

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՏԱՐՈՆ ԳԱՐԵԳԻՆԻ ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ

ՇԵՆՔԵՐԻ ԶԵՌՈՒՑՄԱՆ ԵՎ ՀՈՎԱՑՄԱՆ ԳԵՌԹԵՐՄԱԼ ՏԵՂԱԿԱՆ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՊՈՄՊԻ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

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

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРМЕНИИ

МОВСЕСЯН ТАРОН ГАРЕГИНОВИЧ

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.23.03 – “Инженерное обеспечение (энергетическое,
гидравлическое и др.) зданий и сооружений”

ЕРЕВАН 2019

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

Ջ. Ա. Մելիքյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

Ս. Ա. Մինասյան

տեխ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Ս. Մ. Էզնատոյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

«Հայնախագիծ» ԲԲԸ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2019թ. հուլիսի 23-ին ժամը 14⁰⁰-ին Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանին (ՃՇՀԱՀ) կից գործող ՀՀԲՈԿ-ի 030 - «Ճարտարապետություն և շինարարություն» մասնագիտական խորհրդում:

Հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ.105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՃՇՀԱՀ-ի գիտական գրադարանում:


Հասցեն՝ 0079, ք. Երևան, Մառի փող. 17/1:

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

Սեղմագիրն առաքված է 2019թ. հունիսի 13-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

 **Է. Ս. Խաչատրյան**

Тема диссертации утверждена в Национальном университете архитектуры и строительства Армении

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Меликян З. А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Минасян С. А.

канд. технических наук, доцент

Эгнатосян С. М.

Ведущая организация:

ОАО «Армпроект».

Защита состоится 23-го июля 2019г. в 14⁰⁰ часов на заседании специализированного совета 030 - «Архитектура и строительство» ВАК РА, действующего при Национальном университете архитектуры и строительства Армении (НУАСА).

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

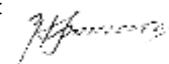
С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке НУАСА по адресу: 0079, г. Ереван, ул. Марра 17/1.

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

Автореферат разослан 13-го июня 2019г.

Ученый секретарь специализированного совета:

доктор технических наук, профессор



Хачатрян Э. А.

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Ցանկացած երկրի կայուն զարգացումը ենթադրում է տնտեսության ճյուղերի ներդաշնակ զարգացումներ: Այդ առումով էներգետիկայի, որպես արդյունաբերության, տրանսպորտի, շինարարության, գյուղատնտեսության և տնտեսության այլ բնագավառների, ինչպես նաև կենցաղի և հասարակական կյանքի կենսունակությունն ապահովող ոլորտի, զարգացման մակարդակով է պայմանավորված տվյալ երկրի ընդհանուր զարգացվածության մակարդակը և քաղաքակրթվածության աստիճանը: Պատահական չէ, որ երկրի զարգացման աստիճանը բնութագրող մակրոտնտեսական ցուցանիշների շարքում նշվում են այնպիսիները, ինչպես մեկ շնչի հաշվով ջերմային էներգիայի արտադրությունը, համախառն ներքին արդյունքի էներգա և էլեկտրատարությունները, առաջնային էներգառեսուրսների փոխակերպման ընդհանուր արդյունավետությունը և այլն: Հայաստանի Հանրապետության տնտեսությունն այդ ցուցանիշներով առայժմ զգալիորեն զիջում է զարգացած երկրների ցուցանիշներին և էներգաարդյունավետության բարձրացման ու էներգախնայողության խրախուսման քաղաքականության վարումը մեր երկրի համար ունի կենսական նշանակություն: Ներկայումս շատ երկրներում շենքերի ջեռուցման-հովացման համակարգերը կլանում են վառելիքի և էներգիայի առնվազն 40%-ը, որը շարունակում է աճել: Նման պայմաններում միակ տեխնոլոգիական լուծումը դա էներգապահանջի կրճատումն է էներգաարդյունավետության բարձրացման միջոցով: Այս տեսակետից կարևոր է դառնում ջեռուցման-հովացման առավել արդյունավետ համակարգերի նախագծման հարցը: Շենքերի կոնստրուկցիաների պահպանության նպատակով դրանց շահագործման ողջ ընթացքում նույնպես անհրաժեշտ է ապահովել ներսի օդի ջերմաստիճանի և օդափոխության որոշակի պայմաններ. հակառակ դեպքում կոնստրուկցիաները կքայքայվեն և շարքից դուրս կգան: Եվրոպական մի շարք երկրներում, պետական հովանավորության պայմաններում, տարածում են ստացել ոչ ավանդական ռեսուրսների վրա հիմնված տեխնոլոգիաները (Դանիա, Իսպանիա, Գերմանիա և այլն), խրախուսվում է էներգաարդյունավետությունը էներգիայի փոխակերպման և էներգիայի սպառման բնագավառներում: Այնուամենայնիվ, չնայած ձեռնարկված միջոցառումներին, առաջնային էներգառեսուրսների ավանդական աղբյուրները, որոնց պաշարները սահմանափակ են և որոնք հանդիսանում են չվերականգնվող, շարունակում են մնալ գերիշխող: Այդպիսի պարագայում, հաշվի առնելով նաև երկրի բնակչության աճը, կենցաղի և արդյունաբերության էներգազինվածության անընդհատ բարձրացումը, էներգետիկայի հետագա քանակական (էքստենսիվ) զարգացումն ավանդական հումքային հենքի վրա անթույլատրելի է: Վերականգնվող էներգառեսուրսների ներգրավումն էներգետիկ ոլորտում դառնում է ժամանակաշրջանի պահանջը:

Ներկայումս բազում նոր տարբերակներ են նախագծվում և կյանքի կոչվում, որպեսզի օգտագործվեն էներգիայի այլ աղբյուրներ, որոնք ավելի քիչ կամ

ընդհանրապես բացասական ազդեցություն չեն ունենում բնության վրա: Այդպիսի սարքեր են ջերմային պոմպերը, արևի էներգիան օգտագործող սարքերը: Բազմաթիվ գիտնականներ և կազմակերպություններ աշխատում են շենքերի ջեռուցման և հովացման համակարգերի էներգաարդյունավետության, տնտեսական շահավետության և շրջակա միջավայրի վրա դրանց ազդեցության նվազման ուղղությամբ: Նրանցից հատկապես կարևոր ներդրումներ ունեն Զ. Մելիքյանը, Արուն Զավերին, Աբրամսը և այլոք: Գոյություն ունեն նաև մի շարք կազմակերպություններ, որոնք զբաղվում են վերը նշված խնդիրներով, որոնցից են Էներգիայի Միջազգային գործակալությունը, Արևի Էներգիայի Ամերիկյան Ասոցիացիան, Էներգետիկ Ճարտարագետների Ասոցիացիան և այլն: Նշված հետազոտողների աշխատանքներում հաշվի չեն առնվում Էներգիայի կուտակման հնարավոր տարբերակները, ինչը հնարավոր կդարձնի բարձրացնել շենքերի ջեռուցման և հովացման համակարգերի էներգաարդյունավետությունը: Այս տեսակետից կարելի է ուշադրություն դարձնել Զ. Մելիքյանի աշխատանքները, որտեղ ներկայացվում է ջերմության կուտակման հնարավոր տարբերակ:

Այս ատենախոսությունը նպատակ ունի շարունակել այդ աշխատանքները՝ ներկայացնելով շենքերի ջեռուցման և հովացման գեոթերմալ տեղական ջերմային պոմպի նախագծման նոր մեթոդ: Այս տեսանկյունից ատենախոսությունը նպատակ ունի բարձրացնել շենքերի ջեռուցման և հովացման համակարգերի էներգաարդյունավետությունը և տնտեսական շահավետությունը: Դրված խնդրի լուծման համար նախ կպահանջվի ուսումնասիրել գոյություն ունեցող և կիրառվող ջերմային պոմպերի առավելությունները և թերությունները, տեխնիկական առանձնահատկությունները, որոնց միջոցով հնարավոր կլինի նախագծել նոր տիպի ջերմային պոմպ, որը կիրականացնի շենքերի ջերմա և ցրտամատակարարումը առավել էներգաարդյունավետ և էֆեկտիվ կերպով:

Աշխատանքի արդիականությունը

- Շենքերի ջեռուցման և հովացման ճարտարագիտական համակարգերի էներգաարդյունավետության բարձրացման խնդիրները բավական ակտուալ են, քանի որ ժամանակակից աշխարհում էներգառեսուրսների շարունակական նվազման և թանկացմանը զուգահեռ շինություններում միկրոկլիմայի ապահովման պահանջները չեն նվազում, այլ մեծանում են:
- Շինություններում միկրոկլիմայի ապահովման համակարգերում օգտագործելով Էներգիայի վերականգնվող աղբյուրները, բացի տնտեսական դրական արդյունքից ունի նաև շատ կարևոր բնապահպանական նշանակություն, քանի որ կրճատվում է վնասակար արտանետումների ծավալը:
- Կիրառելով շենքերի և շինությունների միկրոկլիմայի ապահովման էներգախնայող և այլընտրանքային էներգիա օգտագործող սարքեր բարձրացվում է Հայաստանի էներգետիկ անվտանգության մակարդակը՝ քանզի մեր երկիրը, չունենալով ավանդական հանածո վառելիքների

