

DOI: <https://doi.org/10.54338/18294200-202.3-10>

**ԻՆՏԵՆՏԻՎԱԿԱՆ ՄԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐ ՈՒ ՑԱՆՑԵՐ
ԳԵՈԹԵՐՄԱԼ ԶԵՐՄԱՊՈՄՊԱՑԻՆ ԿԱՅԱՆՔՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
ԵՎ ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՆՈՐԱՐԱԿԱՆ ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐԸ**

Կարեն Աշոտի Մովսիսյան

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
karen.movsisyan1999@gmail.com*

Շնորհիվ բարձր արդյունավետության, գեոթերմալ ջերմապոմպային կայանները (ԳՁՊԿ) մեծ կիրառություն են գտել տարբեր շինություններում, որոնցում հաճախ հովացման և ջեռուցման բեռներն անհավասար են: Հետևաբար, անհրաժեշտ է ԳՁՊԿ նախագծման մեջ կիրառել համակցված մոտեցումներ՝ նվազեցնելու ԳՁՊԿ համակարգերի կապիտալ ներդրումների արժեքը և միևնույն ժամանակ բարելավելու համակարգի արդյունավետությունը: Հոդվածում ամփոփվել են ԳՁՊԿ հիմնական համակցման մոտեցումները և ներկայացվել առաջարկություններ: Մեծ ջեռուցման բեռ ունեցող շինության համար ԳՁՊԿ և արևային համակարգի համադրությունը մեծ ներուժ է ցուցաբերում էներգախնայողության և ԳՁՊԿ բարձր արդյունավետության օգտագործման համար: Հովացման մեծ բեռ ունեցող շինության համար ամենապարզ մոտեցումը ԳՁՊԿ համակարգի համակցումն է հովացման աշտարակի հետ:

Բանալի բառեր. *գրունտային ջերմապոմպային կայան, գեոթերմալ ջերմափոխանակիչ, արևային տեղակայանք, համակցված համակարգեր, հովացման աշտարակ, էներգաարդյունավետություն*

Ներածություն

Համաշխարհային էներգիայի սպառումը գնալով ավելանում է, ինչն էլ սրում է էներգիայի հասանելիության և շրջակա միջավայրի աղտոտման խնդիրները: Համաշխարհային տարեկան էներգիայի պահանջարկի մոտ 35...40 %-ը սպառվում է շենք-շինությունների կողմից, ընդ որում՝ սպառվող էներգիայի ավելի քան կեսը բաժին է ընկնում ջերմամատակարարման համակարգերին: Հետևաբար, շինարարության ոլորտում խիստ կարևոր է ջերմամատակարարման համակարգերի էներգաարդյունավետության բարձրացումը և վերականգնվող էներգետիկ համակարգերի կիրառումը, ինչը կօգնի նվազեցնել էներգիայի սպառումը և կրճատել ածխաթթու գազի արտանետումները:

Հասանելիության, տնտեսական և շրջակա միջավայրի խնդիրների նկատառումներով ակնկալվում է, որ երկրաջերմային էներգիան կարևոր դեր կունենա հանաժողովաբան փոխարինման գործընթացում:

Հողի և արտաքին օդի ջերմաստիճանի տարբերությունը կարելի է օգտագործել որպես նախնական ջեռուցման միջոց ձմռանը և նախնական սառեցման միջոց ամռանը՝ գեոթերմալ

ջերմափոխանակիչի կիրառմամբ: Հետևաբար, նույն երկրաջերմային ԳՋՊԿ-ները մեծագույն ազդեցություն են ունեցել երկրաջերմային էներգիայի օգտագործման մեջ: ԳՋՊԿ-ները կիրառվել են տարբեր համակարգերում, որոնք օգտագործում են հողը, ստորերկրյա ջրերը կամ մակերևութային ջրերը որպես ջերմության աղբյուր: Այս ընդհանուր տերմինի ներքո հասկացվում են գեոթերմալ ջերմափոխանակիչով ԳՋՊԿ, ստորերկրյա ջրային ջերմային պոմպերը (ՍՋՊԿ) և մակերևութային ջրերի ջերմապոմպային կայանքները (ՄՋՊԿ) [1, 2]:

ԳՋՊԿ-ը ջերմափոխանակիչ համակարգ է, որը կիրառում է հողի ջերմային հզորությունը: ԳՋՊԿ-ն գետնի տակ տեղադրված խողովակների շարք է, որոնք անցկացվում են շենքի երկարությամբ կամ ուղղահայաց տեղադրվում են գետնի մեջ: ԳՋՊԿ-ի տեխնոլոգիան հիմնված է այն փաստի վրա, որ բավարար խորության դեպքում հողի ջերմաստիճանը ձմռանը միշտ բարձր է արտաքին օդի ջերմաստիճանից, իսկ ամռանը՝ ավելի ցածր: ԳՋՊԿ-ն կարող է օգտագործվել՝ ջերմությունը համեմատաբար տաք հողից դուրս բերելու և այն կոնդիցիոնացվող տարածք տեղափոխելու համար: Ամռանը գործընթացը կարող է հակադարձվել, և ջերմային պոմպը կարող է ջերմությունը դուրս բերել կոնդիցիոնացվող տարածքից և փոխանցել այն գեոթերմալ ջերմափոխանակիչին, որը տաքացնում է համեմատաբար սառը հողը:

Նյութեր և մեթոդներ

ԳՋՊԿ-ները կարող են ավելի բարձր էներգետիկ արդյունավետություն ցուցաբերել որոշակի վայրերում, որտեղ շենքերի ջեռուցման և հովացման բեռները ողջ տարվա ընթացքում բավականին հավասարակշռված են, շնորհիվ գեոթերմալ ջերմափոխանակիչներում երկարաժամկետ շարունակական ջերմահաղորդման: Դիտարկվող կլիմայական շրջաններում տեղադրված ԳՋՊԿ-ների COP-ն (վերափոխման գործակիցը) եղել է 3-ից 4, ինչը 20...30 % ավելի բարձր է ավանդական օդ-ջուր տիպի ջերմապոմպային համակարգերի COP-ից [3, 4]: Այնուամենայնիվ, շենքերի մեծ մասը տաք կամ սառը կլիմայական շրջաններում ունեն անհավասարակշռված բեռներ, որոնցում գերակշռում են կամ հովացման, կամ ջեռուցման բեռները: ԳՋՊԿ-ների կապիտալ ներդրումները նվազեցնելու և միաժամանակ համակարգի արդյունավետությունը բարելավելու համար ԳՋՊԿ-ները համակցում են այլ համակարգերի հետ, որոնց մանրամասները ներկայացված են ստորև:

ԳՋՊԿ-ները համակցված արևային էներգիայի հետ: ԳՋՊԿ-ները համակցված արևային էներգիայի հետ վերջին 25 տարիների ընթացքում փորձարկվել են տարբեր համակարգային նախագծերով մի քանի երկրներում: Այսպիսի համակարգերում արևային պանելները կարող են ջերմություն մատակարարել կենցաղային տաք ջրամատակարարման համակարգին, շենքի ջեռուցման համակարգերին, բարձրացնել ջերմապոմպերի գոլորշիացուցիչի ջերմաստիճանը կամ կիրառվել բոլոր այս գույակցումներով:

Փորձական հետազոտություններ են կատարվել արևային էներգիայի և ԳՋՊԿ-ի համակցված համակարգով՝ տեղադրված առանձնատանը: Արևային հավաքիչները (коллектор) համալր-

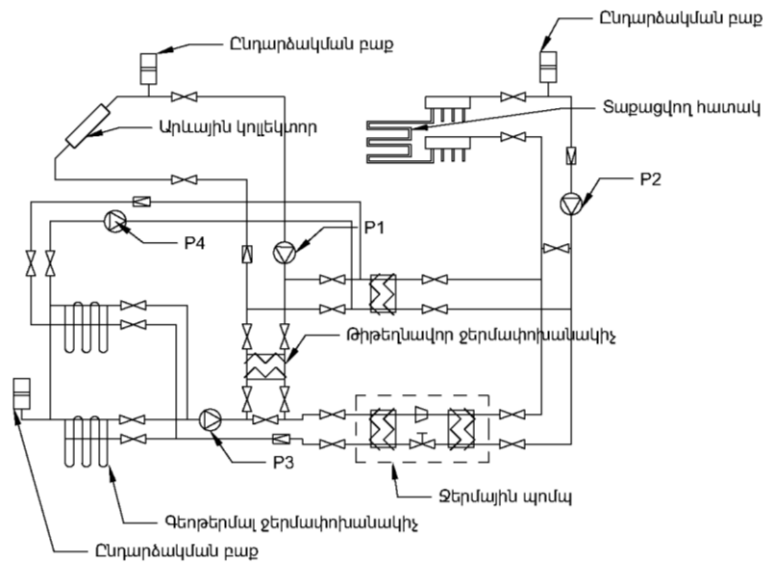
ված են նաև արևային սեզոնային ջերմային կուտակիչով: Նկ. 1-ում ցուցադրված է արևային համակարգով համակցված ԳՋՊԿ-ի սխեման: Համակարգն ամբողջ տարվա ընթացքում գործել է երեք ռեժիմով և յուրաքանչյուր ռեժիմ աշխատում է ավտոմատացված համակարգով:

1-ին ռեժիմում արևային համակարգն աշխատում է ստորգետնյա գեոթերմալ ջերմափոխանակիչի (ԳՋՓ) հետ՝ արևային հավաքիչները ջերմություն են հաղորդում հողում ԳՋՓ-ի միջոցով:

2-րդ ռեժիմում ԳՋՓ -ի կեսը շենքը հովացնում է՝ օգտագործելով հողը որպես ջերմատար, իսկ մյուս կեսը շարունակում է աշխատել նույն 1-ին ռեժիմով:

3-րդ ռեժիմում արևային հավաքիչները ԳՋՊԿ-ի հետ հերթափոխով ջեռուցում են շենքը:

Արևի էներգիայի պահեստավորումն իրականացվում է ջեռուցման սեզոնի ոչ ամբողջ ընթացքում: Ամռանը հողն օգտագործվում է որպես ջերմության կլանիչ՝ շենքն ուղղակիորեն հովացնելու համար: Ձմռանն արևային էներգիան օգտագործվում է առաջնահերթ և շենքը ջեռուցվում է հերթափոխով՝ ԳՋՊԿ-ի և արևային հավաքիչների միջոցով: Փորձնական արդյունքները ցույց են տվել, որ համակարգը կարող է բավարարել շենքի ջեռուցման և հովացման բեռների կարիքները:



Նկ. 1. Արևային համակարգով համակցված ԳՋՊԿ-ի սխեման

Ջեռուցման ռեժիմում արևային հավաքիչների կողմից ուղղակիորեն մատակարարվող ջերմությունը կազմում է ընդհանուր ջեռուցման բեռի 49,6 % -ը, իսկ ջերմային պոմպի և համակարգի միջին COP-ն համապատասխանաբար կազմում էին 4,3 և 6,57: Հովացման ռեժիմում համակարգի COP-ն դառնում է 21,34, քանի որ ջերմային պոմպը համարյա չի գործարկվում: Ջերմության ավելցուկի հաշվին բարձրանում է հողի ջերմաստիճանը, ինչը նպաստավոր է ջերմային պոմպի COP գործակցի բարձրացման համար [5, 6]:

Վերլուծվել են արևային հավաքիչների և գեոթերմալ ջերմային պոմպերի համադրությամբ տարբեր համակարգեր: Համաձայն մոդելավորման արդյունքների՝ հայտնաբերվել են մեծ տար-

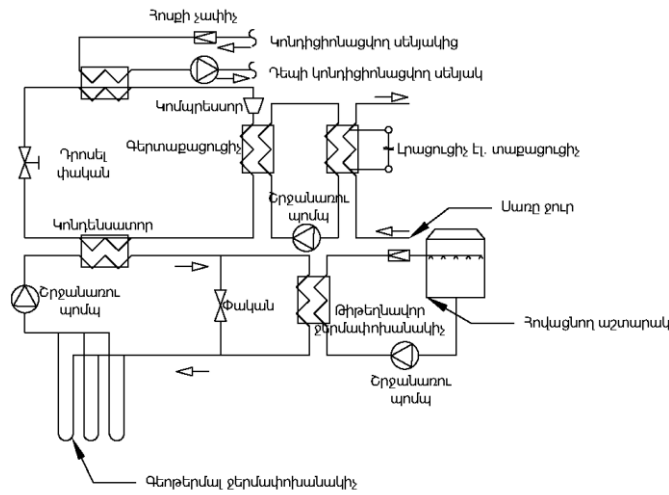
բերություններ մի քանի այլընտրանքային համակարգերի միջև: Հնարավոր արդյունավետ նախագծային լուծումն է, երբ արևի ջերմությունն օգտագործվում է ամռանը կենցաղային տաք ջուր ստանալու համար, իսկ ձմռանը հորատանցքերին է հաղորդում ջերմությունը: Առավելությունը հորատանցքերից ջերմության արդյունահանման արագությունն է, ինչպես նաև համակարգի համակցված նախագծումը:

Արևային ջերմության և ԳՋՊԿ-ի համադրության ևս մեկ առավելություն է, երբ հորատանցքերը փորված են այնքան մոտ, որ ջերմային ազդեցություն են ունենում միմյանց վրա: Իսկ թերությունն է, որ արևային էներգիայի համակցումը ԳՋՊԿ-ին դժվարացնում է համակարգի օպտիմալ նախագծումը և շահագործման վերահսկումը:

ԳՋՊԿ-ները համակցված ջերմային կուտակիչ տեխնոլոգիաների հետ:

Հաջորդ համակցված տարբերակներից է ԳՋՊԿ-ի համակցումը հովացման աշտարակի հետ:

Երբ ԳՋՊԿ-ի համակցված համակարգը կիրառվում է շոգ կլիմայական պայմաններում, ԳՋՊԿ-ի կողմից հողին տրված ջերմությունը կուտակվում է գեոթերմալ ջերմափոխանակիչներում: Այս երևույթը հանգեցնում է համակարգի աշխատանքի արդյունավետության նվազման և շահագործման ծախսերի ավելացման: Այս խնդիրը կարելի է լուծել հովացնող աշտարակների միջոցով՝ հեռացնելով կուտակված ջերմությունը: Նկ. 2-ում ցուցադրված է հովացնող աշտարակով համակցված ԳՋՊԿ-ի սխեման: Հովացման աշտարակի հզորությունն ընտրում են ըստ միջին տարեկան ժամային և առավելագույն հովացման բեռների արժեքների տարբերության: Հովացման աշտարակը գործարկվում է, երբ շրջակա օդի ջերմաստիճանը ցածր է: Մոդելավորման արդյունքում պարզ է դառնում, որ նման համակցված համակարգը նպատակահարմար է կիրառել տաք կլիմայական պայմաններում: Նման համակարգի տնտեսական ցուցանիշները բավականին բարձր են, համեմատած ավանդական ԳՋՊԿ-ի հետ՝ 34,4 % կապիտալ ներդրումների տնտեսում, 22,9 % շահագործման ծախսերի կրճատում առաջին տարում և 53,6 % տասը տարիների ընթացքում [7]: Հովացման աշտարակները կարող են կիրառվել առավելագույն հովացման բեռները կոմպենսացնելու համար:



Նկ. 2. Հովացման աշտարակով համակցված ԳՋՊԿ-ի հոսքի սխեման

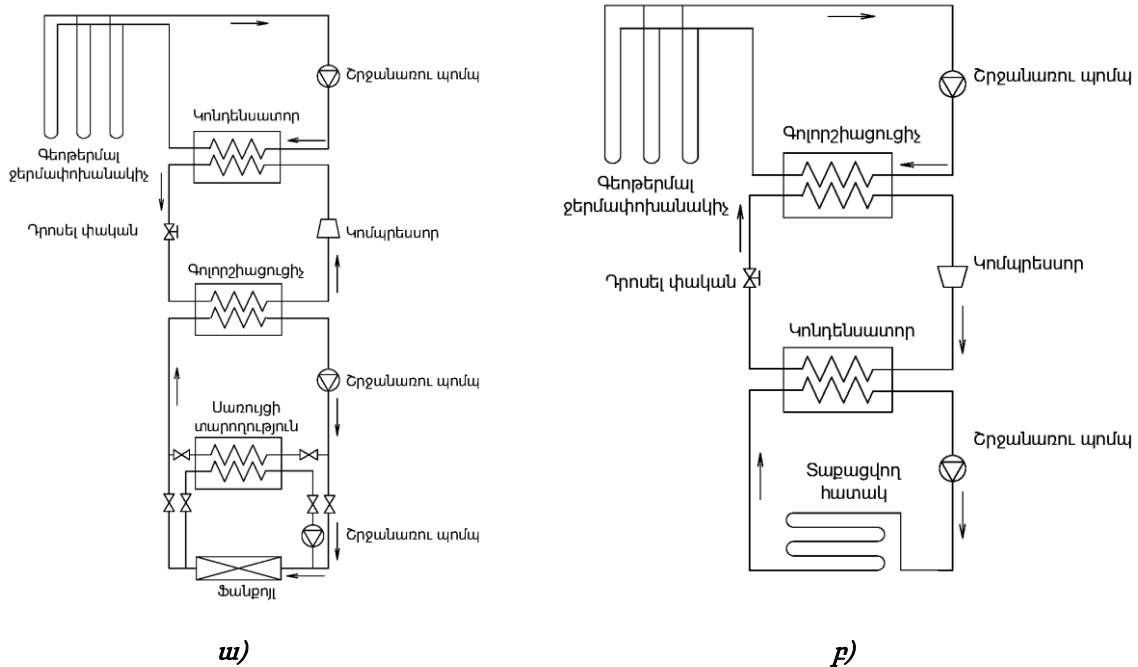
Ինչպես վերը նշվեց՝ արևային էներգիան կարող է օգտագործվել սեզոնային ջերմային պահեստավորման համար՝ ոչ ջեռուցման սեզոններին ԳՋՊԿ-ներում:

Յրտի պահեստավորման համար առաջարկվում է ԳՋՊԿ-ի համակցումը սառույցի պահեստավորման համակարգի հետ: Ջերմային պոմպը կարող է աշխատել երեք ռեժիմներում՝ ջեռուցման, սառույցի պահեստավորման և հովացման:

Ամռանը ԳՋՊԿ-ն իրականացնում է սառույցի պահեստավորում ցածր բեռնվածության ժամանակ, որը հետագայում օգտագործվում է ցերեկային ժամերին հովացման համար:

ԳՋՊԿ-ն միանում է և աշխատում սառույցի պահեստավորման բաքի հետ միասին հովացման բարձր բեռնվածության ժամանակ:

Ձմռանը ԳՋՊԿ-ն ապահովում է ամբողջ շենքի ջեռուցումը: Նկ. 3-ում ներկայացված է ԳՋՊԿ-ի սխեման՝ համակցված սառույցի պահեստավորման համակարգի հետ: Համեմատած սովորական ջեռուցման և հովացման համակարգերի հետ, այս համակարգի շահագործման ծախսը կարող է կրճատվել 40...70 % -ով ամռանը, 50 % -ով՝ ձմռանը: Որոշ ԳՋՊԿ-ներում ջերմային պահեստավորումն իրականացվում է միայն գեոթերմալ ջերմափոխանակիչների միջոցով՝ առանց լրացուցիչ ջերմային պահեստավորման սարքերի [8, 9]: Համակարգի ճիշտ նախագծման և գործարկման դեպքում գրունտի ջերմային վերալիցքավորումը կարելի է իրականացնել ամռանը՝ միևնույն ժամանակ բավարարելով հովացման պահանջները գեոթերմալ ջերմափոխանակիչի միջոցով:



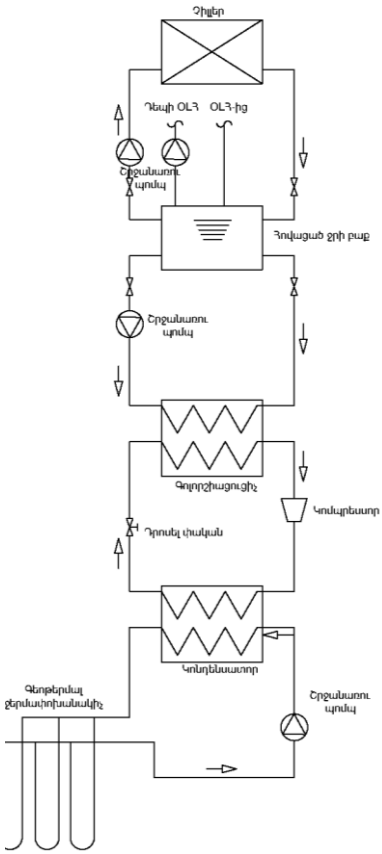
Նկ. 3. Սառույցի պաշարով համակցված ԳՋՊԿ-ի սխեման ա) ամռանը, բ) ձմռանը

ԳՋՊԿ-ն համակցված ավանդական օդորակման համակարգերի հետ:

ԳՋՊԿ-ի արդյունավետությունը բարձրացնելու հնարավոր ճանապարհներից մեկը դրանց համակցումն է այլ ավանդական ջեռուցման-հովացման համակարգերի հետ: Համակցված հա-

մակարգը ճիշտ աշխատելու դեպքում համակարգի արդյունավետությունը կլինի ավելի բարձր, քան այդ համակարգերը առանձին աշխատելու դեպքում:

Դիտարկվել է համակցված ԳՋՊԿ-ի համակարգ և համեմատվել են էլեկտրական էներգիայի սպառումից ստացված էներգետիկական արդյունավետությունը հինգ տարբեր օդորակման համակարգերի հետ. (1) օդ-ջուր ջերմային պոմպ, (2) ԳՋՊԿ, (3) ԳՋՊԿ համակցված օդ-ջուր ջերմային պոմպ, (4) օդ-ջուր ջերմային պոմպ համակցված ջերմության կուտակիչ, (5) ԳՋՊԿ + ջերմության կուտակիչ՝ գրասենյակային շենքի համար: Ներկայացված համակցված համակարգը ներառում է ԳՋՊԿ, օդ-ջուր ջերմային պոմպ և ջերմության կուտակիչ: ԳՋՊԿ-ն գիշերվա ընթացքում պահում է ջերմային էներգիան: Գիշերվա ընթացքում կուտակիչում պահպանված էներգիան օգտագործվում է ջերմային պահանջները բավարարելու համար, եթե ջերմային կուտակիչը չունի բավարար հզորություն, ԳՋՊԿ-ն միանում է դրա աջակցման համար: Եթե այս երկուսը բավարար չեն, ապա միանում է օդ-ջուր ջերմային պոմպը: Ավելին, ջերմային կուտակիչը շրջանցվում է, երբ դրա էլքային ջրի ջերմաստիճանը բարձր է մուտքայինից, և ԳՋՊԿ-ն ու օդ-ջուր ջերմային պոմպն ապահովում են պահանջվող բեռը: Արդյունքում էլեկտրական էներգիայի սպառումը կազմում է մոտ 60%-ը օդ-ջուր ջերմային պոմպով և մոտ 80%-ը՝ ԳՋՊԿ-ով համակարգերի հետ համեմատած [10, 11]: Բացի այդ, տվյալ համակարգն ունի ցածր հետզնման ժամկետ: Ուսումնասիրվել է համակարգը, որը համակցում է չիլլերը ԳՋՊԿ-ի հետ, ինչպես ցույց է տրված նկ. 4-ում:



Նկ. 4. Չիլլերով համակցված ԳՋՊԿ-ի հոսքի դիագրամը

Ստացվում է, որ ԳՋՊԿ-ի COP-ն ցածր է չիլլերի համեմատ: Այդուհանդերձ, համակցված հովացման համակարգի շնորհիվ հնարավոր է դառնում կայուն կերպով ապահովել պահանջվող հովացման հզորությունը բարձր հովացման բեռների ժամանակ: Համակցված հովացման համակարգը մոդելավորվել է, փոփոխելով չորս աշխատանքային պարամետրեր՝ աշխատանքի ժամանակացույցը, սառեցված ջրի ջերմաստիճանը, չոր ջերմաչափի ջերմաստիճանը և մուտքային ջրի ջերմաստիճանը: Սառեցված ջրի ջերմաստիճանը հաստատվել է որպես համակցված հովացման համակարգում ամենարդյունավետ հսկողության պարամետր: Սառեցված ջրի ջերմաստիճանի ճիշտ վերահսկմամբ կարելի է 13%-ով նվազեցնել էլեկտրական էներգիայի սպառումը:

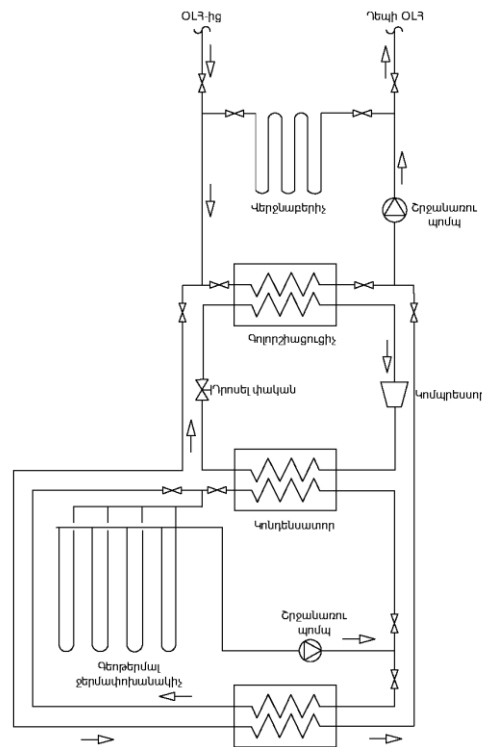
ԳՋՊԿ համակարգեր համակցված խոնավակլանիչ համակարգերի հետ:

Դիտարկվել է ստորգետնյա ջերմային էներգիայի պահեստավորման (ՍՋԷՊ) համակարգի համակցված համակարգ՝ խոնավակլանիչով օդի լավորակման համակարգի (ՕԼՀ) հետ: Ամռանը խոնավության կարգավորումն իրականացվում է օդի հոսքի շնորհիվ,

ինչի շնորհիվ համակցված համակարգը կարող է աշխատել ազատ հովացման ռեժիմով, որտեղ գեոթերմալ ջերմափոխանակիչների ջրի ջերմաստիճանը հիմնականում բավարար է բեռնվածությունը բավարարելու համար՝ առանց հովացման սարքերի:

Նկ. 5-ում ներկայացված է ԳՋՊԿ-ի սխեման՝ համակցված չորացումով օդի լավորակման համակարգի հետ: Ամռանը խոնավության վերահսկման համար տեղադրվում է OLՀ՝ բացահայտ և թաքնված ջերմության վերականգնմամբ: 18 °C ջերմաստիճանով ջուրը մատակարարվում է շենքի վերջնաբերիչներին, ինչն անհրաժեշտ է բացահայտ հովացման բեռի համար: Եթե ԳՋՓ -ից ջրի ջերմաստիճանը 16 °C -ից ցածր լինի, ջուրը կշրջանառվի ԳՋՓ-ի և վերջնաբերիչների միջև՝ թիթեղնավոր ջերմափոխանակիչի միջոցով: Հակառակ դեպքում, ԳՋՊԿ-ն աշխատում է հովացման բեռը բավարարելու համար:

Սառեցված ջուրը նաև մատակարարվում է OLՀ, թարմ օդի նախնական հովացման համար, ինչը կարևոր է էներգախնայողության տեսանկյունից: Արդյունքները ներկայացված են աղ. 1-ում: Համակարգի միջին COP-ը ըստ փորձարկման արդյունքների կազմում է 4,2 [12, 13]:



Նկ. 5. OLՀ-ով համակցված ԳՋՊԿ-ի հոսքի դիագրամը

Աղյուսակ 1

OLՀ-ով համակցված ԳՋՊԿ-ի բնութագրող պարամետրերն ըստ սեզոնների

Սեզոնը	Ջրի ջերմաստիճանը ԳՋԲԿ-ի և մարտկոցների միջև, °C	Ջրի ջերմաստիճանը ԳՋԲԿ-ի և ԳՋՓ-ի միջև, °C	Մարտկոցների մակերևույթի ջերմաստիճանը, °C	Ներսի ջերմաստիճանը, °C	Ներսի օդի հարաբերական խոնավությունը
Ամառ	18/21	30/25	20...22	24...26	≤55
Զմեռ	32/28	10/15	26...28	22...24	-

