



Ա. Ժ. Խաչատրյան
«22» մայիս 2025թ.

ԿԱՐԾԻՔ

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ

ՃՇՀԱՀ «Ջերմագազամատակարարում և օդափոխություն» ամբիոնի ասպիրանտ Կարեն Աշոտի Մովսիսյանի «Ջերմապոմպային տեղակայանքներով բնակելի շենքերի ջերմացրտա-մատակարարման համակարգի հետազոտում» թեմայով ատենախոսության վերաբերյալ, ներկայացված **Ե.23.03 - Շենքերի և կառույցների ճարտարագիտական (էներգետիկ, հիդրավլիկ և այլն) ապահովում մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար:**

Թեմայի արդիականությունը.

Հայաստանի Հանրապետությունում բնակելի շենքերի ջերմային միկրոկլիմայի ապահովումը՝ ներառյալ ջեռուցումը, հովացումն ու տաք ջրամատակարարումը, պահանջում է զգալի քանակությամբ էներգաոեսուրսներ, հիմնականում՝ օրգանական վառելիք: Սակայն հանրապետությունը չունի սեփական վառելիքաէներգետիկ ռեսուրսներ, ինչը հանգեցնում է էներգետիկ կախվածության, ֆինանսական մեծ ծախսերի և շրջակա միջավայրի վրա բացասական ազդեցության: Ավելին՝ հիմնական բնակարանային ֆոնդի շենքերը կառուցվել են խորհրդային տարիներին՝ երբ ըստ շինարարական նորմերի ու կանոնների էներգախնայողության պահանջը գրեթե անտեսվել է: Այսօր այդ շենքերի ճարտարապետաշինարարական և ջերմատեխնիկական առանձնահատկությունները չեն բավարարում ժամանակակից սանիտարահիգիենիկ և էներգախնայողության նորմերին, ինչն էլ հանգեցնում է առաջնային էներգիայի բարձր սպառման: Մինչդեռ կլիմայական պայմանների, արեգակնային ճառագայթման մակարդակի և արտաքին օդի ջերմաստիճանի զգալի տատանումները պահանջում

են համակարգային և տեղանքին հարմարեցված մոտեցում ցուցաբերել բնակելի շենքերի ջերմացրտամատակարարման համակարգերի և դրանց էներգամատակարարման սխեմաների նախագծման հարցում: Հետազոտությունն ուղղված է այդ խնդիրների գիտական վերլուծությանը՝ նպատակ ունենալով ապահովել շենքերում էներգիայի սպառման նվազեցում, ինչպես նաև բնակիչների համար համապատասխան ներքին միկրոկլիմայի ապահովում՝ հաշվի առնելով ՀՀ բնակլիմայական առանձնահատկությունները և գոյություն ունեցող բնակելի շենքերի կառուցվածքային պայմանները:

Ատենախոսությունը բաղկացած է աշխատանքի ընդհանուր բնութագրից, 4 գլուխներից, եզրակացություններից և հավելվածներից: Աշխատանքի ծավալը կազմում է 120 էջ հիմնական տեքստ՝ ներառյալ 56 հատ նկար, 8 հատ աղյուսակ, ինչպես նաև լրացուցիչ 23 էջ ծավալով հավելվածներ: Գրականության ցանկը պարունակում է 119 վերնագիր:

Առաջին գլուխը (էջ 8-29) վերաբերում է էներգախնայողության և էներգաարդյունավետության պահանջներին: Նպատակն է ՀՀ-ի շինարարության ոլորտում, բնակելի շենքերի ջերմացրտամատակարարման համակարգերում շուրջտարվա միկրոկլիմայի ապահովման համար մշակվել և կիրառել օրգանական վառելիքի և էլ. էներգիայի օգտագործմամբ էներգաարդյունավետ տեղակայանքներ ու համակարգեր: Դիտարկվել են էներգախնայողության բարձրացման հնարավորությունները Հայաստանի համար, կատարվել ՀՀ կլիմայական պայմանների վերլուծություն: Որպես ջերմացրտամատակարարման աղբյուր դիտարկվել են ջերմային պոմպերը, ուսումնասիրվել է ջերմային պոմպերի աշխատանքի սկզբունքը, գործունեության եղանակներն ու ոլորտները:

Երկրորդ գլուխը (էջ 30-85) վերաբերում է ջերմապոմպային կայանների նորարարական տեխնոլոգիական սխեմաների մշակմանը և ինտեգրմանը բարձր արդյունավետությամբ էներգահամակարգերում: Դիտարկվել է ջեռուցման և հովացման համակարգերում R134a, R22, R32, R410a, R407C ֆրեոնների կիրառությանը, ջերմաստիճանային ռեժիմների և ջերմապոմպային կայանների նորարարական տեխնոլոգիական սխեմաների մշակմանը և ինտեգրմանը բարձր արդյունավետությամբ էներգահամակարգերում: Ջերմապոմպային կայաններում սառնագենտների ընտրությունը կարևոր է էներգաարդյունավետության և շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության տեսանկյունից: Կատարվել է բազմաբնակարան շենքերի ջեր-

մացրտամատակարարման համակարգերի ուսումնասիրություն՝ կենտրոնական համակարգերի վիճակի վերլուծության, առկա խնդիրների բացահայտման և տեխնիկական ու կազմակերպչական բարելավման հնարավորությունների գնահատման համար: Ուսումնասիրության շրջանակում վերլուծվել են «Ծարավ Աղբյուր» թաղամասի բազմաբնակարան շենքերը՝ 10 հատ 14-հարկանի և 3 հատ 13-հարկանի շենքեր, որոնք ունեն նույնատիպ արտաքին պատող կոնստրուկցիաներ:

Նաև ուսումնասիրվել է գեոթերմալ ջերմապոմպային կայանների կիրառությունը: Վերջերս գեոթերմալ ջերմային պոմպով կայանները ավելի ու ավելի են ուշադրության արժանանում՝ բարձր էներգաարդյունավետության և շրջակա միջավայրի համար բարենպաստ լինելու շնորհիվ: Վերականգնվող էներգիայի աղբյուրները, ինչպիսիք են արևը, քամին, բիոմասսան, հիդրոէներգիան և գրունտի էներգիան աշխատում են քիչ ջերմոցային գազերի արտանետումներով: Քննարկվել են նաև գեոթերմալ ջերմապոմպային կայանների և համակցված համակարգերի նորարական լուծումները:

Վերլուծվել են արևային կոլեկտորների և գեոթերմալ ջերմային պոմպերի համադրությամբ տարբեր համակարգեր: Համաձայն մոդելավորման արդյունքների՝ հայտնաբերվել են մեծ տարբերություններ մի քանի այլընտրանքային համակարգերի միջև:

Հետազոտվել է նաև համակարգերը, որոնք կարող են օգտագործել բնական կամ երկրորդային ՑՋՋԱ-ներ և ջերմային թափոններ՝ ապահովելով առանձին շենքերի և փոքր թաղամասերի ջեռուցման ու հովացման պահանջները: Դիտարկվել է նաև ջերմապոմպային կայաններում ռեգեներացիոն ջերմափոխանակիչի կիրառումը: Ջերմափոխանակիչում գերտաքացումը ռեգեներացիոն ջերմափոխանակմամբ կայանքներում, ունի որոշակի օպտիմալ արժեք, որին համապատասխանում է առավելագույն սառնարանային գործակից: Այս պնդումը ստուգելու համար հաշվարկվել և վերլուծել է պարզ միաստիճան ցիկլը՝ ջերմափոխանակիչը կիրառելով տարբեր սառնագենտների համար: Քննարկվել են նաև ջերմապոմպային տեղակայանքների էներգաարդյունավետության հետազոտումը միջանկյալ ջերմակրով համակարգերի կիրառման: Միջանկյալ ջերմակրով համակարգերն ունեն նաև շահագործման զգալի առավելություններ: Համակարգի կարգավորիչ հանգույցների ճկուն և համակցված աշխատանքի միջոցով կարելի է զգալիորեն նվազեցնել սառնագենտի ծավալը համակարգում, որը հնարավորություն է տալիս բարձրացնել համակարգի էկոլոգիական