սեփական պաշարներ, ունի կախվածություն այլ պետություններից:

Աշխատանքի նպատակը

- Մշակել նոր տիպի գեոթերմալ ջերմային պոմպ, որի կախվածությունը տեղանքի գրունտի պայմաններից և հարաչափերից կհասցվի նվազագույնի:
- Մշակել այնպիսի ջերմային պոմպ, որի էներգատնտեսական ցուցանիշներն առավել բարձր են քան գոյություն ունեցող սարքերինն են
- Ստանալ առաջարկվող ջերմային պոմպի գրունտում տեղադրված բաքի ծավալի հաշվարկի բանաձևը
- Մշակել նոր տիպի գոլորշիացուցիչ, որի շնորհիվ հնարավոր կլինի բարձր պահել ջերմային պոմպի աշխատանքի էներգաէֆեկտիվությունը սառցի ստացման պրոցեսում
- Առաջարկվող գիտական նորույթների և ճարտարագիտական նոր լուծումների միջոցով բարձրացնել այլ էներգետիկ համակարգերի էֆեկտիվությունը

Հետազոտման մեթոդները

Հետազոտությունը հիմնված է գոյություն ունեցող ջերմային պոմպերի աշխատանքի առանձնահատկությունների ուսումնասիրության վրա: Հետազոտության առարկա ջերմային պոմպի աշխատանքը ևս հիմնված է Կառնոյի հակադարձելի ցիկլի վրա: Հետազոտության կատարման ժամանակ իրականացվել են առաջարկվող և գոյություն ունեցող գեոթերմալ ջերմային պոմպերի տեխնիկական ցուցանիշների ռեգրեսիոն վերլուծություններ: Առաջարկվող ջերմային պոմպի մշակման համար հիմք են հանդիսացել Զոհրաբ Մելիքյանի ուսումնասիրությունները ջերմային պոմպերի աշխատանքի էներգաարդյունավետության բարձրացման ուղղությամբ:

Ատենախոսության գիտական նորույթը

- Առաջարկվող ջերմային պոմպի կիրառման դեպքում հնարավոր է զգալի չափով կրճատել էլեկտրաէներգիայի օգտագործումը՝ այս կերպ բարձրացնելով շենքերի միկրոկլիմայի ապահովման համակարգերի էներգաէֆեկտիվությունը:
- Դուրս է բերվել գրունտում տեղադրված բաքի ծավալի հաշվարկը, որի մեջ լցված ջուրը հանդիսանում է առաջարկվող ջերմային պոմպի ցածր ջերմաստիճանային ջերմադրյուր:
- Սառնարանային մեքենաներում և ջերմային պոմպերում կիրառելով առաջարկվող փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցիչը, հնարավոր է բարձրացնել սառցի ստացման պրոցեսի էներգաէֆեկտիվությունը:

Հետազոտման արդյունքների հավաստիությունը

Առաջարկվող ջերմային պոմպի նախագծման մեթոդը, տեխնոլոգիան և հավասարումները հավաստի են, քանզի հիմնված են ջերմային պոմպերի աշխատանքի, շինարարական ջերմաֆիզիկայի, օդի կոնդիցիոնացման հիմնական սկզբունքների և փորձարարական արդյունքների վրա:

Հետազոտության գործնական նշանակությունը

Առաջարկվող համակարգը ունի կարևոր և արդի կիրառություն՝ հաշվի առնելով ժամանակակից աշխարհում էներգառեսուրսների խնայողաբար օգտագործման հիմնախնդիրը: Ներկայացվող ջերմային պոմպերի կիրառման պարագայում կնվազեցվի շենքերում միկրոկլիմայի ապահովման նպատակով ծախսվող էլեկտրաէներգիայի քանակը, կբարձրացվի ընդհանուր համակարգի էներգաէֆեկտիվությունը: Միաժամանակ կբարձրացվի համակարգի շահագործման հուսալիությունը: Առաջարկվող տիպի ջերմային պոմպերի կիրառությունը ունի նաև բնապահպանական նշանակություն: Ներկայացված նոր տիպի՝ փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցիչը հնարավորություն է ընձեռում սառցի ստացման պրոցեսը իրականացնել հաստատուն գոլորշացման ջերմաստիճանի պայմաններում, որի դեպքում չի նվազում համակարգի էներգաէֆեկտիվությունը:

Աշխատանքի նախափորձապաշտպանությունը

Աշխատանքի առանձին բաժինները և դրույթները քննարկվել են ՃՇՀԱՀ «Ջերմագազամատակարարում և օդափոխություն» ամբիոնի սեմինարներում, ընդունվել է հրատարակության <<Science Publishing Group>> մասնագիտական ամսագրում:

Հրատարակումներ

Աշխատանքների հիմնական դրույթները ներկայացվում են հրատարակված 6 մասնագիտական հոդվածներում:

Ատենախոսության կազմը և ծավալը

Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, 5 գլուխներից, եզրակացությունից և օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 107 էջերի վրա, ներառյալ 10 աղյուսակ՝ 5 էջերի վրա, 25 նկարներ՝ 7 էջերի վրա և տեքստային մաս՝ 84 էջերի վրա:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. Ջերմային պոմպերը որպես շինության ջերմացրտամատակարարման սարքավորումներ:
2. Շենքերի ջեռուցման և հովացման գեոթերմալ տեղական ջերմային պոմպի աշխատանքի սկզբունքը
3. Առաջարկվող ջերմային պոմպի հաշվարկի մեթոդը
4. Ջերմային պոմպի նոր տիպի գոլորշացուցի մշակման մեթոդ
5. Առաջարկվող ջերմային պոմպի կիրառությունը այլ բնագավառներում
6. Հաշվարկային մաս առաջարկվող ջերմային պոմպի միջոցով շինության ջեռուցման և հովացման ապահովման տարբերակը:
7. Գոյություն ունեցող և առաջարկվող գեոթերմալ ջերմային պոմպերի տեխնիկական հարաչափերի համեմատությունը:

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Առաջին գլխում ներկայացվում է գոյություն ունեցող հին տիպի

գեոթերմալ ջերմային պոմպերի հիմնական տեսակները, դրանց կառուցվածքները ինչպես նաև աշխատանքի սկզբունքն ու դրանց առանձնահատկությունները: Ջերմային էներգիայի հիմնական վերականգնվող աղբյուրներն են՝ մթնոլորտային օդը, ջրային ավազանները, գրունտը և արևը: Այս ջերմաղբյուրները հիմնականում բնական են: Նշված ջերմաղբյուրների հիմնական առանձնահատկությունը դրանց ցածր ջերմաստիճանն է, որը հավասար է շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանին: Այս պատճառով 1մ² մակերեսի էներգիայի խտությունը բավական փոքր է: Էներգիայի խտության փոքր լինելու պատճառով էներգիայի վերականգնվող աղբյուրների ջերմաքանակը հնարավոր չէ անմիջապես օգտագործել շինության ջերմապահանջը բավարարելու համար: Միայն արևի ճառագայթային ջերմության քանակն է, որ հնարավոր է անմիջապես օգտագործել՝ բարձր ջերմաստիճանի շնորհիվ: Ցածր ջերմաստիճանային ջերմաղբյուրի ջերմությունը օգտագործելու համար նախ անհրաժեշտ է բարձրացնել ջերմաստիճանը մինչև որոշակի աստիճան: Հիմնվելով թերմոդինամիկայի երկրորդ օրենքի վրա ցածր ջերմաստիճանային ջերմաղբյուրի ջերմության քանակի ջերմաստիճանի բարձրացման, ապա այդ ջերմաքանակը ջեռուցվող միջավայրին հաղորդելու համար անհրաժեշտ է ծախսել լրացուցիչ էներգիա: Այս պրոցեսի իրականացման համար ստեղծվել են սարքեր, որոնք կոչվում են ջերմային պոմպեր: Կախված ցածր ջերմաստիճանային ջերմաղբյուրի և բարձր ջերմաստիճանային միջավայրի տեսակներից ջերմային պոմպերը դասակարգվում են՝ 1. օդ-օդ տիպի, 2. օդ-ջուր տիպի, 3. գրունտ-օդ տիպի, 4. գրունտ-ջուր տիպի, 5. ջուր-ջուր տիպի, 6. ջուր-օդ տիպի[46,52,53]: Օդ-օդ կամ օդ-ջուր տիպի ջերմային պոմպերը օգտագործում են շրջակա օդի ջերմությունը՝ այն փոխանցելով տաքացվող օդին կամ հեղուկին: Գրունտ-օդ կամ գրունտ-ջուր տիպի ջերմային պոմպերի դեպքում ցածր ջերմաստիճանային ջերմաղբյուր է ծառայում գրունտը, որից և խլվում է ջերմություն՝ օդը կամ հեղուկը տաքացնելու համար: Գրունտ-ջուր կամ ջուր-ջուր տիպի ջերմային պոմպերը ջերմությունը ջրային ավազաններից (գետեր, լճեր, ստորգետնյա ջրեր) հաղորդում են տաքացվող միջավայրին: Կախված ցածր ջերմաստիճանային միջավայրի տեսակից ջերմային պոմպերը դասակարգվում են

