \cdot Q_{արև\ ամառ} \cdot (1 - \eta(D)) \cdot N_{հով.}) / (COP_{հով.} \cdot 1000),$$

որտեղ P_e-ն հովացման ծախսն է, $Q_{արև\ ամառ}$-ը՝ արևային ջերմության մուտքի հզորությունը պատուհանի միջով ամռանը,$N_{հով.}$–ը՝ հովացման օրերի քանակը տարեկան, $COP_{հով.}$ -ը՝ սառեցման համակարգի արդյունավետության գործակիցը:
Արևային ջերմային ներմուծման հզորությունը՝

$$Q_{արև} = A_{պհ} \cdot I_{ամառ} \cdot SHGC,$$

որտեղ $A_{պհ}$-ը՝ պատուհանի մակերեսն է (մ^2), $I_{ամառ}$-ը՝ արևային ճառագայթման ինտենսիվությունը (Վտ/մ^2), SHGC-ը՝ ապակեպատման արևային ջերմության ձեռքբերման գործակիցը:
Ջեռուցման ծախսը ($C_{ջեռ.}(D)$) մոդելավորվում է՝

$$C_{ջեռ.}(D) = (P_e \cdot Q_{արև\ ձմեռ} \cdot \eta(D)^k \cdot h_f \cdot N_{ջեռ.})/(COP_{ջեռ.} \cdot 1000),$$

որտեղ P_e-ն ջեռուցման ծախսն է, $Q_{արև\ ձմեռ}$-ը՝ արևային ջերմության մուտքի հզորությունը պատուհանի միջով ձմռանը, $N_{հով.}$–ը՝ տարեկան հովացման օրերի քանակը, $COP_{հով.}$-ը՝ ջեռուցման համակարգի արդյունավետության գործակիցը, h_f-ը՝ ջեռուցման կարգավորող գործակիցն է, k-ն՝ ձմեռ ամառ արևային ճառագայթումը կարգավորող գործակիցն է:
Մեր ուսումնասիրությունից ելնելով k=1.2 արդյունքում h_f-ը ստացվում է՝

$$h_f = 0.35 + 0.20/R_{ամառ\ ձմեռ}$$

$$R_{ամառ\ ձմեռ} = I_{ամառ}/I_{ձմեռ}$$

որտեղ $R_{\text{ամառ.ձմեռ}}$ ձմեռ-ը ամառ–ձմեռ ճառագայթման հարաբերությունն է, I-ն՝ ճառագայթումն է:
Ներդրումային ծախսը ($C_{\text{ներդրում}}(D)$) արտահայտվում է այս բանաձևով՝

$$C_{\text{ներդրում}}(D) = D \cdot A_{\text{պի}} \cdot C_{\text{ստվեր}} \cdot CRF$$

որտեղ $C_{\text{ստվեր}}$–ը ստվերացման ծախսը՝ ըստ քառակուսի մետրի, CRF–ը Կապիտալի վերականգնման գործակից:
CRF-ը միանվագ կապիտալ ծախսը վերածում է համարժեք տարեկան վճարումների և դուրս է բերվում հետևյալ կերպ՝

$$CRF = r(1+r)n / ((1+r)n - 1)$$

որտեղ r-ը զեղչի տոկոսադրույք (մենք օգտագործում ենք 8%), n-ը՝ նախագծի կյանքի տևողություն (մենք օգտագործում ենք 20 տարի):
Մեր պարամետրերի համար՝

$$CRF=0.1019$$

Օպտիմալ խորության որոշման համար ածանցում ենք տարվա ընդհանուր ծախսի ֆունկցիան և գտնում էքստրեմումի կետերը:
Էքստրեմումի պայմանը՝

$$dJ/dD = dC_{\text{հով.}}/dD + dC_{\text{ջեռ.}}/dD + dC_{\text{ներդրում}}/dD = 0$$

$\eta(D)=1-e^{(-\alpha D/H)}$ ֆունկցիայի ածանցյալը՝

$$d\eta/dD = (\alpha/H) \cdot e^{(-\alpha D/H)}$$

Հովացման մասի եզրային փոփոխությունը՝

$$dC_{\text{հով.}}/dD \propto -d\eta/dD = -(\alpha/H) \cdot e^{(-\alpha D/H)} < 0$$

Ջեռուցման մասի եզրային փոփոխությունը՝

$$dC_{\text{ջեռ.}}/dD \propto k \cdot \eta(D)k-1 \cdot d\eta/dD > 0$$

Ներդրումային մասի եզրային փոփոխությունը՝

$$dC_{\text{ներդրում}}/dD = A_{\text{պի}} \cdot C_{\text{ստվեր}} \cdot CRF= const => 0$$