անվտանգությունը և նվազեցնել ներդրումները նոր սառնագենտների բարձր արժեքների դեպքում: Նվազում են մագիստրալային խողովակազծերի տրամաչափերը, միացման կարերի թիվը, շահագործման ընթացքում հեշտանում է արտահոսքի հայտնաբերումը համակարգում: Ավելի հուսալի է յուղի վերադարձը կոմպրեսոր: Վերջապես պարզեցվում է ջերմային պոմպերի շահագործումը ոչ աերոտրոպ սառնագենտների կիրառման դեպքում, ինչպիսիք են R404A, R407C և այլն:

Երրորդ գլուխը (էջ 86-97) նվիրված է ջերմային պոմպերի կիրառման արդյունավետության հետազոտմանը փորձնական եղանակով՝ ցուրտ կլիմայական պայմաններում:

«Օդ-ջուր» տիպի ՋՊ-ի արդյունավետության փորձնական ստուգման նպատակով կատարվել է հետազոտություն ք. Երևանում, Դավթաշեն վարչական շրջանում գտնվող երեք հարկանի առանձնատանը, որտեղ տեղադրված է ջերմային պոմպ: Առանձնատան ջեռուցման համակարգը բաղկացած է 7 ֆանքոյլներից, ջեռուցվող հատակից: Տեղադրված է նաև էլեկտրական կաթսա՝ ջերմային պոմպի ջերմային ՕԳԳ-ի անկման դեպքում ջեռուցման բեռն ապահովելու համար: Տաք ջրամատակարարման համակարգը ամբողջապես սնվում է էլ. տաքացուցիչից: Գիտափորձի շնորհիվ ստացվել է մանրամասն և ճշգրիտ տվյալներ ջերմային պոմպի աշխատանքի վերաբերյալ և գնահատվել է դրա արդյունավետությունը առանձնատան ջեռուցման համակարգում՝ տարբեր ջերմաստիճանային պայմաններում:

Չորրորդ գլուխը (էջ 98-109) նվիրված է ջերմային պոմպերի ներդրման ֆինանսական հիմնավորմանը: Ուսումնասիրվել են ջերմային պոմպերի նախնական ներդրման ծախսերը, ծախսերի նվազեցումը, էներգախնայողությունը և բնապահպանական օգուտները: Կատարվել է ջերմապոմպային տեղակայանքների թերմոդինամիկական վերլուծությունը ժամանակակից սառնագենտների կիրառմամբ: Ջերմապոմպային համակարգերի արդյունավետությունը մեծապես կախված է կիրառվող սառնագենտներից, որոնք պետք է լինեն ոչ միայն էներգաարդյունավետ, այլև բնապահպանական առումով անվտանգ: Ասպիրանտը թերմոդինամիկական վերլուծությունից զատ, դիտարկել է նաև ջերմապոմպային տեղակայանքների տնտեսական վերլուծությունը: Տնտեսական վերլուծության շրջանակում հաշվի է առնվել տեղակայանքի ներդրման, շահագործման ծախսերը, էներգիայի սպառման ծավալները, բերված ծախսերը, որը կբերի շուկայում տեղակայանքի մրցունակությանը և էկոլոգիական ցուցանիշների բարձրացմանը:

Ասպիրանտի կողմից ստացված և ատենախոսությունում ներկայացված արդյունքների հավաստիությունը հիմնավորվում է նրանով, որ կատարված փորձն իրականացվել է ըստ սահմանված համապատասխան պահանջների՝ օգտագործելով ժամանակակից չափիչ և հավաքագրող սարքավորումներ, ինչպես նաև ներկայացնելով թերմոդինամիկական և տեխնիկատնտեսական վերլուծություններ:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքներն արտացոլող գիտական 7 հոդվածները տպագրվել են բարձր վարկանիշ ունեցող գիտական ամսագրերում:

22 էջի վրա շարադրված սեղմագրի հիման վրա կարելի է ամբողջական կարծիք կազմել ասպիրանտի կողմից իրականացրած և ատենախոսությունում ներկայացրած հետազոտությունների ծավալի, ստացված հիմնական արդյունքների, դրանց գիտական և պրակտիկ նշանակության վերաբերյալ:

Նշենք այդպիսի արդյունքներից, մեր կարծիքով, առավել կարևորները.