Արդյունքներ և քննարկում

Ջեռուցման մեծ բեռնվածություն ունեցող շինությունների համար ԳՋՊԿ-ի և արեգակնային էներգիայի համակցումը մեծ ներուժ ունի էներգախնայողության և ԳՋՊԿ համակարգի էներգաարդյունավետության բարձրացման վրա: Հովացման մեծ բեռնվածություն ունեցող շինությունների դեպքում ամենապարզ մոտեցումը ԳՋՊԿ համակարգի համակցումն է հովացնող աշտարակի հետ [14-17]:

Ձմռանը տաքացվող հատակի պահանջվող ջերմաստիճանը, որպես կանոն, 35 °C-ից ցածր է, ինչն արդյունավետ է ԳՋԲԿ-ների համար [18]:

Ամեն դեպքում, համակցված ԳՋՊԿ համակարգերը կարող են ավելի բարդ լինել, քան սովորական ԳՋՊԿ-ները: Ուստի նման համակարգեր կիրառելիս պետք է հաշվի առնել կլիմայական պայմանները, շինության նշանակությունը և գրունտի ջերմային հավասարակշռությունը: Ընդհանուր առմամբ, ԳՋՊԿ համակարգերը, որոնք նախագծված են ողջամիտ ինտեգրված մոտեցումներով, կարողանում են արդյունավետ աշխատել 3...5 COP-ով (աղ. 2): Բացի այդ, դրանք մեծ ներուժ են ցուցաբերել 2-5 տարվա ներդրումային վերադարձ ապահովելու առումով՝ համեմատած սովորական օդորակման համակարգերի հետ:

Աղյուսակ 2

ԳՋԲԿ համակցված համակարգերի արդյունավետության գործակիցները

ԳՋԲԿ համակցված համակարգերը	Ստացված արդյունավետության գործակիցը COP
1. ԳՋՊԿ-ները համակցված արևային էներգիայի հետ	4,3
2. ԳՋՊԿ-ի համակցումը հովացման աշտարակի հետ	4,5
3. ԳՋՊԿ-ները համակցված ջերմային կուտակիչ տեխնոլոգիաների հետ	3,8
4. ԳՋՊԿ համակցված ավանդական օդորակման համակարգերի հետ	4,6
5. ԳՋՊԿ համակարգեր համակցված խոնավակլանիչ համակարգերի հետ	4,2

Եզրակացություն

ԳՋՊԿ համակարգերի արդյունավետությունը բարձրացնելու, ինչպես նաև հորատանցքերի նախնական արժեքը նվազեցնելու նպատակով խորհուրդ է տրվում կիրառել համակցված համակարգեր:

Բնակելի և ադմինիստրատիվ շենքերի համար, որտեղ տաք ջրամատակարարման պահանջը մեծ է, հատկապես տաք կլիմայական գոտիներում, խորհուրդ է տրվում ԳՋԲԿ-ն համակցել ջերմության վերականգնման սարքավորումների հետ, որպեսզի օգտագործվի կոնդենսատորի միջոցով հեռացվող ջերմությունը: ԳՋԲԿ-ները հնարավորություն են տալիս նաև տաք ջրա-

մատակարարման իրականացում՝ ջեռուցման և հովացման ֆունկցիաներից բացի: Նման համակցված մոտեցումը նաև օգտակար է հողի էներգիայի հավասարակշռության համար:

Կախված սենքի նշանակությունից, պետք է ընտրել համապատասխան համակցված համակարգ՝ լավագույն էներգախնայողությանը հասնելու համար:

Գրականության ցանկ

- [1] **A.M. Omer**, Energy environment and sustainable development. *Renew Sustain Energy Rev* 12(9) (2008) 2265–300.
- [2] **ГОСТ Р 58536.2- 2022**. Кондиционеры, агрегатированные охладители жидкости, тепловые насосы, технологические чиллеры и осушители с компрессорами с электроприводом, Москва, Российский институт стандартизации, 2022, 27 с.
- [3] **J. Jeon, S. Lee, D. Hong, Y. Kim**, Performance evaluation and modeling of a hybrid cooling system combining a screw water chiller with a ground source heat pump in a building. *Energy* 35(5) (2010).
- [4] **MSN 40-01-2011**. Interstate regulatory documents in the construction of EurAsEC. Internal heating, ventilation and air conditioning systems, Moscow, 2011.
- [5] **Y. Bi, T. Guo, L. Zhang, L. Chen**, Solar and ground source heat-pump system. *Appl Energy* 78(2) (2004).
- [6] **X. Wang, M. Zheng, W. Zhang, S. Zhang, T. Yang**, Experimental study of a solar-assisted ground-coupled heat pump system with solar seasonal thermal storage in severe cold areas. *Energy Buildings* 42(11) (2010).
- [7] **Y. Man, H. Yang, J. Wang**, Study on hybrid ground-coupled heat pump system for air-conditioning in hot-weather areas like Hong Kong. *Appl Energy* 87(9) (2010).
- [8] **W. Wei, J. Zhang, T. Chen, Y. Zhang**, A novel heating and cooling system combining a ground source heat pump with an ice storage (in Chinese). *Fluid Mach* 35(8) (2007).
- [9] **A. Gasparella, G.A. Longo, R. Marra**, Combination of ground source heat pumps with chemical dehumidification of air. *Appl Therm Eng* 25(2–3) (2005).
- [10] **N. Pardo, Á. Montero, J. Martos, J.F. Urchueguía**, Optimization of hybrid – ground coupled and air source – heat pump systems in combination with thermal storage. *Appl Therm Eng* 30 (8–9) (2010).
- [11] **J. Jeon, S. Lee, D. Hong, Y. Kim**, Performance evaluation and modeling of a hybrid cooling system combining a screw water chiller with a ground source heat pump in a building. *Energy* 35(5) (2010).
- [12] **J. Chen, H. Zeng, Y. Deng, H. Fan, L. Peng**, Experimental investigation on the heating performance of a ground source heat pump system. *Building Sci Technol* 123 (2008).
- [13] **X. Shi, K. Du, G. Sun, J. Chen**, Design of the air conditioning system with independent temperature-humidity control for a demonstration building in Shanghai (in Chinese). *HV&AC* 36(10) (2006).
- [14] **K.D. Timmerhaus, R.P. Reed**, *Cryogenic Engineering Fifty Years*, 2007, 379 p.
- [15] **A.R. Jha**, *Cryogenic Technology and Applications*, USA-Oxford, 2006, 288 p.
- [16] **K. Ochsner**, *Geothermal Heat Pumps*, Sterling, London VA, 2007, 167 p.
- [17] **П.А. Трубаев, Б.М. Гришко**, *Тепловые насосы*, Белгород, 2009, 142 с.
- [18] **Г.П. Васильев**, *Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли: монография*, Изддом “Граница”, Москва, 2006, 176 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Карен Ашотович Мовсисян

*Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
karen.movsisyan1999@gmail.com*

Благодаря своей высокой эффективности, геотермальные тепловые насосные системы (ГТН) нашли широкое применение в сооружениях различного назначения, в которых часто наблюдается неравномерное распределение тепловых и охлаждающих нагрузок. Поэтому в проектировании ГТН необходимо применять комбинированные подходы, чтобы снизить капитальные затраты на системы ГТН и одновременно повысить их эффективность. В статье обобщены основные комбинированные подходы для ГТН и даны рекомендации. Для зданий с большой тепловой нагрузкой сочетание системы ГТН с солнечной системой показывает значительный потенциал для энергосбережения и высокой эффективности ГТН. Для зданий с большой охлаждающей нагрузкой самым простым подходом является комбинация системы ГТН с градирней.

Ключевые слова: *система грунтового теплового насоса, геотермальный теплообменник, солнечная установка, комбинированные системы, градирня, энергоэффективность*

OPPORTUNITIES FOR THE APPLICATION OF GEOTHERMAL HEAT PUMP SYSTEMS AND INNOVATIVE SOLUTIONS FOR COMBINED SYSTEMS

Karen Movsisyan

*National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
karen.movsisyan1999@gmail.com*

Thanks to their high efficiency, geothermal heat pump systems (GCHP) have found extensive use in various buildings. In buildings, the heating and cooling loads are often uneven. Therefore, it is necessary to apply combined approaches in the design of GCHP systems to reduce the capital investment costs of GCHP systems while simultaneously improving system efficiency. The article summarizes the main combined approaches for GCHP systems and provides recommendations. For buildings with a large heating load, the combination of a GCHP system with a solar system demonstrates significant potential for energy savings and high efficiency of the GCHP. For buildings with a large cooling load, the simplest approach is the combination of the GCHP system with a cooling tower.

Keywords: *Ground source heat pump system, geothermal heat exchanger, solar installation, combined systems, cooling tower, energy efficiency*

Մովսիսյան Կարեն Աշոտի (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ՋԳՄՕ ավրին, ասպիրանտ, (+374)96230440, karen.movsisyan1999@gmail.com

Мовсисян Карен Ашотович (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции, аспирант, (+374)96230440, aren.movsisyan1999@gmail.com

Movsisyan Karen (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of ventilation, gas and heat supply, PhD student, (+374)96230440, karen.movsisyan1999@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 18.10.2024թ.

Գրախոսվել է՝ 22.11.2024թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 25.12.2024թ.