1. աէրոթերմալ ջերմային պոմպեր, որոնք օգտագործում են օդի ջերմային էներգիան,
2. հիդրոթերմալ ջերմային պոմպեր, որոնք օգտագործում են ջրային ավազանների (գետեր, լճեր, ջրամբարներ) ջերմային էներգիան,
3. գեոթերմալ ջերմային պոմպեր, որոնք օգտագործում են գրունտի ջերմային էներգիան:

Ներկայում առավել լայն տարածում են գտել ջերմային պոմպի երկու տեսակներ՝ փակ ցիկլով և բաց ցիկլով աշխատող գեոթերմալ ջերմային պոմպերը:

Փակ ցիկլով աշխատող ջերմային պոմպի համար գրունտը հանդիսանում է ջերմության աղբյուր և շաղկապված է ջերմային պոմպի հետ

գրունտի մեջ թաղված խողովակաշարով(նկ. 1): Խողովակների դասավորությունը գրունտում կարող է լինել հորիզոնական, ուղղաձիգ կամ տարաձևական, որը կախված է գրունտի տեսակից և տեղանքի առանձնահատկություններից:



Նկ.1 Փակ ցիկլով աշխատող գեոթերմալ ջերմային պոմպի գծապատկեր

Ճմռան ամիսներին ջերմային պոմպը խլում է ջերմությունը գրունտից և այն փոխանցում շինություն, իսկ ամռան ամիսներին՝ խլելով ավելցուկային ջերմաքանակը շինությունից, հաղորդում է այն գրունտին: Որպես հիմնական միջանկյալ ցրտատար հանդիսանում է ջուրը: Ջերմային պոմպի գոլորշացուցում հեղուկ սառնագենտին ջերմության քանակ է փոխանցում գրունտի մեջ ընկղմված խողովակներով շրջանառություն կատարող ջուրը: Այն, սառելով, հետ է վերադառնում գրունտ, որտեղից շարունակում է խլել ջերմաքանակ և տաքանալ: Ակնհայտ է, որ գրունտից ջերմություն խլելու դեպքում ջրի ջերմաստիճանը չի կարող գերազանցել դրա ջերմաստիճանը՝ $10...12^{\circ}\text{C}$: Ջրից սառույց ֆազային անցման վտանգից ելնելով, սառնագենտի գոլորշիացման ջերմաստիճանը անհրաժեշտ է պահել $1...2^{\circ}\text{C}$, որպեսզի ջրի ջերմաստիճանը գոլորշացուցում լինի $4...5^{\circ}\text{C}$: Այս պայմաններից ելնելով, կարող ենք եզրակացնել, որ գրունտի մեջ ընկղմված խողովակներով շրջանառություն կատարող ջուրը ձմռան ամիսներին տաքանում է $6...7^{\circ}\text{C}$:

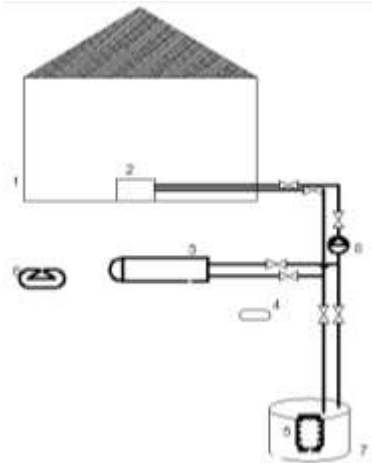
Բաց ցիկլով աշխատող ջերմային պոմպերի դեպքում օգտագործվում է անմիջապես գրունտում առկա ստորգետնյա ջրերը, որի ջերմաստիճանը մոտիկ է գրունտի ջերմաստիճանին(նկ. 2): Որոշ դեպքերում գրունտում առկա ջրի ջերմաստիճանը նույնիսկ կարող է գերազանցել գրունտի ջերմաստիճանը, օր.՝ ստորգետնյա տաք ջրեր:



Նկ.2 Բաց ցիկլով աշխատող գեոթերմալ ջերմային պոմպի գծապատկեր

Ձմռան ամիսներին ջերմային պոմպի կոմպրեսորի աշխատանքի արդյունքում սառնագենտի միջոցով ջերմային պոմպը որոշակի ջերմաքանակ է խլում գրունտից և այն հաղորդում շինությանը, իսկ ամռան ամիսներին շինության ավելցուկային ջերմաքանակը նույն կերպ հաղորդվում է գրունտին:

Երկրորդ գլխում ներկայացվում է առաջարկվող գեոթերմալ տեղական ջերմային պոմպի կառուցվածքը, աշխատանքն ըստ ջեռուցման և հովացման սեզոնների, ինչպես նաև դրա նախագծման մեթոդն ու հաշվարկի հիմնական սկզբունքը: Ջերմային պոմպերի կառուցվածքի պարզեցման և ինքնարժեքի նվազեցման նկատառումներից ելնելով առաջարկվում է ստորգետնյա խողովակային ջերմափոխանակիչների փոխարեն կիրառել գրունտի մեջ ընկղմված բաքեր, որոնք լցված են ջրով: Բաքում լցված ջրի ջերմային պոտենցիալը պետք է բավարարի ամբողջ ջեռուցման սեզոնի ջերմապահանջը: Ջեռուցման սեզոնում ջերմային պոմպի միջոցով բաքում լցված ջրից ջերմությունը խլվում և հաղորդվում է շինության ներսում տեղակայված ջեռուցման սարքերին: Ի հետևանք այս պրոցեսի, բաքում լցված ջրի ջերմաստիճանը աստիճանաբար նվազում է և ջեռուցման սեզոնի վերջում վեր է ածվում սառցի: Կուտակված սառույցը ամռան ամիսներին օգտագործվում է, որպես շինության ցրտապահանջի բավարարման աղբյուր: Այս պրոցեսի իրականացման համար ամռան ամիսներին ջերմային պոմպը չի աշխատում, քանի որ շինության ցրտամատակարարումը իրականացվում է ջեռուցման սեզոնում կուտակված սառցի հալոցքից առաջացած ջրի միջոցով: Ամռան ամիսներին աշխատում է ընդամենը մեկ շրջանառության պոմպ և հանդիսանում է ջերմային պոմպի միակ էներգասպառող սարքը: Այս պրոցեսի արդյունքում մի քանի անգամ կրճատվում է համակարգի էներգասպառումը և ապահովում է շինության շուրջտարյա ջերմամատակարարումը և ցրտամատակարարումը:



Նկ. 3 Առաջարկվող ջերմային պոմպի սկզբունքային գծապատկեր

1. Առանձնատուն
2. Ջերմացրտամատակարարման համակարգի ֆենբոյլ
3. Ջերմային պոմպի կոնդենսատոր
4. Դրոսելացման հանգույց
5. Ջերմային պոմպի գոլորշացուցիչ
6. Ջերմային պոմպի կոմպրեսոր
7. Ստորգետնյա բաք
8. Շրջանառության պոմպ