Այս պայմանը բերում է տրանսցենդենտ հավասարման, որն ընդհանուր դեպքում փակ ձևով լուծելի չէ:
Օպտիմալ խորությունը (D^*) գտնելու համար անհրաժեշտ է, որ ընդհանուր ծախսի ֆունկցիայի J(D) առաջին կարգի ածանցյալը հավասար լինի զրոյի (էքստրեմումի անհրաժեշտ պայման): $dJ/dD = 0$
Մենք առանձին-առանձին հաշվարկում ենք յուրաքանչյուր բաղադրիչի ածանցյալը՝ կիրառելով բարդ ֆունկցիայի ածանցման կանոնը (շղթայական կանոն):
Հովացման ծախսը նվազում է խորության աճին զուգընթաց:

$$C_{\text{հովացում}}(D) \propto (1 - \eta(D))$$

Ածանցելով ըստ D-ի՝

$$dC_{\text{հով.}}/dD = -[\,(P_e \cdot Q_{\text{ամառ}} \cdot N_{\text{հով.}}) / (COP_{\text{հով.}} \cdot 1000)\,] \cdot d\eta/dD$$

Տեղադրելով $d\eta/dD= (\alpha/H) \cdot e^{(-\alpha D/H)}$ արտահայտությունը և խմբավորելով հաստատունները որպես հովացման զգայունության գործակից ($\beta_{\text{հով.}}$)՝

$$\beta_{\text{հով.}} = (P_e \cdot Q_{\text{ամառ}} \cdot N_{\text{հով.}} \cdot \alpha) / (COP_{\text{հով.}} \cdot H \cdot 1000)$$

Ստանում ենք վերջնական տեսքը՝

$$dC_{\text{հով.}}/dD = -\beta_{\text{հով.}} \cdot e^{(-\alpha D/H)}$$

(Այս մեծությունը միշտ բացասական է, ինչը ցույց է տալիս ծախսի նվազում):

Ջեռուցման ծախսը աճում է խորության աճին զուգընթաց, ընդ որում՝ ոչ գծային օրենքով ($k \neq 1$):

$$C_{\text{ջեռ.}}(D) \propto \eta(D)^k$$

Կիրառելով աստիճանային ֆունկցիայի ածանցման կանոնը՝

$$dC_{\text{ջեռ.}}/dD = [\,(P_e \cdot Q_{\text{ծմեռ}} \cdot h_f \cdot N_{\text{ջեռ.}}) / (COP_{\text{ջեռ.}} \cdot 1000)\,] \cdot k \cdot \eta(D)^{(k-1)} \cdot d\eta/dD$$

սահմանենք ջեռուցման զգայունության գործակիցը ($\beta_{\text{ջեռ.}}$)՝

$$\beta_{\text{ջեռ.}} = (P_e \cdot Q_{\text{ծմեռ}} \cdot h_f \cdot N_{\text{ջեռ.}} \cdot k \cdot \alpha) / (COP_{\text{ջեռ.}} \cdot H \cdot 1000)$$

Տեղադրելով $\eta(D)$ և $d\eta/dD$ արտահայտությունները՝

$$dC_{\text{ջեռ.}}/dD = \beta_h \cdot [1 - e^{(-\alpha D/H)}](k-1) \cdot e^{(-\alpha D/H)}$$

Ներդրումային ծախսի ($C_{\text{ներդրում}}(D) = D \cdot A_{\text{պհ}} \cdot C_{\text{միավոր}} \cdot CRF$) ածանցյալը՝

$$dC_{\text{ներդրում}}/dD = A_{\text{պհ}} \cdot C_{\text{միավոր}} \cdot CRF = \beta_{\text{ներդրում}}$$

(Նորակառույց շենքերի դեպքում, որտեղ ստվերածածկը ճարտարապետական մաս է, $C_{\text{միավոր}} = 0$, հետևաբար $\beta_{\text{ներդրում}} = 0$):

Հավաքելով բոլոր անդամները՝ ստանում ենք հավասարակշռության պայմանը.

$$-\beta_{\text{հով.}} \cdot e^{(-\alpha D/H)} + \beta_{\text{ջեռ.}} \cdot [1 - e^{(-\alpha D/H)}]\,(k-1) \cdot e^{(-\alpha D/H)} + \beta_{\text{ներդրում}} = 0$$

Հավասարումը պարզեցնելու համար կատարում ենք փոփոխականի փոխարինում.

$$u = e^{(-\alpha D/H)}$$

որտեղ $u \in (0, 1]$. Երբ $D=0$, $u=1$, իսկ երբ $D \to \infty$, $u \to 0$:

Նկատենք նաև, որ ստվերման արդյունավետությունը՝

$$\eta = 1 - u:$$

Տեղադրելով u-ն՝ ստանում ենք վերջնական Օպտիմալության հավասարումը՝

$$f(u) = -\beta_{\text{հով.}} \cdot u + \beta_{\text{ջեռ.}} \cdot (1 - u)^{(k-1)} \cdot u + \beta_{\text{ներդրում}} = 0$$

Քանի որ $k = 1.2$ (կոտորակային թիվ), հավասարումը պարունակում է $(1-u)^{0.2}$ անդամը: Սա հավասարումը դարձնում է ոչ հանրահաշվական, ինչը նշանակում է, որ u-ն հնարավոր չէ գտնել պարզ հանրահաշվական գործողություններով: Անհրաժեշտ է կիրառել թվային լուծման մեթոդներ:

Հավասարման արմատը (u^*) գտնելու համար կիրառում ենք Նյուտոն-Ռաֆսոնի իտերացիոն ալգորիթմը, որը ապահովում է քառակուսային արագությամբ զուգամիտում: Իտերացիոն բանաձևն է՝

$$u_{n+1} = u_n - f(u_n) / f'(u_n)$$

Դրա համար անհրաժեշտ է հաշվել $f(u)$ ֆունկցիայի ածանցյալը՝ $f'(u)$-ն:

$$f'(u) = d/du\,[-\beta_{\text{հով.}} + \beta_{\text{ջեռ.}}\,(1 - u)^{(k-2)} \cdot (1 - k \cdot u)]$$

կիրառելով արտադրյալի ածանցման կանոնը մեջտեղի անդամի համար՝

$$d/du[u(1-u)^{(k-1)}] = 1 \cdot (1-u)^{(k-1)} + u \cdot (k-1)\,(1-u)^{(k-2)} \cdot (-1) = (1-u)^{(k-2)} \cdot [\,(1-u) - u(k-1)] =$$
$$= (1 - u)^{(k-2)} \cdot [\,1 - u - u \cdot k + u] = (1-u)^{(k-2)} \cdot (1 - k \cdot u)$$

Հետևաբար, ածանցյալի վերջնական տեսքն է՝

$$f'(u) = -\beta_c + \beta_h \cdot (1 - u)^{(k-2)} \cdot (1 - k \cdot u).$$

ալգորիթմի քայլերի հերթականությունը կլինի՝ ընտրել $u_0 = 0.5$ (միջին արժեք):

Քանի դեռ $|u_{n+1} - u_n| > \varepsilon$ (որտեղ $\varepsilon = 10^{-8}$), հաշվել $f(u_n)$, $f'(u_n)$ և թարմացնել u_{n+1}:

Վերականգնում: Երբ գտնվել է u^*, հաշվել օպտիմալ խորությունը՝

$$D^* = -H/\alpha \cdot \ln(u^*)$$

Թեև Նյուտոն-Ռաֆսոնի մեթոդը ճշգրիտ է, ինժեներական արագ հաշվարկների համար մշակվել է փակ տեսքի ռեգրեսիոն մոդել՝ հիմնված բազմաթիվ սիմուլյացիաների

արդյունքների վրա: Վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ օպտիմալ արդյունավետությունը (η^*) ուժեղ փոխկապակցվածության մեջ է արդյունավետ ամառային ճառագայթման ($I_{էֆֆ}$) հետ՝ հետևելով նվազող հատույցի օրենքին: Կիրառելով Լևենբերգ-Մարկվարդտ օպտիմալացումը, ստացվել է հետևյալ բանաձևը՝

$$\eta_{նպ.} = 0.34 + 0.46 \cdot (I_{էֆֆ} / 800)^{0.58}$$

Այս բանաձևի պարամետրերի ֆիզիկական իմաստը՝ 0.34: Նվազագույն ստվերում՝ (նույնիսկ հյուսիսային կողմի համար) 0.58: Հաստատում է, որ ճառագայթման կրկնապատկումը չի պահանջում ստվերի կրկնապատկում՝ (հագեցման էֆեկտ) 0.46: Կարգավորում է սանդղակը մաքսիմալ մինչև 80% արդյունավետություն:Ունենալով թիրախային արդյունավետությունը (η)՝ մենք կարող ենք հաշվարկել վերջնական օպտիմալ խորությունը՝ շրջելով արդյունավետության բանաձևը:

Մաթեմատիկական օպտիմումը պետք է ենթարկվի ֆիզիկական սահմանափակումների.

$$D_{վերջնական} = \max(0, \min(D^*, 2.4, 0.8 \cdot H))$$

$D \geq 0$: Ստվերը չի կարող լինել բացասական:

$D \leq 2.4$մ: Կառուցվածքային և սեյսմիկ սահմանափակում:

$D \leq 0.8 \cdot H$: Բնական լուսավորության պահանջ:

Հաշվի առնելով ձմեռային պասիվ ջեռուցման կարևորությունը՝ հարավային կողմի համար կիրառվում է լրացուցիչ ճշգրտման գործակից, որը փոքր-ինչ նվազեցնում է ստվերի խորությունը՝ ի օգուտ ձմեռային արևի:

Տարբերակ 3 կողմնորոշման վրա հիմնված արդյունքներ

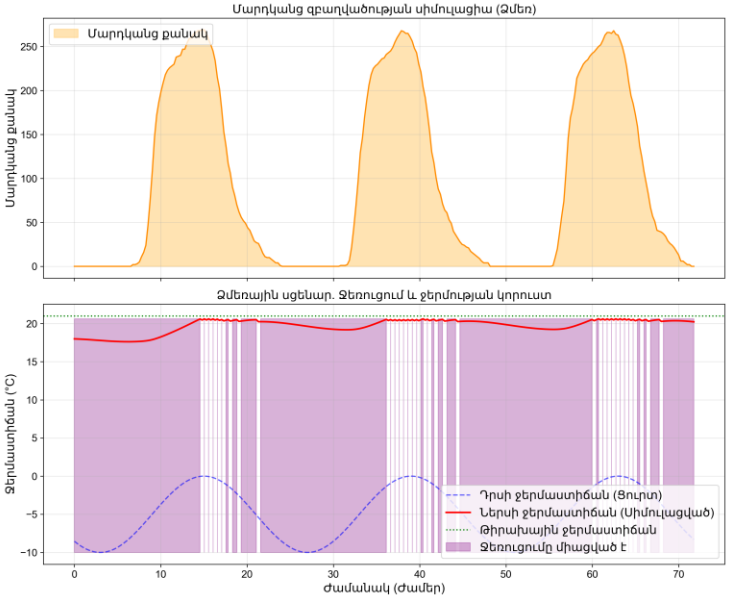
Պիկային հովացման բեռ 252.7 կՎտ (համեմատած տարբերակ 2-ի 250 կՎտ-ի, տարբերակ 1-ի 270 կՎտ-ի): Պիկային ջեռուցման բեռ 77 կՎտ (համեմատած տարբերակ 2-ի 86 կՎտ-ի, տարբերակ 1-ի 72 կՎտ-ի):

Հովացման սեզոն (3,432 ժամ)՝ տարբերակ 3 ընդամենը սպառում 252.7 կՎ × 3,432 ժ = 867,266 կՎտ·ժ, որը տարբերակ 2-ի համեմատ լրացուցիչ պահանջ է 9,266 կՎտ·ժ (1%):

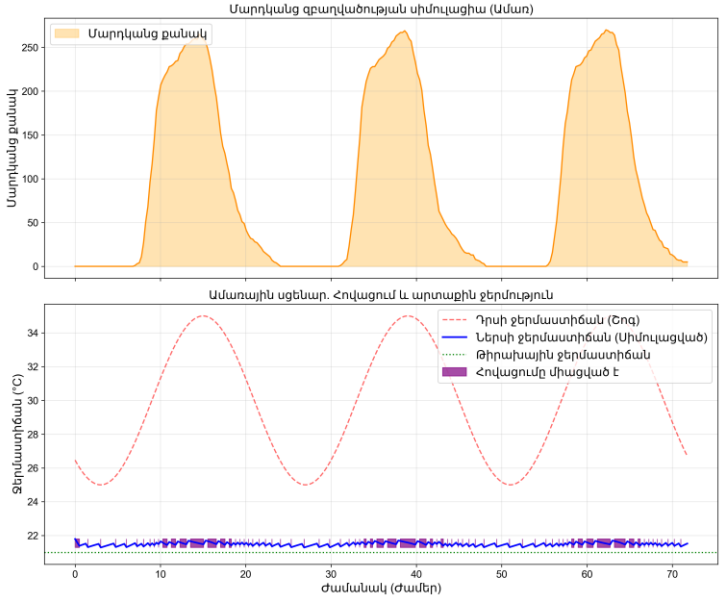
Ջեռուցման սեզոն (3,408 ժամ)՝ տարբերակ 3 ընդամենը սպառում 77 կՎտ × 3,408 ժ = 262,416 կՎտ·ժ, որը տարբերակ 2-ի համեմատ խնայողություն է 30,672 կՎտ·ժ (10.4%):

Կիրառվել են կանխատեսող կառավարման ալգորիթմներ ՋՀՕ համակարգերի էներգախնայողության բարձրացման համար: Ներկայացված սիմուլյացիոն մոդելը իրականացնում է սիմուլյացիայից իրականություն մեթոդաբանությունը, որի շրջանակներում կատարվում է շենքի ջերմֆիզիկական պրոցեսների մաթեմատիկական մոդելավորումը նախքան իրական սենսորային ցանցի տեղակայումը և շահագործումը: Տվյալ մոտեցումը թույլ է տալիս գնահատել կանխատեսողական կառավարման ալգորիթմների արդյունավետությունը վիրտուալ միջավայրում: Սիմուլյացիոն մոդելի առաջին սցենարը (Նկ. 1) ներկայացնում է ձմեռային շրջանի ջեռուցման համակարգի աշխատանքային ռեժիմը: Երկրորդ սիմուլյացիոն սցենարը (Նկ. 2) վերլուծում է ամառային շրջանի կլիմայավորման համակարգի աշխատանքը: Ներկայացված սիմուլյացիոն վերլուծությունը ապացուցում է, որ կանխատեսողական ալգորիթմների կիրառումը թույլ է տալիս պահպանել ներքին օդի ջերմաստիճանի կայուն նորմատիվային արժեքը՝ անկախ արտաքին և ներքին խանգարող գործոնների դինամիկայից: Սա ապահովում է հարմարավետության պայմանների շարունակական պահպանում,

էներգաարդյունավետության 15-25% բարելավում, շահագործման ծախսերի նվազեցում, համակարգերի ռեսուրսի ավելացում հարթ ծանրաբեռնվածության կորերի շնորհիվ:



Նկ.1. Ձմեռային շրջանի ջեռուցման համակարգի աշխատանքային ռեժիմի սիմուլյացիա՝ օգտագործողների զբաղվածության, արտաքին և ներքին ջերմաստիճանների դինամիկա



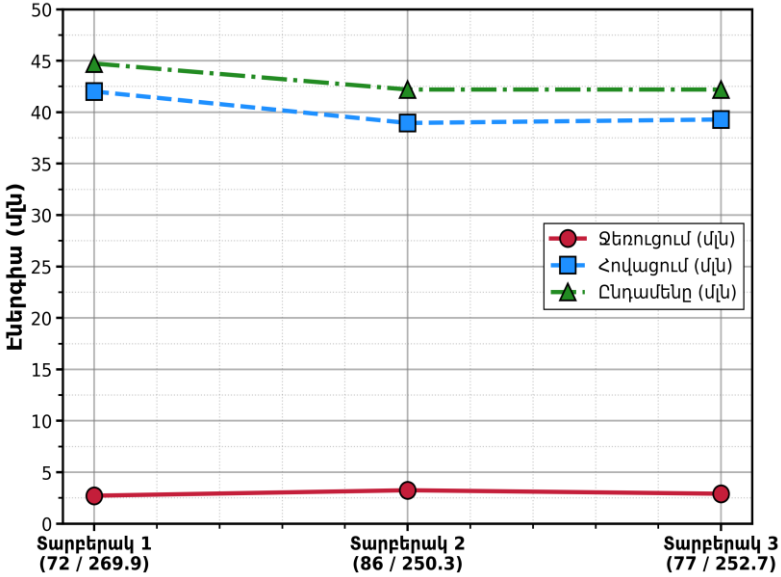
Նկ.2. Ամառային շրջանի կլիմայավորման համակարգի աշխատանքային ռեժիմի սիմուլյացիա՝ օգտագործողների զբաղվածության, արտաքին և ներքին ջերմաստիճանների դինամիկա

Չորրորդ գլուխը վերաբերում է պասիվ ստվերավորման համակարգերի ներդրման տեխնիկատնտեսական, թերմոդինամիկական և բնապահպանական համալիր վերլուծությանը, որտեղ համեմատվում են երեք տարբերակներ՝ առանց ստվերավորման, ստվերավորմամբ և օպտիմալ ստվերավորմամբ շենքերի համար: Պասիվ ստվերավորման համակարգերը մատչելի են, պահանջում են ցածր ներդրումներ և ապահովում երկարաժամկետ էներգախնայողություն՝ առանց բնապահպանական ազդեցության: Գլուխի հիմնական նպատակն է ֆինանսական հիմնավորումներով ապացուցել օպտիմալ ստվերավորման տնտեսական արդյունավետությունը՝ ցույց տալով ~2.53 մլն դրամ/տարի խնայողություն էներգախարսկի մեջ (44.73 մլն դրամ/տարի-ից՝ 42.20 մլն դրամ/տարի), գնահատել բնապահպանական ազդեցությունը՝ ներկայացնելով CO_2 արտանետումների կրճատումը ~15.91 տոննա/տարի (306.35 տոննա/տարի-ից՝ 290.44 տոննա/տարի), և վերջնականապես հիմնավորել, որ օպտիմալ խորությամբ ստվերավորման համակարգերը ապահովում են լավագույն հարաբերակցությունը տնտեսական և բնապահպանական օգուտների միջև՝ ստեղծելով ամուր գիտական հիմք ներդրումային որոշումների ընդունման համար:
Վերլուծությունը հիմնված է HAP ծրագրային փաթեթի օգնությամբ իրականացված մոդելավորման և COAF Smart Centre շենքի իրական տվյալների վրա:
Դիտարկվել է նախնական ներդրման գնահատումը:
Պասիվ ստվերավորման համակարգերի տեղադրման ծախսերը կախված են հետևյալ գործոններից՝
- Տեղադրման համակարգի տեսակը (հորիզոնական, ուղղահայաց կամ խառը)
- Կառուցվածքի չափսերը և բնութագրերը
- Նյութերի հատկություններ և որակ
- Տեղադրման բարդություն և աշխատանքային ծախսեր

COAF Smart Centre-ի դեպքում տեղադրման մեկ շեղ մետրի ծախսը գնահատվում է 3,500-5,000 դրամ միջակայքում, որը, ընդհանուր չափերը հաշվի առնելով, կազմում է ընդամենը 15-25 մլն դրամ տեղադրման համար: Այս ներդրումը համարվում է համեմատաբար ցածր՝ հաշվի առնելով համակարգի 25-30 տարվա ծառայության ժամկետը և էներգախնայողության երկարաժամկետ օգուտները: Պասիվ ստվերավորման համակարգերի ներդրումային արդյունավետությունը գերազանցում է ավանդական էներգախնայող միջոցառումների ցուցանիշները, ապահովելով էկոնոմիկական առավելություններ և արագ փոխհատուցման ժամկետներ:
Կատարվել է շահագործման ծախսերի վերլուծություն:
Շահագործման ծախսերի վերլուծությունը դիտարկենք Արմավիրի պայմանների համար:
Ընդունենք հետևյալ ելակետային տվյալները՝
- Ջեռուցումը իրականացվում է գազով կաթսայատնից
- Հովացումը՝ էլեկտրական էներգիայով
- Ջեռուցման ժամերը՝ 3,408 ժ/տարի
- Հովացման ժամերը՝ 3,432 ժ/տարի

