Երկրաջերմային պոմպերի կիրառումը՝ որպես վերականգվող էներգետիկայի հեռանկարային ուղղություն Հայաստանի համար

Մանուկյան Սարգիս Ֆ.
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, տ.գ.թ., դոցենտ (Երևան, ՀՀ)
sarkis.ar@gmail.com
Ալավերդյան Լիանա Ա.
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, ասիստենտ, դասախոս (Երևան, ՀՀ)
l_alaverdyan@mail.ru

ՀՏԴ՝ 320.91; 338.45; **EDN:** EZGYCJ; **JEL:** O13, P48, Q42, Q43, Q49
Հանգուցաբառեր՝ գեոթերմալ ջերմային պոմպեր, երկրաջերմային համակարգեր, երկրաջերմային էներգետիկա, էներգախնայող տեխնոլոգիաներ, էներգետիկ անվտանգություն, տնտեսական արդյունավետություն

Использование геотермальных тепловых насосов как перспективное направление возобновляемой энергетики Армении

Манукян Саркис Ф.
Национальный Политехнический Университет Армении, к.т.н, доцент (Ереван, РА)
sarkis.ar@gmail.com
Алавердян Лиана А.
Национальный Политехнический Университет Армении , ассистент, преподаватель (Ереван, РА)
l_alaverdyan@mail.ru

Аннотация. Энергетическая система Армении в значительной степени зависит от импортируемых источников энергии: природного газа и обогащенного уранового ядерного сырья. Геотермальная энергия, а также источники энергии солнца и ветра неисчерпаемы, и их эффективное использование в энергетических и других целях не является для Армении даже предметом обсуждения. С этой точки зрения геотермальная энергия и особенно использование геотермальных тепловых насосов весьма перспективны. Мировой рынок геотермальных тепловых насосов снова демонстрирует тенденции роста. Удивительно, что, несмотря на растущий интерес к геотермальным тепловым насосам в мире, в Армении до сих пор сохраняется равнодушие. Известны всего один-два примера использования геотермальных тепловых насосов в Армении, но их потенциал достаточно мощный. Использование геотермальных тепловых насосов для Армении перспективно и необходимо со стратегической точки зрения. Проблема становится более актуальной в контексте серьезных вызовов, стоящих перед энергосистемой Армении. В данной статье представлено описание геотермальных тепловых насосов, целесообразность их использования в Армении, их преимущества, а также необходимые шаги для продвижения этого сектора.
Ключевые слова: геотермальные тепловые насосы, геотермальные системы, геотермальная энергия, энергосберегающие технологии, энергетическая безопасность, экономическая эффективность

The use of geothermal heat pumps as a perspective direction of renewable energy for Armenia

Manukyan Sarkis F.
National Polytechnic University of Armenia, PhD in Ttechnichal scineces, Associated Prof. (Yerevan, RA)
sarkis.ar@gmail.com
Alaverdyan Liana A.
National Polytechnic University of Armenia, Assistant, Lecturer (Yerevan, RA)
l_alaverdyan@mail.ru

Abstract. Armenia's energy system is significantly dependent on imported energy sources: natural gas and enriched uranium nuclear raw materials. Geotermal energy, as well as solar and wind energy sources are inexhaustible and their effective use for energy and other purposes is not even a topic of discussion for Armenia. From that point of view, geothermal energy and especially the use of geothermal heat pumps are quite promising**.** The global market for geothermal heat pumps is again showing growth trends. It is surprising that despite the growing interest in geothermal heat pumps in the world, there is still indifference in Armenia.Only one or two examples of the use of geothermal heat pumps in Armenia are known, but their potential is quite powerful. The use of geothermal heat pumps for Armenia is prospective and necessary from a strategic point of view. The problem becomes more relevant in the context of serious challenges facing Armenia's energy system. This article presents the description of geothermal heat pumps, the feasibility of their use in Armenia, their advantages, as well as the necessary steps for the promotion of this sector.
Keywords: geothermal heat pumps, geothermal systems, geothermal energy, energy saving technologies, energy security, economic efficiency

Նախաբան: Ջերմային պոմպերի շուկան (այդ թվում նաև երկրաջերմային պոմպերի շուկան) ամբողջ աշխարհում կրկին աճի միտումներ է ցույց տալիս: Ջերմային պոմպերից, հատկապես հետաքրքրական և հեռանկարային են երկրաջերմային պոմպերը (կամ գեոթերմալ ջերմային պոմպերը): Գեոթերմալ ջերմային պոմպերը **(Geothermal heat pumps, Геотермальные тепловые насосы)**, լինելով ջերմային պոմպերի տեսակներից մեկը (ինչպես օրինակ՝ օդային և ջրային ջերմային պոմպերը), հանդիսանում են ռեսուրսախնայող կամ էներգախնայող տեխնոլոգիաներ: Միաժամանակ, դրանք երկրաջերմային համակարգեր են, որոնք հանդիսանում են նաև գեոթերմալ էներգետիկայի ուղղություններից մեկը (մակերևույթամերձ կամ ոչ խորը գեոթերմալ էներգետիկա): Այս ամենը ցույց է տալիս երկրաջերմային պոմպերի տեխնոլոգիաների ֆունկցիոնալ բազմազանությունը և առանձնահատկությունները:

Փոքր խորությունների և ցածր ջերմաստիճանի երկրաջերմային (գեոթերմալ) էներգիայի օգտագործումը կարելի է դիտարկել որպես որոշակի տեխնիկատնտեսական արտակարգ երևույթ՝ կամ իրական հեղաշրջում ջերմաապահովման համակարգում [**1**]: Երկրաջերմային պոմպերը, ավելի ընդգրկուն պայմաններում կարող են կիրառվել, ապահովելով ապակենտրոն սկզբունքով ջերմամատակարարում և տաք ջրամատակարարում, ի տարբերություն խորը կամ միջին խորության գեոթերմալ էներգետիկայի, որի տակ հասկացվում է՝ փոքր, միջին և մեծ հզորության ունեցող, կենտրոնացված սկզբունքով աշխատող, ջերմություն կամ էլեկտրաէներգիա արտադրող երկրաջերմային կայանները, որոնց համար անհարժեշտ և առանձնահատուկ երկրաբանական պայմաններ են անհրաժեշտ: Հայաստանում գեոթերմալ էներգիայի յուրացման նպատակահարմարությունը և խնդիրները մասին արդեն ներկայացվել է հետևյալ աշխատանքներում [**2**; **3**; **4**]:

Մեծ վստահությամբ կարելի է պնդել, որ ոչ հեռու ապագայում, իր առավելությունների և անընդհատ բարելավվող պարամետրերի շնորհիվ, ամբողջ աշխարհում երկրաջերմային (գեոթերմալ) ջերմային պոմպերի նկատմամբ հետաքրքրությունը ավելի է աճելու և բարձրտեխնոլոգիական լուծումների շնորհիվ այն դառնալու է ջերմային էներգիայի ապահովման ամենահիմնական ուղղություններից մեկը:

Երկրաջերմային պոմպերը և դրանց աշխատանքի սկզբունքները

2021 թ.-ին գեոթերմալ ջերմային պոմպերի համաշխարհային շուկան գնահատվել է մոտ **116,75** միլիարդ ԱՄՆ դոլար և կանխատեսվում է, որ մինչև 2030 թվականը այն կհասնի մոտ **506** միլիարդ ԱՄՆ դոլարի[1]: Ըստ նույն աղբյուրի ենթադրվում է, որ այդ ընթացքում շուկայի համակցված տարեկան աճի միջին տեմպը (CAGR) կկազմի 17,5%: Ըստ Գերմանիայի «Ջերմային պոմպերի միության» կազմակերպության տվյալների (Bundesverband Wärmepumpe (BWP), 2021 թ.-ին միայն երկրաջերմային պոմպերի («ջուր-ջուր» տեխնոլոգիաներով աշխատող) վաճառքը Գերմանիայում աճել է 12%-ով և վաճառվել է 27 000 ստորգետնյա երկրաջերմային («ջուր-ջուր») պոմպեր[2]:

Հայաստանում նույնպես ռազմավարական հեռանկարում կարող են արդյունավետորեն կիրառվել երկրաջերմային պոմպերը: Ի տարբերություն միջին խորության (150-400 մ) և մեծ խորության (400 մ գերազանցող) գեոթերմալ էներգետիկայի՝ որոնց համար անհրաժեշտ են համապատասխան երկրաբանական պայմաններ (թերմալ ջրերի բարձր ջերմաստիճան, ապարների բարձր ջերմաստիճան, հորատանցքերում ջրի բարձր ճնշում, երկրաջերմային գրադիենտ և այլ պարամետրեր) [**5**], երկրաջերմային պոմպերի կիրառման համար պարտադիր չեն խիստ առանձնահատուկ երկրաբանական կամ աշխարհագրական պայմաններ և այս տեխնոլոգիաների օգտագործումը ջերմամատակարարման, տաք ջրամատակարման և հովացման նպատակներով կարող են կիրառելի լինել գրեթե ամենուրեք [**6**]:

Երկրաջերմային պոմպերի գործունեության համար հենք կարող են հանդիսանալ թե՛ ընդերքի հիդրոթերմալ ռեսուրսները (ջրերը), թե՛ պետրոթերմալ ռեսուրսները (ապարների ջերմությունը): Նշենք, որ երկրաջերմային պոմպերը պայմանականորեն բաժանվում են՝ **փակ և բաց համակարգերով** տեխնոլոգիաների: **Բաց համակարգով** (**Open Loop Systems**) տեխնոլոգիայի դեպքում ընդերքի թերմալ ջրերը օգտագործվում են ուղղակիորեն, որոնք ընդերքից մղվում են անհրաժեշտ կառույցը և ապա դուրս գալով մղվում են ընդերք (գրեթե նույնն են, ինչպես ջրային ջերմային պոմպերի «ջուր-ջուր» տեխնոլոգիանները): Իսկ **փակ համակարգերում** (**Closed Loop Systems**)

[1] Geothermal Heat Pumps Market (By Type: Closed Loop, Open Loop; By Application: Residential, Commercial, Industrial) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2022-2030 https://www.precedenceresearch.com/geothermal-heat-pumps-market,

[2] За 2021 год рынок тепловых насосов в Германии вырос на 28%, https://elektrovesti.net/79245_za-2021-god-rynok-teplovykh-nasosov-v-germanii-vyros-na-28

ջերմությունը վերցվում է ապարների ջերմությունից, որտեղ ջերմակլանող խողովակները կամ զոնդերը ջրի և գլիկոլի խառնուրդով են աշխատում: Երկրաջերմային էներգիա կարելի է ստանալ նաև՝ թունելներում, ստոգետնյա հանքախորշերում կուտակված կամ հոսող ջրերի ջերմությունից, կոյուղային խողովակների ջերմությունից [**5**; **6**]:

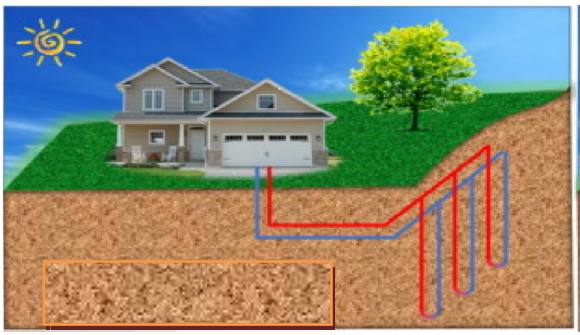
Երկրաջերմային պոմպերի համար ջերմափոխանակիչը իրենից ներկայացնում է խողովակների համակարգ, որը տեղադրվում է շենքի մոտակայքում գտնվող տարածքում: Գոյություն ունեն մի քանի տեսակի ստորերկրյա կոլեկտորներ, որոնք երկրաջերմային էներգիայի մատակարարներ են՝