Ջեռուցման սեզոնի ընթացքում ջերմային պոմպը գրունտի մեջ թաղված բաքի մեջ լցված ջրից աստիճանաբար խլում է ջերմության քանակ և ի վերջո այն վերափոխում է սառցի: Խլված ջերմության քանակի հետևանքով ջրի ջերմաստիճանը իջնում է մինչև 0 °C և ի վերջո ջուրը ֆազային անցում է կատարում ջրից սառույց: Այսպես, ջրի ջերմաստիճանի իջեցման ֆիզիկական և ջրից սառույց ֆազային անցման թաքնված ջերմության քանակների գումարը՝ ծառայում է որպես ցածր ջերմաստիճանային ջերմության աղբյուր՝ ջերմային պոմպի համար: Ջեռուցման սեզոնի վերջում ջուրը ամբողջությամբ կամ մասամբ վերածվում է սառցի: Համակարգի աշխատանքը իրականացվում է հետևյալ կերպ. սառնագենտը կոմպրեսորում սեղմվելուց և ճնշման բարձրացումից հետո մղվում է յուղանջատիչ, որտեղ սառնագենտի գոլորշիների հետ խառնված կոմպրեսորի յուղը անջատվում է և յուղի վերադարձի խողովակով վերադարձվում է կոմպրեսոր: Յուղի անջատումից հետո սառնագենտը քառաքայլ փականի միջով մղվում է կոնդենսատոր: Այստեղ սառնագենտը կոնդենսացման ջերմաքանակը հաղորդում է ջերմատարին, որը պոմպի միջոցով շրջանառություն է կատարում կոնդենսատորի և ֆենքոյի միջև: Կոնդենսատորից հետո արդեն հեղուկ սառնագենտը անցնում է դրոսելացման հանգույցի միջով. դրոսելանում է և մղվում դեպի գոլորշացուցիչ: Հեղուկ սառնագենտը ստորգետնյա բաքում տեղադրված փոփոխական երկրաչափությամբ գոլորշացուցչի միջոցով, ջրից խլելով համապատասխան ջերմաքանակը, ամբողջությամբ գոլորշիանում է: Բաքում լցված ջրից ջերմության քանակը խլելու արդյունքում ջրի ջերմաստիճանը նվազում է և ջեռուցման սեզոնի վերջում այն վեր է ածվում սառցի: Սառնագենտի գոլորշացման և բաքում լցված ջրի ջերմաստիճանի նվազման արդյունքում գոլորշացուցչի մակերևույթին առաջանում է սառցի շերտ: Առաջացած սառցի շերտի որոշակի հաստության հասնելուց հետո քառաքայլ փականի միջոցով փոխվում է սառնագենտի մղման ուղղությունը: Այս կերպ անջատվում է գոլորշացուցչի մակերևույթին առաջացած սառցի շերտը: Սառցի շերտի անջատումից հետո համակարգը վերադառնում է ստանդարտ աշխատանքային ցիկլի: Սառնագենտի գոլորշիները անցնում են հեղուկ-անջատիչի միջով, որտեղ սառնագենտի հեղուկի կաթիլները անջատվում են գոլորշուց, որպեսզի դրանք չներծծվեն կոմպրեսոր: Հեղուկը ներածվելով կոմպրեսոր, կնվազեցնի համակարգի ցրտարտադրողականությունը, ինչպես նաև հեղուկի անսեղմելիության պայմանից ելնելով կարող է առաջացնել մեխանիկական վթարներ: Սառնագենտի գոլորշիները ներծծվում են կոմպրեսոր, որտեղից այս պրոցեսը շարունակվում է իրականանալ նույն կերպ: Այսպես բաքի մեջ լցված ջրի ջերմությունը հաղորդվում է ֆենքոյեր, որոնց միջոցով իրականացվում է շինության ջեռուցումը և հովացումը, ինչպես նաև բաքի մեջ լցված ջուրը ջեռուցման սեզոնի վերջում վեր է ածվում սառցի:

Սառեցման սեզոնում ջերմային պոմպը անջատվում է: Ջեռուցման սեզոնում կուտակված սառցի հալոցքից առաջացած ջրի միջոցով բավարարվում

է տարածքի ցրտապահանջը: Պոմպի միջոցով 0°C ջերմաստիճանի ջուրը մղվում է դեպի ֆենքոյլներ: Յրտատարը, խլելով տարածքի ավելցուկային ջերմաքանակը, տաքացած վերադառնում է ստորգետնյա բաք, որտեղ շարունակվում է սառցի հալման պրոցեսը: Այդ պատճառով բաքում պետք է կուտակված լինի անհրաժեշտ քանակի ջուր, որի պոտենցիալը կբավարարի անհրաժեշտ ջերմաքանակով ջեռուցման սեզոնում և ցրտաքանակով հովացման սեզոնում: Հովացման սեզոնի վերջում սառույցը ամբողջությամբ հալվում է և ջերմաստիճանը բարձրանում է մինչև $t_{\text{ջ. 4.}}$, ինչը իր հերթին հանդիսանում է ջեռուցման սեզոնում ջրի սկզբնական ջերմաստիճանը: Սառը ջրի շրջանառությունը տեղի է ունենում 8 բաքի և ֆենքոյլի միջև 6 պոմպի միջոցով: Սառցի ծավալի քիչ լինելու հետևանքով ցրտի բեռը չսպառնալովու դեպքում ջերմային պոմպը կարող է միացվել՝ ջրի լրացուցիչ սառեցման համար, իսկ կոնդենսատորից դուրս եկած տաք ջուրը կարող է օգտագործվել լոկալ տաք ջրամատակարարման համար: Սառցի ծավալը պահանջվածից մեծ լինելու դեպքում, կստացվի լրացուցիչ ցրտաքանակ, որը կարելի է օգտագործել այլ կարիքների համար: Ամեն դեպքում ջեռուցման սեզոնի սկզբում բաքում եղած սառույցը ամբողջ ծավալով պետք է հալված լինի: Գետթերմալ տեղական ջերմային պոմպի նախագծման համար անհրաժեշտ է ճիշտ հաշվարկել ամբողջ համակարգի բաղկացուցիչ սարքավորումների տեխնիկական հարաչափերը: Հիմնական սարքավորումները բաժանվում են երեք խմբի՝ 1. շինության՝ ջեռուցման և հովացման ապահովման սարքեր, 2. ջերմային պոմպի սարքավորումներ, 3. շինությունը, ջերմային պոմպը և գրունտը միմյանց կապող սարքեր: Առաջին խմբին պատկանող սարքերն են ֆենքոյլները, և ջերմատարի մատակարար ու հետադարձ խողովակները: Ջերմային պոմպին պատկանող սարքավորումներն են կոմպրեսորը (ճնշակ), կոնդենսատորը, դրոսելացման հանգույցը, գոլորշացուցիչը, որոնք կարող են տեղակայված լինել ինչպես շինության ներսում այնպես էլ՝ դրանից դուրս: Ջեռուցման սարքերը, ջերմային պոմպը և գրունտը իրար միացնող սարքը գրունտի մեջ տեղակայված ջրի բաքն է, որի մեջ լցված ջուրը ծառայում է որպես ցածր ջերմաստիճանային ջերմաղբյուր: Շինության ջեռուցման սարքավորումների՝ ֆենքոյլների հիմնական տեխնիկական հարաչափը ջերմափոխանցման մակերեսն է՝ $F_{\text{ֆ}}(\text{մ}^2)$: Ջերմային պոմպերի կարևոր հարաչափերն են կոնդենսացման $T_{\text{կ}}$ և գոլորշացման $T_{\text{գ}}$ ջերմաստիճանները, կոնդենսատորի $F_{\text{կ}}(\text{մ}^2)$ և գոլորշացուցչի $F_{\text{գ}}(\text{մ}^2)$ ջերմափոխանցման մակերեսները, ջերմարտադրողականությունը $Q_{\text{ջ.պ}}(\text{կՎտ})$ և էլեկտրական հզորությունը $N_{\text{ջ.պ}}(\text{կՎտ})$: Գրունտի մեջ տեղակայված բաքի կարևորագույն հարաչափը դրա ծավալն է՝ $V(\text{մ}^3)$: Նախագծման փուլում շինության ջերմա և ցրտապահանջը հանդիսանում են էլակետային տվյալներ: Ջերմային պոմպի միայն ջեռուցման ռեժիմով աշխատելու հանգամանքից ելնելով բոլոր հարաչափերը հաշվարկվում են միայն ջեռուցման սեզոնի համար: Ջերմային պոմպի գոլորշացուցչի մակերեսը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$F_q = \frac{Q_{ջայ} \cdot (\mu - 1)}{\mu \cdot K_f \cdot \Delta T_{լնգ}} \quad (1)$$

որտեղ՝

$Q_{ջայ}$ - շենքի ջերմապահանջն է Վտ

K_f - գոլորշացուցչի ջերմափոխանցման գործակիցն է (հեղուկ-հեղուկ ջերմափոխանակիչների դեպքում 350 Վտ/մ²*C)

μ - ջերմային պոմպի վերափոխման գործակիցն է,

$\Delta T_{լնգ}$ - միջին լոգարիթմական ջերմաստիճանատարբերությունն է:

$$\Delta T_{լնգ} = \frac{(t_3 - t_2) - (t_4 - t_1)}{\ln \frac{(t_3 - t_2)}{(t_4 - t_1)}} \quad (2)$$

որտեղ՝

t_1 - սառնագենտի գոլորշացման ջերմաստիճանն է

t_2 և t_3 - գրունտում թաղված խողովակներով շրջանառություն կատարող հեղուկի մատակարար և հետադարձ ջերմաստիճաններն են:

Կոնդենսատորի մակերեսը որոշվում է՝

$$F_k = \frac{Q_{ջայ}}{K_f \cdot \Delta T_{լնգ}} \quad (3)$$

որտեղ՝

$Q_{ջայ}$ - շենքի ջերմապահանջն է Վտ

K_f - կոնդենսատորի ջերմափոխանցման գործակիցն է 300 Վտ/մ²*C

$\Delta T_{լնգ}$ - միջին լոգարիթմական ջերմաստիճանատարբերությունն է C

$$\Delta T_{լնգ} = \frac{(t_4 - t_2) - (t_3 - t_1)}{\ln \frac{(t_4 - t_2)}{(t_3 - t_1)}} \quad (4)$$