Էներգակրի սակագինները (2024-2025թ.)՝
- Էլեկտրաէներգիա (ցերեկային)՝ 48.48 ՀՀ դրամ/կՎտժ
- Էլեկտրաէներգիա (գիշերային)՝ 38.48 ՀՀ դրամ/կՎտժ
- Բնական գազ՝ 94,854 ՀՀ դրամ/1,000 մ^3

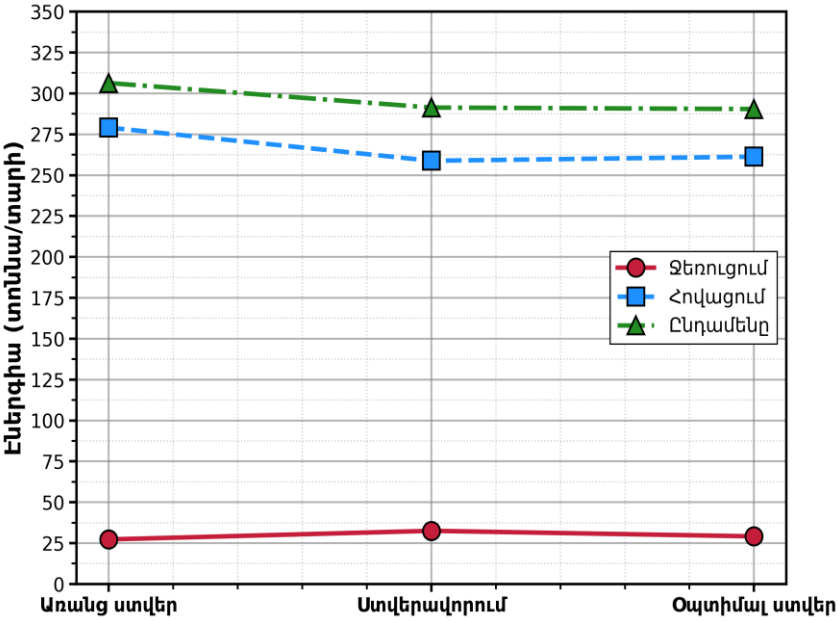
Տարեկան շահագործման ծախսերի հաշվարկ՝
• Ջեռուցում (կՎտժ/տարի) = Qջեռ × 3,408 ժ
• Հովացում (կՎտժ/տարի) = Qհով × 3,432 ժ
Համեմատենք երեք տարբերակների ջեռուցման և հովացման շահագործման ծախսերը գրաֆիկական տեսքով (Նկ. 3.), որը հնարավորություն է տալիս տեսողականորեն գնահատել դրանց միջև եղած տարբերությունները և առավելությունները:



Նկ. 3. Ջեռուցման և հովացման շահագործման ծախսերի համեմատական գրաֆիկ

Վերլուծության արդյունքներ՝
• Տարբերակ 1-ը ամենաթանկն է՝ ~44.73 մլն դրամ/տարի
• Տարբերակներ 2 և 3-ը գրեթե հավասար արդյունքներ են տալիս (42.20 մլն դրամ/տարի)
Հաշվարկվել է պահպանման և վերանորոգման ծախսերը:
Պասիվ ստվերավորման համակարգերի մեծ առավելությունը դրանց բնապահպանական ցածր կամ զրոյական ազդեցությունն է: Ի տարբերություն հովացման համակարգերի, որոնք տալիս են ջերմոցային գազերի արտանետումներ (ուղղակիորեն սառնագենտներից կամ անուղղակիորեն էլեկտրաէներգիայի արտադրությունից), պասիվ ստվերավորումը չունի էկոլոգիական բացասական ազդեցություն:
Տարեկան պահպանման ծախսերը հաշվարկվում են հետևյալ կերպ՝
• Մակերեսի մաքրում և թեթևակի վերանորոգում՝ 2-3% նախնական ներդրումից
• Կառուցվածքային ստուգում՝ տարին մեկ անգամ
• Մեխանիկական մեծ վերանորոգում՝ 10-15 տարին մեկ անգամ COAF դեպքում տարեկան պահպանման ծախսերը մոտավորապես 400-600 հազար դրամ են, որ կազմում է նախնական ներդրման 2% մեկ կամ երկու տարում:
Պահպանման այս ծախսերը զգալիորեն ցածր են համեմատած հովացման համակարգերի տեխսպասարկման տարեկան ծախսերի հետ:

Համեմատենք ջեռուցման և հովացման շահագործման ծախսերը գրաֆիկական տեսքով (Նկ. 4.)՝



Նկ. 4. CO_2 արտանետումների համեմատական գրաֆիկ

CO2- ի արտանետումների կրճատման լավագույն տարբերակը ստացվեց օպտիմալ ստվերավորման դեպքում:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Ջերմամեկուսացման և պասիվ ստվերավորման համակարգերի օպտիմալացումը ապահովում է 30-70% էներգախնայողություն, որտեղ հաստության ընտրությունը հիմնվում է ոչ միայն կլիմայական նորմերի, այլ կապիտալ և շահագործման ծախսերի բալանսի վրա: Ճիշտ ջերմամեկուսացումը կարող է գազի ծախսը կրճատել 15-20%-ով:
2. Մեքենայական ուսուցման ինտեգրումը ՋՀՕ համակարգերում՝ զբաղվածության կանխատեսման և հարմարվողական վերահսկման միջոցով միաժամանակ բարելավում է հարմարավետությունն ու կրճատում էներգիայի սպառումը՝ ստեղծելով ապագա ուղղություն ինտեգրված կառավարման համար:
3. Պարզ դարձավ, որ պասիվ ստվերավորման համակարգերի հետազոտությունը՝ COAF Smart կենտրոնի ճարտարապետական լուծումների վրա հիմնված, ցույց է տվել, որ մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով հնարավոր է որոշել օպտիմալ ստվերավորման պարամետրեր, որոնք հավասարակշռված լուծում են տալիս ամառային հովացման և ձմեռային ջեռուցման հակասական պահանջներին:
4. Հետազոտության արդյունքները փաստում են, որ օպտիմալացված ստվերավորումը նվազեցնում է ջեռուցման բեռը 19.4%-ով տարեկան, մինչդեռ թույլ չի տալիս ձմռանը արևի ճառագայթների ներթափանցում: Սա հաստատում է, որ կողմնորոշման վրա հիմնված փոփոխական ստվերավորումը շատ ավելի արդյունավետ է, քան միատեսակ ստվերավորումը:
5. Պարզ դարձավ, որ մշակված ծրագրային գործիքը բանաձևի օգտագործումը դարձնում է գործնական, որը հեշտացնում է տարբեր տարածաշրջաններում և ճարտարապետական պայմաններում արագ և ճշգրիտ հաշվարկներ կատարելը: Սակայն կարևոր է նշել, որ կլիմայական գործակիցները տարածաշրջանային հատկություն ունեն և պահանջում են տեղական տվյալների հիման վրա ճշգրտում:
6. Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ օպտիմալացված ստվերավորումը հասնում է ամենամեծ CO_2 արտանետումների կրճատմանը՝ մինչև 290.44 տոննա CO_2/տարի, որը 15.91 տոննա ավելի ցածր է առանց ստվերավորման տարբերակից: Սրանով փաստվում է, որ պասիվ ճարտարապետական լուծումները կարող են միաժամանակ պահպանել ֆինանսական արդյունավետությունը և նվազեցնել շրջակա միջավայրի վրա ճնշումը:
7. Պարզ դարձավ, որ օպտիմալ ստվերավորումը կարող է հավասարակշռել տարեկան ջեռուցման և հովացման հակասական պահանջները՝ ջեռուցման բեռն ավելացնելով միայն 5.6%-ով, մինչդեռ միատեսակ ստվերավորումը այն ավելացնում է 19.4%-ով: Հովացման կողմից օպտիմալացված տարբերակը պահպանում է գրեթե հավասար բեռ՝ ցույց տալով, որ կողմնորոշման վրա հիմնված պարամետրացումը համահունչ է շենքի ջերմային վարքագծին և արևային ճառագայթմանը:

ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՑԱՆԿ

1. Քարամյան Ա.Կ, Հակոբյան Դ.Գ., Ղազարյան Կ.Հ., Մովսիսյան Կ.Ա. Էներգախնայողության բարձրացման հնարավորություններն ու հեռանկարները Հայաստանում // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ. Երևան, 2019, №IV(75).-էջ115-124. [ISSN 1829-4200]
2. Egnatosyan S., Hakobyan D., Sargsyan S. Comparative Analysis of the Use of Thermal Insulation Materials Depending on Climatic Conditions and Comfort Microclimate Supply Systems // Key Engineering Materials. Zurich, 2022. Vol. 906. - P. 99-106. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.906.99
3. Հակոբյան Դ. Գ. Զբաղվածության կանխատեսման վրա հիմնված շենքերի ջեռուցման, հովացման և օդափոխման էներգաարդյունավետ կառավարում // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ. Երևան, 2025. Հ. 2 (92). - էջ 24-34. https://doi.org/10.54338/18294200-2025.2-03
4. Հակոբյան Դ. Գ. Անորոշ տրամաբանության և նեյրոնային ցանցերի համադրմամբ խելացի ջեռուցման, հովացման և օդափոխության կառավարման համակարգ // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ. Երևան, 2025. Հ. 2 (92). - էջ 35-46. https://doi.org/10.54338/18294200-2025.2-04
5. Hakobyan D. Influence of thermal insulation materials on natural gas consumption under cold-climate conditions // Journal of Architectural and Engineering Research. Yerevan, 2025. Vol. 9. - P. 42–48. https://doi.org/10.54338/27382656-2025.9-04
6. Հակոբյան Դ. Գ. Ջերմամեկուսացման ազդեցությունը հայաստանի բնակֆոնդի սոցիալ տնտեսական վիճակի վրա // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ. Երևան, 2025. Հ. 3 (93). - էջ 89-97. https://doi.org/10.54338/18294200-2025.3-08

ДАВИД ГЕВОРГОВИЧ АКОПЯН

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.