- ✓ Հայաստանում, առավել կարևոր խնդիրներից է հանածո վառելիքի խնայողաբար օգտագործումը և շրջակա միջավայրի պահպանումը: Սպառվող էներգիայի հիմնական մասը օգտագործվում է շենքերի և շինությունների ջեռուցման ու հովացման կարիքների համար: Այդ պահանջները բավարարելու նպատակով անհրաժեշտ է հրաժարվել ավանդական մեթոդներից և անցնել այլընտրանքային էներգիայի աղբյուրների, մասնավորապես՝ ջերմային պոմպերի կիրառմանը:
- ✓ Ջեռուցման և հովացման համակարգերում R134a, R22, R32, R410A և R407C սառնագենտների (ֆրեոնների) համեմատական վերլուծությունից սառնագենտների ընտրությունը պետք է կատարվի՝ հաշվի առնելով աշխատանքային ջերմաստիճանային ռեժիմները, սարքավորումների համատեղելիությունը և բնապահպանական ազդեցությունները: Դրանցից նախընտրելի է կիրառել այնպիսի սառնագենտներ, որոնք հնարավորություն կտան ապահովել առավելագույն տեխնիկատնտեսական և էկոլոգիական ցուցանիշներ: Տնտեսապես նպատակահարմար և տեխնիկապես առավել արդյունավետ է R32-ի կիրառությունը:
- ✓ Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ թաղամասի համար ջերմային պոմպի կիրառության տարբերակներում կենտրոնական տիպի ջեռուցման/ հովացման

համակարգերի շահագործման ծախսերը 30%-ով ցածր են, քան տեղական կենտրոնական համակարգերինը (անհատական ամեն շենքի տանիքին):

- ✓ Ժամանակակից ֆրեոնների կիրառման դեպքում, որոնց տեսակարար արտադրողականությունը բարձր է, ներբնակարանային ջեռուցման/ հովացման սարքեր կարող են ծառայել ֆանքոյլները և հատակային ջեռուցման համակարգը՝ ցածր կոնդենսացման ջերմաստիճանների պատճառով:
- ✓ Ռեգեներատիվ ջերմափոխանակիչի կիրառումը ջերմային պոմպերում, բարելավում է մի շարք գործոններ՝ որոշակի սառնագենտների տեսակարար ծավալային ցրտարտադրողականությունը և տեսական սառնարանային գործակիցը մեծանում է, յուղի վերադարձը օպտիմալացվում է, մազանոթային խողովակի աշխատանքը բարելավում է, ճնշակը պաշտպանվում է հիդրավլիկական հարվածից:
- ✓ Ջերմային պոմպերի կիրառումը արտաքին օդի ցածր ջերմաստիճանների դեպքում նպատակահարմար է դառնում չկոնդենսացող սառնագենտի մասնակի կիրառման դեպքում, ինչպես նաև դրանց անխափան աշխատանքի նպատակով, անխուսափելի է յուղի թասակի և կոնդենսատի հեռացման խողովակի տաքացումը:
- ✓ Միջանկյալ ջերմակրով օդի սառեցման համակարգերի շնորհիվ համակարգերը կլինեն ավելի արդյունավետ այնպիսի արտադրական տարածքներում, որոնցում առկա է շուրջտարյա դրական ջերմաստիճաններ: Այսպիսի համակարգերի արդյունավետությունն ակնհայտ է հատկապես այնպիսի երկրներում, որոնք ունեն չափավոր և ցուրտ կլիմա:
- ✓ Գեոթերմալ ջերմային պոմպով կայանների արդյունավետությունը բարձրացնելու, ինչպես նաև հորատանցքերի նախնական արժեքը նվազեցնելու նպատակով անհրաժեշտ է կիրառել համակցված համակարգեր: Ինչպես նաև գեոթերմալ ջերմային պոմպով կայանները, որոնք նախագծված են ողջամիտ համակցված համակարգերով, կարողանում են արդյունավետ աշխատել 3-5