որտեղ՝

t_1 - սառնագենտի կոնդենսացման ջերմաստիճանն է

t_2 և t_3 - ֆենքոյլներում շրջանառություն կատարող ջերմատարի մատակարար և հետադարձ ջերմաստիճաններն են:

Ջերմային պոմպի էլեկտրական հզորությունը որոշվում է՝

$$N_{ջայ} = \frac{Q_{ջայ}}{\mu} \quad (5)$$

որտեղ՝

$Q_{ջայ}$ - շենքի ջերմապահանջն է Վտ,

μ - ջերմային պոմպի վերափոխման գործակիցն է:

Բաքը, որի մեջ լցված ջուրը հանդիսանում է ցածր ջերմաստիճանային ջերմաղբյուր, տեղակայված է գրունտի մեջ մոտ 3մ խորության վրա, որտեղ գրունտի ջերմաստիճանը կազմում է 10...12°C և գրեթե չի փոխվում տարվա ընթացքում: Բաքի արտաքին մակերևույթը պետք է լինի լավ

ջերմամեկուսացված, որպեսզի ջեռուցման սեզոնի ընթացքում ջերմային պոմպի աշխատանքի արդյունքում կուտակված սառցի պաշարը չսկսի հալվել ժամանակից շուտ և այսպիսով շինության ցրտապահանջը հնարավոր չլինի բավարարել:

Բաքում լցված անհրաժեշտ ջրի քանակը կարող ենք որոշել համակարգի ջերմային հավասարակշռության հավասարման միջոցով՝

$$Q_{24,u} = Q_{2,u} + Q_{01,u} + Q_{12,u} \tag{6}$$

որտեղ՝

$Q_{24,u}$ - համակարգի սեզոնային ջերմապահանջն է կՎտ*ժ/ս
 $Q_{2,u}$ -ջեռուցման սեզոնում օդափոխության համար անհրաժեշտ օդաքանակի տաքացման համար պահանջված ջերմաքանակն է կՎտ*ժ/ս
 $Q_{12,u}$ - ջեռուցման սեզոնում կենցաղային տաք ջրամատակարարման համար անհրաժեշտ ջերմության քանակն է կՎտ*ժ/ս

Պետք է նկատի ունենալ, որ բաքում լցված ջրի քանակը պետք է բավարարի ջեռուցման սեզոնում ջերմային պոմպի սառնագենտի ամբողջական գոլորշացման համար: Այս պայմանից ելնելով ներկայացվում է գոլորշացման Q_q և կոնդենսացման Q_k ջերմաքանակների կապը՝

$$Q_k = Q_q + N_k \tag{7}$$

որտեղ՝ N_k -ն կոմպրեսորի էլեկտրաշարժիչի հզորությունն է կՎտ:

Հավասարման բոլոր անդամները բաժանելով կոնդենսացման ջերմաքանակի վրա կունենանք՝

$$1 = \frac{Q_q}{Q_k} + \frac{N_k}{Q_k} \tag{8}$$

Հաշվի առնելով, որ $N_k/Q_k = 1/\mu$ գոլորշացման Q_q և կոնդենսացման Q_k ջերմաքանակների կապը կարող ենք ներկայացնել այլ կերպ՝

$$Q_q = Q_k \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) \text{ կամ } Q_q = Q_k \left(\frac{\mu-1}{\mu}\right) \tag{9}$$

որտեղ՝ μ -ն ջերմային պոմպի վերափոխման գործակիցն է (coefficient of performance COP): Այս բանաձևի հիման վրա հնարավոր է հաշվարկել ցածր ջերմաստիճանային ջերմաղբյուրի ջերմության քանակը, որն անհրաժեշտ է ջեռուցման կարիքների բավարարման համար: Վերը թվարկված ջերմաքանակը արտադրվում է ջերմային պոմպի կոնդենսատորում, որը կախված է շինության չափերից, արտաքին կոնստրուկցիաների տեսակից, ինչպես նաև աշխարհագրական տեղանքից: Սեզոնային ջերմապահանջը կկազմի՝

$$Q_{2,u} = Q_2 * Z \tag{10}$$

որտեղ՝ Z -ը ջեռուցման սեզոնի տևողությունն է արտահայտված ժամերով (3600 ժամ Երևանի քաղաքի դեպքում): Ջեռուցման սեզոնի ընթացքում կենցաղային տաք ջրամատակարարման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը՝ $Q_{12,u}$ որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$Q_{12,u} = n * g * c_2 * (t_{in} + t_u) * Z \tag{11}$$

որտեղ՝

ո-առանձնատան բնակիչների թիվն է՝ 4 հոգի

ց- մեկ մարդու համար նախատեսված ժամային տաք ջրամատակարարման քանակն է 2.5 կգ/ժ

C_ջ-ջրի տեսակարար ջերմունակությունն է՝ 4.18 կՋ/կգ*°C

t_ա-տաք ջրամատակարարման համար օգտագործվող ջրի ջերմաստիճանն է՝ 45°C

t_ա-սառը ջրի ջերմաստիճանն է՝ 8°C

Ջեռուցման սեզոնում օդափոխության համար անհրաժեշտ օդաքանակի տաքացման համար պահանջված ջերմաքանակը՝ Q_{ջ.ս} որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Q_{\text{ոդ.ս}} = n \cdot V \cdot C_{\text{ոդ}} \cdot (t_2 + t_w) \cdot \rho \cdot Z \quad (12)$$

որտեղ՝

ո-առանձնատան բնակիչների թիվն է՝ 4 հոգի

v - մեկ մարդու համար նախատեսված ժամային թարմ օդի քանակն է 20 մ³/ժ

C_{ոդ}-օդի տեսակարար ջերմունակությունն է՝ 1.05 կՋ/կգ*°C

t₂-շինության ներսի օդի ջերմաստիճանն է՝ +18°C

t_w-արտաքին օդի ջերմաստիճանն է՝ -19°C (Երևանի դեպքում)

ρ- արտաքին օդի խտությունն է՝ 1.25 կգ/մ³

Ջերմային պոմպի կոնդենսատորում առաջացած ջերմաքանակը պետք է բավարարի շինության ջերմապահանջների գումարին՝ ջեռուցման սեզոնի ընթացքում շինության ջեռուցման, տաք ջրամատակարարման և օդափոխության համար ներառվող թարմ օդի տաքացման կարիքների բավարարման համար, որը ներկայացվում է հետևյալ մաթեմատիկական արտահայտությամբ՝

$$Q_{\text{ջ.ս.}} = Q_{\text{ջ.ս.}} + Q_{\text{ոդ.ս.}} + Q_{\text{տք.ս.}} \quad (13)$$

Մեկ սեզոնի ընթացքում ջերմային պոմպի միջոցով արտադրված ջերմության քանակը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$Q_{\text{ջ.ս.}} = \frac{\mu G_{\text{ջ}} C_{\text{ջ}} (t_{\text{ջ.ս.}} - t_{\text{ջ.վ.}}) + \beta_{\text{ջ}}}{(\mu - 1) \cdot 3600} \quad (14)$$

որտեղ՝

Q_{ջ.ս.ս}՝ ջեռուցման սեզոնի ընթացքում ջերմային պոմպի միջոցով ստացված ջերմաքանակն է կՎտ*ժ/ս

t_{ջ.ս.}՝ ջեռուցման սեզոնի սկզբում բաքում լցված ջրի ջերմաստիճանն է, որը հավասար է հովացման սեզոնի վերջում բաքում լցված ջրի ջերմաստիճանին 15°C

t_{ջ.վ.}՝ ջեռուցման սեզոնի վերջում բաքում առաջացած սառցի ջերմաստիճանն է - 3°C

β_ջ՝ ջրից սառույց ֆազային անցման թաքնված ջերմաքանակն է 333,7 կՋ/կգ°C

(13) Բանաձևից ելնելով կարող ենք որոշել բաքում լցված ջրի քանակը, ինչով պայմանավորված է ջեռուցման սեզոնի ընթացքում շինության ջեռուցման, կենցաղային տաք ջրամատակարարման, ինչպես նաև օդափոխության համար ներառվող օդի քանակի տաքացման կարիքների բավարարման համար

անհրաժեշտ ջերմության քանակը:

$$G = \frac{3600Q_{ջու.(\mu-1)}}{\mu(\epsilon_{ջ.(\tau_{ջ.}-\tau_{ջ.})} + \beta_{ջ.})} \quad (15)$$

Անհրաժեշտ ջրի ծավալը՝ V կկազմի՝

$$V = \frac{G}{\rho} \quad (16)$$

որտեղ՝ ρ-ն ջրի խտությունն է 1000 կգ/մ³:

Բաքի տրամագիծը կորոշվի հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}} \quad (17)$$

որտեղ՝ h-ը բաքի բարձրությունն է (մ):