1. Ուղղաձիգ կամ թեք հորատանցքերում տեղադրված խողովակաշարերով աշխատող համակարգեր, որտեղ դրանց խորությունը հասնում է մինչև 150 մետրի: Առավել նախընտրելի տարբերակ է, քանի որ էներգիայի մեծ հզորություն են ապահովում և օբյեկտի մերձլանդշաֆտային գոտին չի խախտվում (տե՛ս նկ. 1):

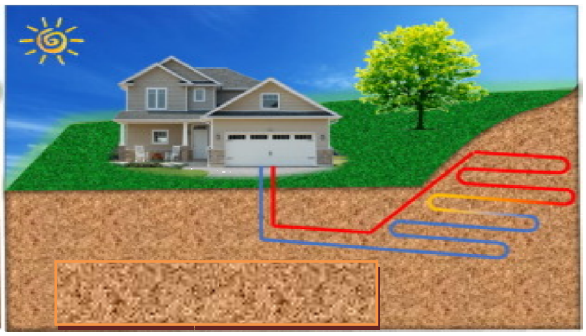
2. Հորիզոնական հորատանցքերում խողովակաշարերով աշխատող երկրաջերմային պոմպերի համակարգ: Դրանք տեղադրվում են հորիզոնական, մոտ 1,2-1,5 մետրից մինչև 3-4 մ խորության վրա, ավելի խորը, քան հողի սառեցման մակարդակը: Երբ հողատարածքը թույլ է տալիս այս ձևով տեղադրել, սա նախընտրելի է օգտագործել բնակելի օբյեկտների սպասարկման համար (տե՛ս նկ. 2):

3. Խորը թերմալ զոնդեր, թերմալ ջրհորներ, որոնք տեղադրվում են ոչ մեծ խորություններում (առավելագույնը մի քանի տասնյակ մետր):

4. Ստորերկրյա ջրերի կուտակումները ընդերքի հորիզոններում: Այս դեպքում ընդերքում տաք ջուրը (հիդրոթերմը) ջերմային պոմպի համակարգի միջոցով շրջանառվող ջերմափոխանակման հեղուկն է: Ամբողջ շղթայի երկայնքով անցնելու գործընթացի ավարտին ջուրը վերադառնում է ընդերքի ջրային ավազան կամ կոլեկտոր (սրանք, ինչպես նշեցինք բնորոշվում են որպես «ջուր-ջուր» տեխնոլոգիայով գործող երկրաջերմային պոմպեր):



Նկ.1. *Ուղղաձիգ հորատանցքերով աշխատող երկրաջերմային պոմպի համակարգ*



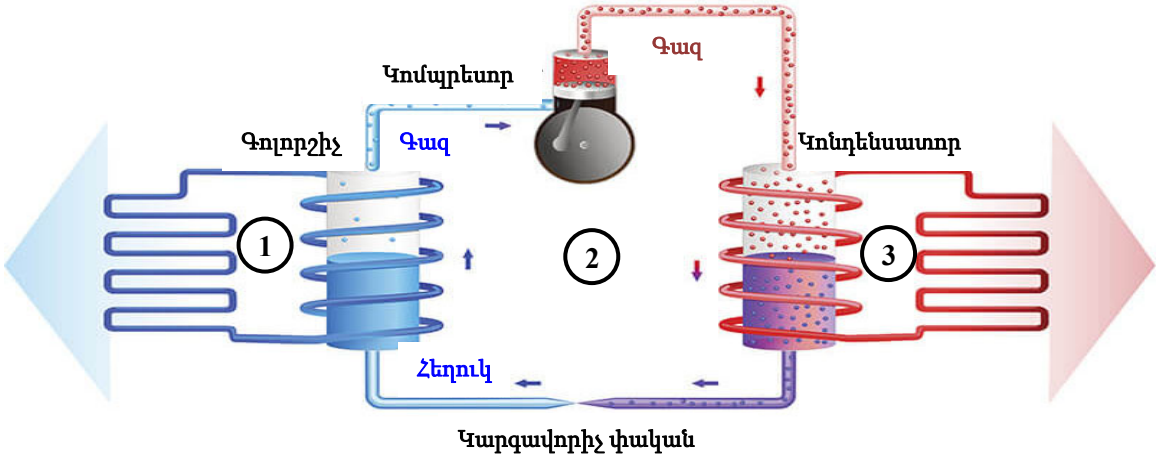
Նկ.2. *Հորիզոնական հորատանցքերով աշխատող երկրաջերմային պոմպի համակարգ*

Բնականաբար, ավելի խնայողական լուծում են հանդիսանում հորիզոնական կոլեկտորները: Սակայն հորիզոնական խողովակաշարը տեղավորելու համար պահանջվում է մեծ տարածքի ազատ հողատարածք, որը հետագայում հանվում է տնտեսական շրջանառությունից՝ դրա վրա չեն կարող շենքեր կառուցվել, ծառեր և թփեր տնկել: Ներկայումս ուղղաձիգ կամ թեք հորատանցքներով համակարգերը առավել լայնորեն են կիրառվում, բայց ավելի ծախսատար են:

Օգտագործելով ընդերքի ապարների ջերմությունը, երկրաջերմային պոմպերը ձմռանը ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման սարքավորումներ են, իսկ ամռանը օդորակիչ: Եթե գրունտի միջին ջերմաստիճանը տատանվում է 20C-ից մինչև 10-120C սահմաններում՝ սա բավական է տաքացվող տարածքի համար ավելի բարձր ջերմության ստանալու նպատակով: Որքան բարձր է առաջնային աղբյուրի (ջուր, ապար) ջերմաստիճանը, այնքան մեծ է երկրաջերմային պոմպի արդյունավետությունը, այսինքն՝ ավելի մեծ խորությունների դեպքում դրանց արդյունավետությունը մեծանում է [**5**; **6**]:

Գրունտում գտնվող զոնդը (կամ խողովակաշարը) միացվում է պոմպին, որի միջով շրջանառվում է հատուկ աշխատանքային հեղուկը՝ ջերմություն հավաքելու համար: Ջերմափոխանակչում գտնվող առաջնային հեղուկը (սովորաբար ջրի և գլիկոլի հիման վրա հակասառուցիչի խառնուրդը) շրջանառվում է կոլեկտորում (խողովակներում) գրունտի ջերմությունը կլանելու և փոխանցելու համար (1): Ապա այն, ջերմությունը փոխանցում է ջերմային պոմպին (2), որտեղ աշխատանքային հեղուկի (ցածր եռման ջերմաստիճանի հեղուկ, օրինակ ֆրեոն) ջերմությունը բարձրանում է (+60C -ից մինչև 36-650C), հետո այդ ջերմությունը փոխանցվում է տաքացվող տարածքի խողովակներում գտնվող շրջանառվող ջրին (3): *Նման համակարգը կարելի է համեմատել սովորական սառնարանի աշխատանքային միջա-*

վայրի հետ՝ հակադարձ ֆունկցիոնալ գործողություններով: Այսինքն, եթե սառնարանում սառնություն է արտադրվում, իսկ ջերմությունը գողրշհանում է արտաքին միջավայր, ապա ջերմային պոմպն ունի աշխատանքի հակառակ սկզբունքներ: Այս ձևով է աշխատում ցանկացած երկրաջերմային պոմպ (տե՛ս նկ. 3):



Նկ. 3. *Երկրաջերմային պոմպերի աշխատանքի սխեման*

Հայաստանում երկրաջերմային պոմպերի կիրառման նպատակահարմարությունը:

Հյուսիսային կիսագնդի մի շարք տարածաշրջաններում և երկրներում՝ Հյուսիսային Ամերիկայում, Եվրոպայում, Ռուսաստանում, Ճապոնիայում, Չինաստանում, Հարավային Կորեայում, որտեղ ջերմաստիճանը հասարակածի և հարավի երկրների համեմատ ցուրտ է, երկրաջերմային պոմպերի (նաև օդային և ջրային ջերմային պոմպերի) կիրառումը լայն թափ է հավաքում: Ո՞րոնք են այն առավելությունները, որ չնայած այս տեխնոլոգիաների համեմատաբար թանկ լինելու հանգամանքին (համեմատած ավանդական եղանակների՝ գազի և էլեկտրաէներգիայի ջեռուցման միջոցների), երկրաջերմային պոմպերը աստիճանաբար կիրառություն են ձեռք բերում: Միաժամանակ Հայաստանում դրանց մասին քիչ տեղեկատվություն կա և դրանք գրեթե չեն օգտագործվում:

Նշենք, թե ո՞ր առավելությունների համար, դրանք կարող են հեռանկարային լինել նաև Հայաստանի համար:

Բարձր արդյունավետությունը և էժան շահագործական ծախսերը: Թեև այս սարքավորումների արժեքը և տեղադրումը մի քանի անգամ բարձր է բնական գազի կաթսաների արժեքից և դրանց տեղադրումից, իսկ նախագծումը և տեղադրումը պահանջում է բարձր արհեստավարժ մասնագետների մասնակցություն, սակայն ունեն ավելի բարձր արդյունավետություն, էներգախնա են և ունեն շահագործական ավելի ցածր ծախսեր:

Այսպես, եթե սովորական երկհարկանի առանձնատունը տարեկան միայն բնական գազով ջեռուցման և ջրատաքացման համար ծախսում է միջինը 300-350 հազար դրամ կամ նույնիսկ ավելի (էլեկտրաէներգիայով ջեռուցման և տաք ջրամատակարարում ապահովելու դեպքում ծախսերը ևս 30-40%-ով կարող են ավելանալ), ապա երկրաջերմային պոմպերով ջեռուցման դեպքում այն կկազմի տարեկան մոտ 60-70 հազար դրամ, որն էլ հիմնականում պոմպի աշխատացման նպատակով էլեկտրաէներգիայի վրա կատարվող ծախսը կլինի: Որն էլ իր հերթին կարելի է նվազագույնի հասցնել՝ արևային վահանակների միջոցով ինքնաբավ սնուցում ապահովելով: Ամռանը հովացման համար կատարվող ծախսերը նույնպես նվազում են՝2-3 անգամ:

Երկրաջերմային պոմպի համար (17 կՎտ հզորությամբ), որը նախատեսված է մինչև 350մ^2 մակերեսով տարածքի սպասարկման համար, էլեկտրաէներգիայի սպառումը կազմում է ժամում մինչև 3-5 կՎտ, տարվա եղանակից կախված:

Էներգիայի կայուն մատակարարում: Երկրորդ կարևոր հանգամանքը այն է, որ, երկրաջերմային պոմպերի համակարգերի աշխատանքը կախված չէ արտաքին միջավայրի ազդեցությունից (օրվա ջերմաստիճանից, լուսավորվածությունից, տարվա եղանակներից և կլիմայական պայմաններից): Դա պայմանավորված է նրանով, որ հորատանցքերում ապարների ջերմաստիճանը արտաքին պայմանների ազդեցությունից էականորեն չի փոփոխվում (ընդամենը 1-2^{0}C աստիճան մակերևույթին մոտ հատվածում), այսինքն այն հիմնականում հաստատուն է: Նույնիսկ վերականգնվող էներ-