Данная диссертация рассматривает критические задачи энергоэффективности в строительном секторе Армении, где системы ОВКВ потребляют 51% всей энергии зданий, что представляет фундаментальные требования для национальной энергетической безопасности на фоне 8,2% роста строительства. Исследование разрабатывает комплексные решения, интегрирующие пассивные архитектурные стратегии с интеллектуальными системами управления посредством методологии, объединяющей теоретическое моделирование, полевые измерения, симуляцию в программе HAP и алгоритмы машинного обучения. Диссертация вносит три значительных научных вклада: Во-первых, разрабатывается интеллектуальная система ОВКВ, сочетающая нейронные сети с логикой неопределённости для прогнозирования присутствия людей в реальном времени, достигая 15-25% улучшения энергоэффективности за счёт проактивной работы, предвосхищающей паттерны использования и корректирующей отопление или охлаждение за 3 часа. Во-вторых, создаётся математический алгоритм для определения оптимальных глубин затенения с использованием моделей экспоненциального затухания и оптимизации Ньютона-Рафсона для балансирования летнего охлаждения и зимнего отопления посредством ориентационно-специфической параметризации. В-третьих, полевые исследования в городе Сисян демонстрируют снижение расхода топлива в 2,3 раза (с 2464 до 1070 $м^3$/сезон) за счёт 50 мм полиуретановой пены, улучшая теплопередачу с 1,41 до 0,34 Вт/$м^2$·°C. Анализ случая Смарт-центра COAF демонстрирует, что оптимизированное пассивное затенение снижает годовые выбросы CO_2 на 15,91 тонн, минимизируя отопительные потери до 5,6% против 19,4% для равномерного затенения, доказывая, что ориентационно-переменное затенение значительно превосходит упрощённые подходы. Разработанное программное обеспечение позволяет архитекторам быстро рассчитывать оптимальные параметры затенения для любой локации в Армении, обеспечивая практическую ценность для проектных решений на основе доказательств. Система управления на основе машинного обучения представляет смену парадигмы от реактивного к проактивному энергетическому менеджменту, симуляции показывают существенную экономию за счёт интеллектуального прогнозирования нагрузки. Данное исследование устанавливает комплексную основу, демонстрирующую, что правильно оптимизированные меры достигают 30-70% снижения потребления при балансировании капитальных и эксплуатационных затрат. Значимость диссертации выходит за рамки отдельных зданий, внося вклад в формирование национальной энергетической политики и строительных норм Армении, поскольку она предлагает верифицированные методологии, позволяющие решать экономические задачи и достигать целей климатической оптимизации за счёт систематической реализации интегрированных пассивных и активных стратегий энергоэффективности.

DAVIT GEVORG HAKOBYAN

DEVELOPMENT OF WAYS TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

This dissertation addresses critical energy efficiency challenges in Armenia's building sector, where HVAC systems consume 51% of total building energy, presenting fundamental requirements for national energy security amid 8.2% construction growth. The research develops comprehensive solutions integrating passive architectural strategies with intelligent control systems through methodology combining theoretical modeling, field measurements, HAP software simulation, and machine learning algorithms. The dissertation makes three significant scientific contributions: First, it develops an intelligent HVAC system combining neural networks with fuzzy logic for real-time occupancy prediction, achieving 15-25% energy improvements through proactive operation that anticipates usage patterns and adjusts heating or cooling 3 hours in advance. Second, it creates a mathematical algorithm for determining optimal shading depths using exponential decay models and Newton-Raphson optimization to balance summer cooling and winter heating through orientation-specific parametrization. Third, field studies in Sisian city demonstrate 2.3x fuel consumption reduction (from 2,464 to 1,070 m^3/season) through 50mm polyurethane foam insulation, improving thermal transmittance from 1.41 to 0.34 $W/m^2 \cdot °C$. Case study analysis of COAF Smart Center demonstrates that optimized passive shading reduces annual CO_2 emissions by 15.91 tons while minimizing heating penalty to 5.6% versus 19.4% for uniform shading, proving orientation-based variable shading significantly outperforms simplified approaches. The developed software enables architects to rapidly calculate optimal shading parameters for any Armenian location, providing immediate practical value for evidence-based design decisions. The machine learning-based control system represents a paradigm shift from reactive to proactive energy management, with simulations showing substantial savings through intelligent load anticipation. This research establishes a comprehensive framework demonstrating that properly optimized measures achieve 30-70% consumption reductions when balancing capital and operational costs. The dissertation's significance extends beyond individual buildings to inform national energy policy and building codes, providing validated methodologies for Armenia to address economic needs and climate mitigation goals through systematic implementation of integrated passive and active efficiency strategies.