Առաջարկվող ջեռուցման և հովացման համակարգը ամբողջ տարվա ընթացքում սպառում է էլեկտրաէներգիա: Ջեռուցման սեզոնի ընթացքում հիմնական էլեկտրասպառող սարքերն են՝ ջերմային պոմպի կոմպրեսորը և շրջանառության պոմպերը: Հովացման սեզոնում միակ էլեկտրասպառող սարքը՝ էթիլեն գլիկոլի շրջանառության, պոմպն է: Այսպես շուրջտարյա էլեկտրաէներգիայի ծախսը կկազմի՝

$$\sum N_{ջ.հ.համ.} = N_{ջու.ձ.} + \sum N_{ջու.տ.} \quad (18)$$

որտեղ՝

$N_{ջու.ձ.}$ – ջերմային պոմպի ձմռան սեզոնում սպառած էլեկտրաէներգիայի քանակն է կՎտ*ժ/ս,

$\sum N_{ջու.տ.}$ – շրջանառության պոմպերի սպառած էլեկտրաէներգիայի քանակն է կՎտ*ժ/տ:

Ջերմային պոմպի կոմպրեսորի կողմից սպառած էլեկտրաէներգիան ջեռուցման սեզոնի ընթացքում կազմում է՝

$$N_{ջու.ձ.} = Q_{կոն.ս.} / \mu_{ջու.} \quad (19)$$

Քանի որ $Q_{կոն.ս.} = Q_{ջու.ս.}$, քանաձևը կարող ենք ներկայացնել հետևյալ կերպ՝

$$N_{ջու.ձ.} = Q_{ջու.ս.} / \mu_{ջու.} \quad (20)$$

Շրջանառության պոմպերի կողմից տարվա ընթացքում սպառված էլեկտրաէներգիայի քանակը որոշվում է՝

$$\sum N_{ու.տ.} = N_{տ.ջ.} + N_{տ.ս.} \quad (21)$$

որտեղ՝

$N_{տ.ջ.}$ – ջեռուցման համակարգի ջերմատարի շրջանառության պոմպի կողմից սպառված էլեկտրաէներգիայի քանակն է կՎտ*ժ

$N_{տ.ս.}$ – հովացման սեզոնում համակարգի կողմից սպառված էլեկտրաէներգիայի քանակն է, որը հավասար է մեկ շրջանառության պոմպի կողմից սպառված էլեկտրաէներգիայի քանակին կՎտ*ժ:

Շրջանառության պոմպի կողմից սպառված էլեկտրաէներգիայի քանակը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$N_{տ.ջ.} = V_{ջ.ձ.} \cdot \Delta P_{ջ.հ.} \quad (22)$$

որտեղ՝

$V_{\text{ջ.բ.}}$ – ջեռուցման սեզոնի ընթացքում ֆենթյոյի և ջերմային պոմպի կոնդենսատորի միջև շրջանառություն կատարող ջերմատարի քանակն է մ³/սեզ $\Delta P_{\text{ջ.հ.}}$ – շրջանառության պոմպի կողմից զարգացված ճնշումն է՝ համակարգի հիդրավլիկ դիմադրությունների հաղթահարման համար (Պա):

Երրորդ գլխում ներկայացվում է սառցի արտադրության համար նախատեսված հատուկ տիպի փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցիչը, որի հատուկ կառուցվածքի և աշխատանքի արդյունքում կառավարվում է առաջացող սառցի հաստությունը, ինչն էլ իր հերթին թույլ չի տալիս ջերմային պոմպի էներգաէֆեկտիվության նվազումը: Որպես փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցիչ առաջարկվում են պղնձից կամ չժանգոտվող պողպատից պատրաստված սիլֆոնային կոմպենսատորները: Այս տիպի կոմպենսատորները բավական հաճախ օգտագործվում են ջերմացրտամատակարարման համակարգերի խողովակաշարերի կառուցման ժամանակ: Այդ խողովակներով ջերմատարի կամ ցրտատարի շրջանառության ժամանակ խողովակները համապատասխանաբար ընդարձակվում կամ սեղմվում են, առաջանում են դեֆորմացիաներ, ինչն էլ կարող է հանգեցնել վթարների: Նման խնդիրներից խուսափելու նպատակով կիրառվում են սիլֆոնային կոմպենսատորները, որոնք կոմպենսացնում են այդ դեֆորմացիաները: Նշված փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցիչ նկարը ներկայացվում է ստորև՝



Ն Կ . 4 Փոփոխական երկրաչափությամբ գոլորշացուցի տեսքը

Սիլֆոնային կոմպենսատորները ունեն պատի փոքր հաստություն: Սա իրականացվում է, որպեսզի կոմպենսատորը ունենա առավել մեծ առածգականություն: Այս հանգամանքը բավական նպատակավոր է, քանի որ այն առավել մեծացնում է գոլորշացուցի ջերմափոխանցման գործակիցը. բարձրանում է գոլորշացուցի աշխատանքի էֆեկտիվությունը:

Փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցիչների աշխատանքը պայմանավորված է նրանց մեջ շրջանառություն կատարող հեղուկի կամ գազերի ճնշման փոփոխությամբ: Ճնշման փոփոխման արդյունքում այս գոլորշացուցչում առաջանում է առածգական դեֆորմացիա: Հեղուկի կամ գազի ճնշման սկզբնական արժեքի վերադարձի դեպքում գոլորշացուցիչը վերադառնում է իր

նախկին դիրքին: Գոլորշացուցչի աշխատանքի հուսալիության համար մեծ նշանակություն ունի ջերմային պոմպի սառնագենտի գոլորշացման ճնշումը, քանզի նրա արժեքի մեծ լինելու դեպքում գոլորշացուցչում կարող են առաջանալ պլաստիկ դեֆորմացիաներ և գոլորշացուցիչը կկորցնի իր կոնստրուկտիվ տեսքը և կդադարի ծառայել որպես փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցիչ: Օրինակ՝ 120 մմ տրամագծով և 0.7 մմ թիթեղի հաստությամբ փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցչի դեպքում առավել նպատակահարմար է օգտագործել այնպիսի սառնագենտ, որի գոլորշացման ճնշումը տվյալ ցիկլի համար կլինի 3...4 մթ: Փորձնական ճանապարհով ստացված արդյունքների հիման վրա կարելի է արձանագրել, որ նշված հարաչափերով գոլորշացուցչի դեպքում 5.5 մթ-ից ավել ճնշման դեպքում առաջանում են պլաստիկ դեֆորմացիաներ և գոլորշացուցիչը կորցնում է իր հատկությունները: Փորձի արդյունքում ստացված արդյունքի նկարը ներկայացվում է հաջորդիվ՝



ՆԿ.5 Փոփոխական երկրաչափությամբ գոլորշացուցչի տեսքը 5.5 մթ. բարձր ճնշմամբ փորձարկելուց հետո

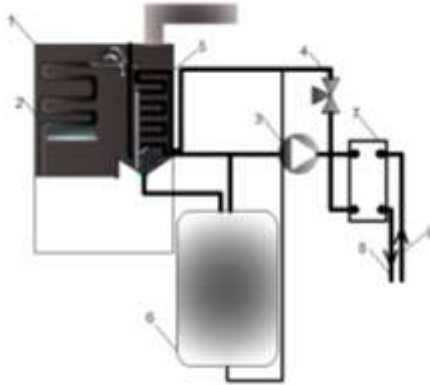
Գոլորշացուցչի երկրաչափական չափերը փոխելու արդյունքում ստացվում է առաձգական դեֆորմացիա, որը կարող է կազմել սկզբնական չափերի մինչև 30 % աճ, ինչն էլ հանգեցնում է սառցի շերտի անջատմանը գոլորշացուցչի մակերևույթից:



ՆԿ.6 Աշխատանքային վիճակում և պլաստիկ դեֆորմացիաների առաջացումից հետո փոփոխվող երկրաչափությամբ գոլորշացուցիչների