վերափոխման գործակցով: Բնակելի շենքերի համար, որտեղ տաք ջրամատակարարման պահանջը մեծ է, հատկապես տաք կլիմայական գոտիներում, անհրաժեշտ է գեոթերմալ ջերմային պոմպով կայանը համակցել ջերմության վերականգնման (ռեգեներացիոն) սարքավորումների հետ, որպեսզի օգտագործվի կոնդենսատորի միջոցով հեռացվող ջերմությունը:

Ատենախոսության վերաբերյալ կան հետևյալ դիտողությունները.

- ✓ Նպատակահարմար կլիներ, որ ՀՀ-ն ունենար այնպիսի պայմաններ, որպեսզի նման գիտական հետազոտությունները կատարվեին կոնկրեն թաղամասի պայմաններում: Այդպիսի մոտեցումը հնարավորություն կընձեռեր ավելի ճշգրիտ գնահատել ջերմային պոմպի աշխատանքը եղանակային ցուրտ պայմաններում:
- ✓ Տեխնիկատնտեսական հաշվարկներում ցանկալի կլիներ ներկայացված լինել վնասակար արտանետումների նվազեցման տոկոսային արժեքը:

Նշված դիտողություններն չեն կարող ազդել ասպիրանտի կատարած նպատակաուղղված հետազոտությունների և ստացված արդյունքների կարևորության վերաբերյալ կազմվող ընդհանուր բարձր գնահատականի վրա:

Եզրակացություն: Նշված դիտողությունները չեն նսեմացնում հետազոտության գիտական և գործնական արժեքը: Հաշվի առնելով ատենախոսությունում իրականացված հետազոտությունների կարևորությունն ու առաջարկված մեթոդաբանության գործնական նշանակությունը, գտնում ենք, որ.

- ✓ Ատենախոսությունը լիովին համապատասխանում է Ե.23.03 - Շենքերի և կառույցների ճարտարագիտական (էներգետիկ, հիդրավլիկ և այլն) մասնագիտությանը և այն երաշխավորում էմ հրապարակային պաշտպանության:
- ✓ Ասպիրանտի հեղինակած յոթ գիտական հոդվածներում ամբողջությամբ լուսաբանված են ատենախոսության հիմնական դրույթները:
- ✓ Ատենախոսությունն ավարտուն և հավաստի արդյունքներով գիտական հետազոտություն է, կատարված է պատշաճ գիտական մակարդակով և ունի գործնական արժեք, իր բովանդակությամբ և գիտական մակարդակով համապատասխանում է «Հայաստանի Հանրապետությունում գիտական

աստիճանաշնորհման կանոնակարգ»- ի 7-րդ կետով թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին, իսկ հեղինակը՝ Կարեն Աշոտի Մովսիսյանը, արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

- ✓ Առաջարկվում է աշխատանքում ստացված արդյունքները ներդնել ՀՀ սահմանամերձ գյուղերի ջերմացրտամատակարարման կարիքների բավարարման համար:

Առաջատար կազմակերպության կարծիքը քննարկվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի էներգետիկայի և էլեկտրատեխնիկայի ինստիտուտի «Ջերմաէներգետիկա և շրջակա միջավայրի պաշտպանություն» ամբիոնի 21.05.25 թ. №9 նիստում:

Հանձնաժողովի նախագահ՝
ՋԷ և ՇՄՊ ամբիոնի վարիչի պ/կ, տ.գ.թ., պրոֆ.



Ա.Ա. Գևորգյան

Ա.Ա. Գևորգյանի ստորագրությունը հաստատում եմ:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի
գիտ. քարտուղար, տ.գ.թ., դոցենտ



Ծ.Ս. Հովհաննիսյան