երկրաչափական չափերի տարբերությունը

Չորրորդ գլխում բերված է առաջարկվող ջերմային պոմպի աշխատանքի հիման վրա այլ տիպի սարքերի աշխատանքը, որի միջոցով բարձրացվում է գոյություն ունեցող սարքավորումների էներգատնտեսական ցուցանիշները: Կոնդենսացիոն կաթսաների դեպքում ծխագազերի ջերմաստիճանը հետադարձ ջերմատարի և դրանց ջերմափոխանակության շնորհիվ նվազեցվում է մինչև 60°C (ջրային գոլորշիների ցողի կետ), ապա տեղի է ունենում ծխագազերի կազմում առկա ջրային գոլորշիների ֆազային անցում՝ կոնդենսացիա: Վերջում ծխագազերը արտանետվում են մթնոլորտ: Ջերմային պոմպի միջոցով գազի կոնդենսացիոն կաթսայի ՕԳԳ-ն բարձրացնելու համար ստորև ներկայացված է առաջարկվող համակարգի սկզբունքային գծապատկերը: Ջերմային պոմպի կոմպրեսորը, սեղմելով սառնագենտը և բարձրացնելով նրա ճնշումը մինչև համապատասխան ճնշման, ուղարկում է այն կոնդենսատոր, որը հանդիսանում է երկրորդային ջերմափոխանակիչ սառնագենտի և ջեռուցման համակարգի ջերմատարի համար: Այստեղ ջեռուցման համակարգի հետադարձ խողովակագծով եկող ջերմատարը սառնագենտից խլում է ջերմության քանակ, տաքանում է և ուղարկվում ջեռուցման սարք: Ջերմության խլման արդյունքում սառնագենտը կոնդենսանում է, ուղղվում դեպի դրոսելացման հանգույց: Դրոսելացումից հետո սառնագենտի մի մասը ուղղվում է կաթսայում տեղակայված գոլորշիացուցիչ, իսկ մյուս մասը՝ կոնդենսատի հավաքման բաքում ընկղմված գոլորշացուցիչ: Կաթսայում ծխագազերի կոնդենսացումը իրականացվում է նախ ջեռուցման համակարգի հետադարձ ջրի միջոցով, ապա 55-60 °C ջերմաստիճանի կոնդենսատը սառեցվում է մինչև 0°C և ուղարկվում կոնդենսատի կուտակման բաք, որտեղ 0°C-ի կոնդենսատից խլվում է լրացուցիչ ջերմության քանակ, ինչի արդյունքում հեղուկը վերածվում է սառցի: Ստացված սառցի միջոցով հնարավոր է իրականացնել այն սենքերի հովացումը, որոնք ունեն հովացման կարիք նույնիսկ ձմռան ամիսներին, օրինակ՝ սերվերային սենքեր:



Նկ.7 Կոնդենսացիոն կաթսայի և ջերմային պոմպի համակցման սկզբունքային գծապատկերը

1. գազի կոնդենսացիոն կաթսա, 2. կաթսայի ջեռուցման կոնկրոր, 3. ջերմային պոմպի կոմպրեսոր, 4. դրոսելացման հանգույց, 5. առաջնային գոլորշացուցիչ, 6. երկրորդային գոլորշացուցիչ, 7. թիթեղնավոր ջերմափոխանակիչ, 8. ջեռուցման համակարգի մաքակարար խողովակագիծ, 9. ջեռուցման համակարգի հեփադարձ խողովակագիծ

Ջրային գոլորշիների կոնդենսացիան ջերմային պոմպի միջոցով իրականացնելու դեպքում, կոնդենսատի ջերմաստիճանը մինչև 0°C իջեցնելու, այնուհետ այդ կոնդենսատը սառցի վերածելու և այդ սառույցը ցրտամատակարարման կարիքների համար օգտագործելու դեպքում կստանանք լրացուցիչ ջերմության քանակ: Այսպես 1կգ կոնդենսատի հաշվարկով տեսականորեն կունենանք՝

$$Q=M \cdot C \cdot \Delta T + M \cdot q \quad (28)$$

M- կոնդենսատի քանակը կգ

C- կոնդենսատի տեսակարար ջերմաքանակ կՋ/կգ⁰

ΔT- կոնդենսատի ջերմաստիճանների տարբերությունը $^{\circ}\text{C}$

q- հեղուկից սառցի ֆազային անցման թաքնված ջերմաքանակը 333,7կՋ/կգ

$$Q=919,4 \text{ կՋ/կգ}$$

Ստացված մեծությունը համեմատելով կոնդենսացիոն գազի կաթսայում հետադարձ ջրի միջոցով կոնդենսացիայի արդյունքում ստացված ջերմաքանակի հետ (2256 կՋ/կգ), պարզ է դառնում, որ ջերմային պոմպի միջոցով կարելի հասնել լրացուցիչ 40,7% էներգախնայողության, որի պարագայում կոնդենսացիոն կաթսայի ՕԳԳ-ն կոնվեկցիոն կաթսայի ՕԳԳ-ից մեծ կլինի 14-15%-ով:

Հիսգերորդ գլխում ներկայացված է առաջարկվող ջերմային պոմպով առանձնատան ջեռուցման և հովացման համակարգի հաշվարկ: Առանձնատան ջերմային կորուստները և ջերմաթափանցումները հանդիսացել են ելակետային

տվյալներ ջերմային պոմպի պահանջվող հզորության և դրա բաղկացուցիչ մասերի հարաչափերի հաշվարկման համար: Այսպես 7990Վտ ջերմապահանջով և 3010 Վտ ցրտապահանջով շինության համար ստացվել է գրունտի մեջ տեղակայված ստորգետնյա ջրավազանում լցված ջրի անհրաժեշտ ծավալը 205,7 մ³, որը կազմում է շինության ծավալի մոտ 57%-ը: Տվյալ դեպքում համակարգի կապիտալ ներդրումների արժեքը կազմում է 13567\$: Կատարելով շինության ջերմամեկուսացման լավացում և ջերմային կորուստները իջեցնելով մինչև 4290 Վտ, իսկ ջերմաթափանցումները՝ 1371 Վտ ստացվել է, որ գրունտի մեջ տեղադրված բաքի մեջ լցված անհրաժեշտ ջրի ծավալը պետք է լինի 143 մ³, որը կազմում է տվյալ շինության ծավալի ընդամենը 31%-ը, այս դեպքում համակարգի կապիտալ ներդրումների արժեքը կկազմի 12165 \$:

ԵՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Կիրառելով առաջարկվող ջերմային պոմպը հնարավոր է իրականացնել շինության ջերմամատակարարումը էներգաարդյունավետ կերպով՝ ցածր կոնդենսացման և բարձր գոլորշացման ջերմաստիճանների շնորհիվ ունենալով վերափոխման գործակցի մեծ արժեք:

2. Զեռուցման սեզոնի ընթացքում կուտակված սառցի միջոցով իրականացնել շինության ցրտամատակարարում էլեկտրաէներգիայի նվազագույն ծախսով:

3. Առաջարկվող ջերմային պոմպի աշխատանքի հիման վրա իրականացնել մի շարք այլ պրոցեսների ջերմացրտամատակարարումը առավել էներգաարդյունավետ եղանակով:

4. Առաջարկվող նոր տիպի ջերմային պոմպը ունի առավել ցածր ինքնարժեք:

5. Առաջարկվող ջերմային պոմպի աշխատանքի հիման վրա իրականացնելով շինության ցրտամատակարարումը՝ ջերմային պոմպն աշխատացնելով գիշերվա ժամերին՝ հնարավոր է որոշ չափով լուծել էլեկտրաէներգիայի սպառման օրական անհավասարաչափության խնդիրը:

6. Օգտագործելով գազի կոնդենսացիոն կաթսաներում գազի այրումից առաջացած ջրային գոլորշիների կոնդենսատը բարձրացնել այդ կաթսաների ՕԳԳ-ն:

7. Զերմային պոմպի աշխատանքի միջոցով լուծվում է նաև բնապահպանական խնդիր՝ կոյուղի չուղարկելով բարձր ջերմաստիճանի կոնդենսատը, որի արդյունքում կարող են զարգանալ կոյուղաջրերում առկա

բակտերիաները:

8. Կիրառելով նոր տիպի գոլորշացուցիչ՝ նվազագույնի հասցնել դրա մակերևույթին սառցի շերտի հաստությունը՝ այս կերպ պահպանելով սառնագենտի գոլորշացման հաստատուն ջերմաստիճանը:

9. Ջերմամատակարարման և ցրտամատակարարման համակարգերի էներգաարդյունավետության բարձրացման միջոցով կրճատել էլեկտրաէներգիայի սպառումը՝ նվազեցնելով շրջակա միջավայր վնասակար արտանետումների ծավալը:

10. Միայն ցրտամատակարարման պահանջ ունեցող շենքերում օգտագործելով ցրտի կուտակման հնարավորությունը նվազեցնել էլեկտրաէներգիայի օգտագործման ժամային անհավասարաչափությունը:

11. Կիրառելով նոր տիպի ջերմային պոմպը, հնարավոր է խնայել զգալի մակերեսով շինարարական տարածքներ:

12. Օգտագործելով ավելի քիչ քանակությամբ էլեկտրաէներգիա կրճատել վնասակար արտանետումների ծավալը շրջակա միջավայր:

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԴՐՈՒՅԹՆԵՐՆ ՈՒ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ ՀՐԱՏԱՐԱԿԿԱԾ ԵՆ ՀԵՏԵՎՅԱԼ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐՈՒՄ

1. Melikyan Z. A., Movsesyan T.G. Developing of Heating and Cooling Universal System Sourced by new Type of Heat Pump and Method for Its Design, International Journal of Mechanical Engineering and Applications, 2017.-175-181

2. Մովսեսյան Տ., ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ԵՐԿՐԱԶԱՓՈՒԹՅԱՄԲ ԳՈԼՈՐՇԱՅՈՒՑՉԻ ՏԻՊԻ և ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻԱՅԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿՈՐՈՒՄԸ, ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ և ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ.- ք. Երևան, N1, 2019.-96-101

3. Մովսեսյան Տ. ԳԱԶԻ ԿՈՆԴԵՍԱՑԻՈՆ ԿԱԹՍԱՅԻ ՕԳԳ-Ի ԲԱՐՁՐԱՅՄԱՆ ՄԵԹՈԴ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՊՈՄՊԻ ՄԻՋՈՑՈՎ, ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ և ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ.- ք. Երևան, N1, 2019.-102-105

4. Մովսեսյան Տ. ՆՈՐ ՏԻՊԻ ՍԱՌՆԱԳԵՆՏՆԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿՈՐՈՒՄԸ, ՃՇՀԱՀ ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ.- ք. Երևան, N1,(72), 2019.-57-61

5. Մովսեսյան Տ. ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ԵՐԿՐԱԶԱՓՈՒԹՅԱՄԲ ԳՈԼՈՐՇԱՅՈՒՑԻՉՈՎ ՅՐՏՈՒԹՅԱՆ ԿՈՒՏԱԿԻՉ, ՃՇՀԱՀ ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ.- ք. Երևան,N1, (72), 2019, 62-66

6. Movsesyan T.G. Construction of Cold Accumlator with Condensing Heat Utilization, BULLETIN of National Agraraian University of Armenia, Yerevan, N1, 2019.-61-62

МОВСЕСЯН ТАРОН ГАРЕГИНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО
ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ
ЗДАНИЙ**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – “Инженерное обеспечение (энергетическое, гидравлическое и др.)”

РЕЗЮМЕ

В настоящее время энергозатраты на обеспечения комфортного микроклимата в зданиях составляет около 40% общего энергопотребления. Исходя из этого нужно сократить энергопотребления повышая энергоэффективность систем обеспечения микроклимата. Для достижения этой цели нужно обязательно употреблять источники возобновляемой энергии. Источниками возобновляемой энергии являются воздух, вода, грунт а также солнце. Те устройства которые переводят тепловую энергию от источника с низкопотенциальной тепловой энергии к потребителю с более высокой температурой называются тепловые насосы. Тепловые насосы широко употребляются для отопления и охлаждения разных зданий и сооружений.

Целью данной работы является исследование метода проектирование нового, более эффективного типа теплового насоса, с помощью которого будет возможно сделать отопление и охлаждение здания, минимизируя потребления электроэнергии, ценой высокой энергоэффективности. В работе осуществлены исследования конструкции, принципы работы и недостатки старых тепловых насосов и предложены новые подходы для конструкции и принципа работы геотермальных тепловых насосов.

Для предлагаемого теплового насоса уже не имеет влияние тип грунта, который очень важен для геотермальных тепловых насосов старово образца, так как новый тепловой насос берет энергию от воды залитая в резервуаре, который находится в грунте. Предлагаемый тепловой насос беря энергию от воды залитая в подземном резервуаре повышает тепловой потенциал и переводит эту энергию к потребителю. Таким образом вода в режиме отопления постепенно превращается в лед и в конце отопительного сезона вода залитая в подземном резервуаре полностью превращается в лед. В процессе охлаждения здания употребляется накопивший лед с помощью которого и охлаждается здание. В этом процессе тепловой насос отключается и единственным энергопотребляющим прибором является

циркуляционный насос. Таким образом энергопотребление системы снижается до минимума и повышается энергоэффективность геотермального локального теплового насоса, которая обеспечивает круглогодичное отопление и охлаждение здания.

Для энергоэффективной работы теплового насоса было разработано испаритель специальной конструкции, спомощю которого можно контролировать толщина льда на поверхности испарителя. Так как накопивший лед на поверхности испарителя является теповым сопротивлением в связи с маленьким коэффициентом теплопередачи по сравнению меди, процесс теплообмена хладагента и воды ухудшается. Таким образом температура и давления кипения хладагента понижается тем самым и снижается энергоэффективность работы теплового насоса. Используя предлагаемый испаритель с изменяющейся геометрией в процессе работы теплового насоса по специальной схеме получают упругие деформации и образовавшийся лед на поверхности испарителя отывается и процесс теплообмена не ухудшается. Таким образом давление и температура кипения хладагента остается не изменным и работа теплового насоса остается в энергоэффективном режиме.

Метод проектирование геотермального локального теплового насоса поднимает энергоэффективность систем обеспечения микроклимата в разных зданиях и уменьшает отрицательное влияние этих систем на окружающую среду, так как употребляя меньше электроэнергии уменьшается выброс вредных веществ в окружающую среду. На основе предлагаемого теплового насоса можно поднять энергоэффективность и других инженерных систем тоже. На пример утилизировать теплоту отходов сгорания конденсационных котлов, таким образом употреблять дополнительную тепловую энергию и не сливать в канализацию конденсат с токсичными веществами. Этим способом решается очень важная экологическая проблема.

К наиболее существенным результатом диссертационного исследования можно отнести следующие:

1. С помощью данного теплового насоса можно энергоэффективно осуществить отопление и охлаждение зданий с низкой температуры конденсации и высокой температуры кипения.
2. В сезоне отопления накопивший лед использовать для охлаждения зданий.
3. Используя новый испаритель минимизировать толщину льда на его поверхности таким образом удерживать неизменным температуру кипения хладагента.
4. Используя данный тепловой насос сократить употребляемый площадь грунта для работы геотермальных тепловых насосов.
5. В результате использование предлагаемого теплового насоса можно решать экологические проблемы не сливая конденсат водяного пара продуктов

сгорания природного газа в процессе работы конденсационных котлов.

MOVSESYAN TARON GAREGIN

**DEVELOPMENT OF METOD OF DESIGN OF LOCAL GEOTHERMAL
HEAT PUMP FOR HEATING AND COOLING OF BUILDINGS**

Thesis for scientific degree of candidate of Thecnical Sciences on speciality 05.23.03
“Engineering supply (energetic, hydraulic and so on) of buildings”

SUMMARY

Currently, energy consumption to ensure a comfortable microclimate in buildings is about 40% of the total energy consumption. Based on this, it is necessary to reduce energy consumption by increasing the energy efficiency of the microclimate supply systems. To achieve this goal it is important to use renewable energy sources. The sources of renewable energy are air, water, soil and the sun. Those devices that transfer heat from a source of low-grade heat to a consumer with a higher temperature are called heat pumps. Heat pumps are widely used for heating and cooling various buildings and structures.

The purpose of this work is to design a new, more efficient type of heat pump, with which it will be possible to make heating and cooling of the building, minimizing the consumption of electrical energy by high energy efficiency.

For the proposed heat pump, there is no influence on the soil type, which is very important for the geothermal heat pumps of the old sample. The new heat pump takes energy from the water linked in the tank, which is burried in the soil. The proposed heat pump, taking energy from the water linked into the underground tank, increases the thermal potential and transfers this energy to the consumer. Thus, the water in the heating mode gradually turns into ice and at the end of the heating season, the water completely turns into ice. In Summer time the ice is used for cooling of building. In this process, the heat pump is stops working and the only energy-consuming device is the circulation pump. Thus, the energy consumption of the system is reduced to a minimum and the energy efficiency of the geothermal local heat pump increases, which provides round-year heating and cooling of the building.

For the energy-efficient operation of the heat pump, a special design evaporator was developed, which can be used to control the thickness of the ice on the evaporator surface. The accumulated ice on the surface of evaporator is a heat resistance due to the small heat transfer coefficient compared to copper. The heat exchange process of the refrigerant and water is getting worse, thus, the evaporation temperature and pressure of the refrigerant will drop and the energy efficiency of the heat pump is reduced. Using the proposed evaporator

with a variable geometry during the operation of the heat pump, by special algorithm is used to obtain elastic deformations and the ice that forms on the evaporator surface is removed and the heat exchange process does not deteriorate. Thus, the evaporation temperature and pressure and of the refrigerant remains unchanged. The operation of the heat pump remains in an energy-efficient mode.

The method of designing a geothermal local heat pump raises the energy efficiency of the microclimate supply systems in different buildings and decreases the somatic influence of these systems on the environment, since using less power reduces the emission of harmful substances into the environment.

On the basis of the proposed heat pump, it is possible to increase energy efficiency and other engineering systems too. For example, to dispose of the heat of waste from the combustion of condensing boilers, thus to use additional thermal energy and not to drain the condensate with toxic scales into the sewage system. This method solves a very important ecological problem.

The most significant result of the dissertation research is the following:

1. With the help of this heat pump, it is possible to heat and cool buildings with high efficiency by low condensation temperature and high evaporation temperature.
2. In the heating season, accumulated ice is used to cool buildings, thus minimizing energy consumption.
3. Keep the evaporation temperature of the refrigerant unchanged by using a new evaporator to minimize the thickness of the ice on its surface.
4. Using this heat pump to reduce the consumed soil area for the operation of geothermal heat pumps.
5. As a result, the use of the proposed heat pump can solve environmental problems without draining the condensate of water vapor from the emissions natural gas during the operation of condensing boilers.