գիայի այլ աղբյուրները՝ օրինակ՝ արևային և հողմնային կայանները, ինչպես նաև օդային ջերմային պոմպերը այդ տեսակետից ունեն որոշակի սահմանափակումներ: Իսկ երկրաջերմային կայանները (ԵրՋԿ) և երկրաջերմային պոմպերը չունեն նման սահմանափակումներ՝ դա ամենամեծ առավելությունն է և ընդերքի գեոթերմալ էներգիան համարվում է կայուն էներգիայի մատակարման աղբյուր, որը բնականաբար նաև անսպառ է և չընդհատվող:

Էներգիայի այլ աղբյուրներից կախվածություն չկա: Այն վայրերում, որտեղ գազամատակարարում չկա, այս սարքավորումների կիրառումը հոյակապ լուծում կարող է լինել ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման համար: Սովորաբար, վերականգնվող էներգիայի այլ աղբյուրները, ինչպես օրինակ՝ արևային ֆոտովոլտային կայանները, արևային ջրատաքացուցիչները, հողմնային կայանները և այլն, կարող են միայն էլեկտրաէներգիայի կամ ջրատաքացման հարցերը լուծել, սակայն ջեռուցման համար մասմաբ՝, դրանք շատ մեծ հզորություն պետք է ունենան, որի արդյունքում դրանց ներդրումային և աշխատանքային ծախսերը զգալիորեն մեծանում են և անարդյունավետ են դառնում: Իսկ այն վայրերում, որտեղ գազամատակարարում կա, երկրաջերմային պոմպերը կարող են, որպես օժանդակ կամ հիբրիդային լուծումներ ապահովել, քանի որ ինչպես նշեցինք, նվազեցնում են ջերմամատակարարման ընթացիկ ծախսերը:

Այսպիսով, երկրաջերմային պոմպերը, ապահովում են ավտոնոմ էներգամատակարարում և ունեն կիրառման լայն սպեկտր, կարողանում են համատեղ գործել էներգիայի այլ աղբյուրների սարքավորումների հետ: Երկրաջերմային պոմպերի աշխատելու համար անհրաժեշտ էլեկտրաէներգիան սովորաբար կարելի է ստանալ, ոչ միայն էներգամատակարարման ցանցից, այլ նաև օրինակ՝ արևային ֆոտովոլտային վահանակներից կամ մինի հողմնային կայաններից, որոնք սովորաբար տեղադրվում են ջերմային պոմպերի հետ միաժամանակ: Միջազգային շուկայում արևային ֆոտովոլտային համակարգերի արժեքի հսկայական անկման պատճառով ջերմային պոմպի շահագործումը սեփական ֆոտոգալվանային համակարգից ջերմամատակարարման ամենաարդյունավետ միջոցն է:

Այսինքն, անհերքելի է երկրաջերմային պոմպերի կարևորությունը այն բնակավայրերի համար, որտեղ գազամատակարարումը բացակայում է: Հայաստանում, թեև բնակավայրերի զգալի մասը (մոտ 95 տոկոս) ունի գազամատակարարում, այնուամենայնիվ Հայաստանի համար արդիական է ջերմային պոմպերի, հատկապես երկրաջերմային պոմպերի կիրառությունը, որոնք ինչպես նշեցինք, ունեն բարձր արդյունավետություն, անսպառ և անվճար «հումքի» կամ էներգիայի աղբյուր, մեծ «ավտոնոմիա» և ցածր շահագործական ծախսեր: Ինչպես նաև սրանք նախընտրելի են «կանաչ» , «խելացի» և «մաքուր էներգիա» հայեցակարգի տներին նախապատվություն տվող գնորդների համար:

Այստեղ կարևոր է նշել, գնորդի և վաճառողի համագործակցության մասին: Առանց հիմնավորված հաշվարկների և մասնագետի կարծիքը հաշվի առնելով՝ որոշումները կարող են սխալ լինել: Օրինակ, եթե սարքի հզորությունը փոքր է առանձնատան համար անհրաժեշտ ջերմության պահանջից՝ պոմպն աշխատում է մեծ ծանրաբեռնվածությամբ և ավելի շատ էներգիա է ծախսում, դրանով իսկ վատնելով ջերմային պոմպի ռեսուրսները և կրճատելով սարքի կյանքը: Իսկ նախատեսվածից մեծ սարքի հզորության դեպքում տեղի է ունենում ներդրումային և սպասարկման ծախսերի զգալի աճ և արդյունավետությունը նվազում է: Հզորության ճիշտ հաշվարկի դեպքում երկրաջերմային պոմպը կարող է աշխատել շատ երկար: Շատ կարևոր է նաև սարքավորումը ձեռք բերել հուսալի ներկայացուցչից, որը կարող է ապահովել ջեռուցման համակարգի տեխնիկական սպասարկումը նաև վաճառքից հետո:

Կիրառության լայն տիրույթ: Երկրաջերմային պոմպերը իդեալական կարող են լինել՝ միջին և մեծ մակերեսների՝ 150-մինչև 500 մ^2, իսկ ավելի նորագույն և թանկարժեք տեխնոլոգիաների դեպքում նույնիսկ 500 մ^2-ից մեծ մակերես ունեցող առանձնատների, արտադրամասերի, զորամասերի, դպրոցների, ցածրահարկ շենքերի, հիվանդանոցների, մանկապարտեզների, ջերմոցների, ջրավազանների, վարչական շենքերի և այլ օբյեկտների ջերմամատակարարման և տաք ջրամատակարարման, իսկ ամռանը հովացման նպատակների համար:

Ծառայման մեծ ժամկետներ: Երկրաջերմային պոմպի ծառայության նվազագույն ժամկետը 25-30 տարի է և նույնիսկ մինչև 100 տարի կարող են աշխատել: Կոմպրեսորը՝ ջերմային պոմպի սիրտը, անհրաժեշտության դեպքում կարելի է հեշտությամբ փոխել, ծառայում է 25- 30 տարի:

Անվտանգությունը և էկոլոգիան: Սա նույնպես կարևոր գործոն է, քանի որ սրանք բարձր մակարդակի անվտանգություն ապահովող համակարգեր են՝ հրդեհա- ու պայթունաանվտանգ են: Ներքին և արտաքին միջավայրը չեն աղտոտում թունավոր և վտանգավոր նյութերով: Որոշակի խնդիրներ կարող են առաջանալ գրունտային ջրերի օգտագործման դեպքում, որոնք փակ համակարգերի դեպքում վտանգավոր չեն, իսկ բաց համակարգերի դեպքում ջրերի աղտոտման

որոշակի, աննշան խնդիրներ կարող են առաջացնել:

Հարմարավետություն: Պակաս կարևոր չէ նաև այն, որ այս համակարգերը մեծ տարածքներ չեն զբաղեցնում: Այս համակարգերը գործածելու համար անհրաժեշտ չեն՝ ծխնելույզ, կաթսայատուն, վառելիքի հատուկ պահեստարաններ և այլ կառույցներ: Երկրաջերմային պոմպերի համակարգերի հիմնական սարքավորումներն ու բաղադրիչներն են՝ ջերմային պոմպը, ջրի բաքը, էներգիայի կուտակիչը, կառավարման համակարգը, որոնք մեծ տեղ չեն զբաղեցնում և տեղադրվում են նկուղում կամ հատուկ փոքր տարածքներում, սենյակներում: Խողովակները կամ զոնդերը գտնվում են հողի տակ և չեն երևում:

Հուսալի են, հեշտ կառավարվող: Երկրաջերմային պոմպերը աշխատում են գրեթե անաղմուկ, հեշտ են կառավարվում հեռավահանակների միջոցով, ներսի միջավայրի կլիմայի վերահսկումը հարմարավետ է և պարզ: Համակարգեր ունեն նաև սպասարկման կենտրոնից հեռակառավարման և վերահսկման հնարավորություն: Համակարգի ներսի խնդիրները ֆիքսվում են սպասարկող կազմակերպության միջոցով, որոնք էլ կարողանում են անմիջապես կարգավորել այդ խնդիրները:

Հաշվի առնելով, որ երկրաջերմային պոմպերը նորարարական սարքավորումներ են և պահանջում են նաև գրագետ դիզայն և աշխատանք: Կարևոր է, որ հատկապես տեղադրման աշխատաքները վստահել բարդ տեխնոլոգիաների և նյութերի հետ աշխատելու փորձ ունեցող մասնագետներին:

Հիմնական թերությունները և սահմանափակումները՝

Պոմպերի և տեղադրման բարձր արժեքը: Երկրաջերմային պոմպերի տեղադրման բարձր արժեքը, ինչպես նաև ավանդական գազային կաթսաների համեմատաբար ցածր գները վնասում են շուկան [**8**]: Երկրաջերմային պոմպերի և դրանց տեղադրման գները միասին (ներառյալ բանալին սկզբունքով) տատանվում են 7000-ից մինչև 20 000 ԱՄՆ դոլար՝ կախված օբյեկտի մակերեսի չափից, ջեռուցման հզորությունից, ֆունկցիաներից, հորատանցքերի խորությունից, իսկ միջին արժեքը կազմում է մոտ 12 000-15 000 ԱՄՆ դոլար:

Ինչպես նշեցինք, երկրաջերմային պոմպերը ունեն գրեթե նույն առավելությունները և թերությունները, ինչ որ օդային և ջրային ջերմային պոմպերը, սակայն հորատանցքերի հորատման և խողովակների մոնտաժման ծախսերի պատճառով դրանց ընդհանուր տեղադրման ծախսերը բավականին մեծանում է մյուս ջերմային պոմպերի համեմատ [**6**]:

Եվրոպայում և Հյուսիսային Ամերիկայում հիմնականում վաճառվում են գերմանական, ավստրիական և ամերիկյան երկրաջերմային պոմպեր, որոնք բավականին թանկ արժեն և ունեն բարձր արդյունավետություն և հուսալիություն: Ռուսական շուկայում գերիշխում են ռուսական կամ չինական համեմատաբար էժան ջերմային պոմպերը, ինչպես նաև ամերիկյան, գերմանական, իսպանական, հարավկորեական և ճապոնական սարքավորումները, որոնք համեմատաբար ավելի թանկ են:

Այնուամենայնիվ, գազի սակագների աճը սպառողին ավելի ու ավելի է մղում ուշադրություն դարձնել երկաջերմային պոմպերին՝ որպես ջերմային գեներատորի, որը փոխհատուցում է ձմռանը շենքերի ջերմային կորուստները:

Ներկայացնենք, Ռուսաստանում երկրաջերմային պոմպերի գները [**11**] `

Ամերիկա-չինական Mammoth ընկերության գրունտային (գեոթերմալ) ջերմային պոմպերի (առանց տեղադրման) գները կարող են տատանվել 6700 ամերիկյան դոլարից (200 $մ^2$ մակերեսի ջեռուցման համար, 19,2 ԿՎտ ջեռուցման հզորությամբ) մինչև 15400 ԱՄՆ դոլար (500 $մ^2$ մակերեսով ջեռուցման, 48,3 ԿՎտ սառեցման հզորություն պոմպերի համար): Միջին չափսերի, բնակելի տարածքի համար 150 $մ^2$ մակերեսով, որտեղ պոմպը ունի 13,2 ԿՎտ ջեռուցման հզորություն, միջին գինը կազմում է մոտ 7100 ամերիկյան դոլար: Սրանք երկրաջերմային «ջուր-ջուր» տեխնոլոգիաներով աշխատող սարքավորումների գներնեն, որոնք ընդերքի տաք ջրերից են ջերմություն վերցնում: Որոշ սարքավորումները կարող են ապահովել է 1000-1500 $մ^2$ տարածքի ջեռուցում, որոնք ավելի հզոր և թանկարժեք են, հետգնման ժամկետը 4-9 տարի է, ծառայման ժամկետը՝25-30 տարի և ավելի:

Նշենք, որ այստեղ ներկայացված չեն, մոնտաժման, այսինքն հորատանցքերի անցկացման և խողովակների տեղադրման ծախսերը, որոնց ծախսերը իրենց հերթին կարող են կազմել մինչև մի քանի հազար դոլար (3000-ից 10 000 ամերիկյան դոլար): Օրինակ, Ռուսաստանում այդ նույն Geopumps ընկերությունը 1գծ.մ սովորական հորատանցքի արժեքը հաշվարկում է միջինը 20-30 դոլարով:

Գեոթերմալ ջերմային պոմպերի շուկայում հիմնական խաղացողներն են՝ BDR Thermea, Bosch Thermotechnology, Carrier, Mammoth, Ecoforest, Stiebel Eltron, Trane, Vaillant Group, Viessmann, NIBE Energy Systems, Climate Master Inc, Daikin, Dandelion Energy, Glen Dimplex և Maritime Geothermal ընկերությունները:

2.**Նախագծման և տեղադրման բարդությունը**: Երկրաջերմային պոմպերի տեղադրման համար պահանջվում են թանկարժեք և

ժամանակատար չափումներ: Առանձնապես կարևոր է կատարվող աշխատանքի որակը և շուկայում վաճառքի ու մոնտաժող կազմակերպությունների որակավորումը: Յուրաքանչյուր պատվեր պետք է մի քանի տարի վերահսկվի հիմնական սարքավորումները արտադրողի կողմից, մինչև երկրաջերմային պոմպերի շուկան իսկապես արհեստավարժ դառնա:

3. **Ջերմաստիճանի սահմանափակումները**: Առավելագույն ջերմաստիճանը, որը կարող են ապահովել երկրաջերմային պոմպերի համակարգերը՝ սովորաբար 55-65° C է, որոշ նորագույն մոդելների համար արդեն՝ 70-75°C:

4. **Հողի ջերմային ներուժի անհամատեղելիությունը**: Որքան բարձր է գրունտի ջերմաստիճանը, այնքան քիչ էլեկտրաէներգիա է ծախսում ջերմային պոմպը: Սակայն ջերմային էներգիայի սպառումը մինչև ջեռուցման սեզոնի ավարտը հանգեցնում է հողի ջերմաստիճանի նվազմանը: Ամռանը և հաջորդ ջեռուցման սեզոնի սկզբին գրունտը ներկայանում է ավելի ցածր ջերմաստիճանի ներուժով: Հողի ջերմաստիճանը հինգ տարի աշխատելուց հետո հասնում է քվազի-ստացիոնար մակարդակի՝ բնականի համեմատ 1-2^{0}C կամ ավելի ցածր: Այսինքն, ջերմամատակարարման համակարգերի նախագծման ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի առնել հողի նման սառեցման հնարավորությունը, որն էլ ավելի թանկ է դարձնում այն [**6**]:

Հայաստանում ջերմային պոմպերի կիրառման հեռանկարները

Երկրաջերմային պոմպերի օգտագործման փորձը մեր երկրում դեռ աննշան է, այն էլ փորձնական մակարդակով, սակայն կան բարենպաստ պայմաններ դրանց իրականացման համար: Երկրաջերմային պոմպերը կարող են կիրառվել գրեթե ցանկացած վայրում և պայմաններում:

Ինչպես արդեն տեսանք, ամբողջ աշխարհում, որպես ջերմամատակարարման, տաք ջրամատակարարման և հովացման արդյունավետ միջոց կիրառվում են նաև ջերմային պոմպերը, որոնք մի քանի անգամ նվազեցնում են ջերմամատակարարման ծախսերը և նվազեցնում կախվածությունը էներգակիրներից [**9**]: Զարմանալի է, որ աշխարհում ջերմային պոմպերի նկատմամբ հետաքրքրության աճին հակառակ, Հայաստանում դեռևս անտարբերություն է նկատվում: Հիմնական պատճառներից են՝ երկրաջերմային պոմպերի և առավելությունների վերաբերյալ անտեղյակությունը, դրանց սարքավորումների թանկարժեքությունը և տեղադրման աշխատանքների ծախսատարությունը, բնական գազի միջոցով գազամատակարարման ավելի բարենպաստ պայմանները, ջերմային պոմպերի տարածմանը աջակցելու պետական ծրագրերի բացակայությունը [**8**]:

Աշխարհում պետական աջակցության շրջանակներում գերիշխում են միանվագ աջակցությունները կամ հարկային արտոնությունները երկրաջերմային պոմպեր տեղադրելու համար, օրինակ՝ Կանադայում մինչև 4000 ամերիկյան դոլար աջակցություն են տրամադրում երկրաջերմային պոմպերի տեղադրման համար, Դանիայում երկրաջերմային պոմպերի տեղադրման դեպքում որոշակի ֆինանսավորում են ապահովում, Ֆրանսիայում հարկային խթանման միջոցներ են իրականացնում, Իտալիայում «սուպերբոնուսով» հարկային բեռի նվազեցում է կատարվում, Լյուքսեմբուրգում երկրաջերմային պոմպերի տեղադրման ծախսերը մինչև 25% փոխհատուցում են, Մալթայում մինչև 1000 ֆունտ ստեռլինգ (1348 ԱՄՆ դոլար) դրամաշնորհի են տրամադրում, իսկ Մեծ Բրիտանիայում 5000 ֆունտ ստեռլինգ (6744 ԱՄՆ դոլար) օդային ջերմային պոմպերի համար և 6000 ֆունտ ստեռլինգ (8093 ԱՄՆ դոլար) հատկացնում տնային տնտեսություններին՝ երկրաջերմային պոմպեր տեղադրելու համար: Իսկ Նյու Յորքում 15 մլն. դոլար դրամագլխով հիմնադրամներ են ստեղծվել՝ համայնքային երկրաջերմային պոմպերի համակարգերի ներդրման համար [**10**]:

Հայաստանում պետությունը նույնպես կարող է զգալիորեն աջակցել դրանց կիրառմանը՝ համայնքային և պետական նշանակության կառույցների ջերմամատակարարումը ֆինանսավորելու միջոցով: Իսկ ազգաբնակչության և բիզնեսի համար՝ հարկային, ներդրումային արտոնությունների տրամադրման կամ բանկային տոկոսադրույքների մի մասը իր կողմից փոխհատուցելու միջոցով կարող է աջակցություն ապահովել:

Եթե Հայաստանում, սովորական առանձնատների սեփականատերերի համար բարձր գների պատճառով այն կարող է դեռևս հրապուրիչ չլինել, ապա մասնավոր բիզնեսի կողմից իրականացվող օբյեկտների՝ ջերմոցների, արտադրական կառույցների, հյուրանոցների, սպորտային համալիրների համար, դա այդքան էլ ծանր բեռ չի և կարելի է լայնորեն կիրառվել իրենց առավելությունների շնորհիվ, իհարկե հատուկ հիմնադրամների, կամ պետական աջակցության մեխանիզմների շնորհիվ:

Պետք է նաև լայնորեն նպաստել ջերմային պոմպերի (այդ թվում երկրաջերմային պոմպերի) վերաբերյալ տեղեկատվության ապահովմանը:

Առաջարկվում է նաև Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում (ՀԱՊՀ) և Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարանում (ՀԱԱՀ) պետական ֆինանսավորման

միջոցներով պատրաստել ջերմային պոմպերի նախագծման և շահագործման (այդ թվում երկրաջերմային պոմպերի) մասնագետներ:

Կարևոր է նաև միջազգային փորձի ուսումնասիրությունը, համագործակցությունը արտասահմանյան առաջատար կազմակերպությունների հետ:

Միաժամանակ պետք է արտոնություններ տրամադրել Հայաստանում ջերմային պոմպեր նախագծող, արտադրող և ներմուծող ընկերություններին: Ինչպես նշեցինք, դրանք բարձրտեխնոլոգիական սարքավորումներ են և դա կարող է տեղեկատվական տեխնոլոգիաների ոլորտի հետ համագործակցության բարձր արդյունավետություն ապահովել, սեփական արտադրության արդյունավետ ջերմային պոմպերի արտադրության ինդուստրիա ձևավորելու համար:

Ամփոփում

Հայաստանի էներգետիկ համակարգը, զգալիորեն կախված է ներմուծվող էներգակիրներից՝ բնական գազից և հարստացված ուրանի հումքից: Ընդերքի էներգիան, ինչպես նաև արևային և հողմնային էներգիայի աղբյուրները անսպառ են և Հայաստանի համար դրանց արդյունավետ օգտագործումը էներգետիկ և այլ նպատակների համար նույնիսկ քննարկման թեմա չէ: Այդ տեսակետից բավականին հեռանկարային է երկրաջերմային էներգետիկան և առանձնապես ջերմային պոմպերի կիրառումը:

Տնտեսական գործոնը մեծ դեր է խաղում ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման համար երկրաջերմային պոմպերի օգտագործման հնարավորությունը դիտարկելիս: Սովորական երկրաջերմային ջեռուցման համակարգերի տեղադրումը կարող է արդյունավետ միջոց լինել էներգիայի ծախսը նվազեցնելու համար: Միաժամանակ դրանք՝ ժամանակակից և գործնականում անվտանգ և էկոլոգիապես մաքուր տեխնոլոգիաներ են: Ջերմային պոմպերի օգտագործումը ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման համար, ավանդական մեթոդների հետ համատեղ, Հայաստանի համար կարող է թուլացնել էներգետիկ համակարգի լարվածությունը և էներգետիկ կախվածությունը՝ միաժամանակ մեծացնելով էներգետիկ անվտանգության մակարդակը: Չմոռանաք, որ սրանք էներգիայի անսպառ և էժան աղբյուր են ապահովում և կախված չեն այլ ռեսուրսներից: Երկրաջերմային պոմպերը, որոնք ունեն աշխատանքի բավականին պարզ սկզբունք, սպառողի ուշադրությունը գրավում են իրենց արդյունավետությամբ, քանի որ իդեալական լուծում են ջեռուցման, ջրամատակարարման և օդորակման խնդիրները: Հայաստանում պետք է լուրջ ուշադրություն դարձնել այդ երկրաջերմային համակարգերի լայն ներդրմանը և դրանցում նորարական տեխնոլոգիաների կիրառմանը:

Օգտագործված գրականության ցանկ

1. **Ռ. Զ. Հակոբյան**, Ընդերքի յուրացման գեոտեխնոլոգիական եղանակները, ՀՊՃՀ, Երևան, Ճարտարագետ 2017
2. **Ս. Մանուկյան, Ս. Բաղդասարյան, Վ. Վեզիրյան**, Երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացման տնտեսական ասպեկտները Հայաստանում // Научно-аналитический журнал «Регион и мир». Обшественный институт политических и социальных исследований Черноморско-Каспийского региона, N1, 2019, էջ 49-58
3. **Ս. Մանուկյան, Ս. Գ. Բաղդասարյան**, Երկրաջերմային (գեոթերմալ) ռեսուրսների յուրացման գերմանական փորձի կիրառման հնարավորությունները Հայաստանում // «Այլընտրանք» եռամսյա գիտական հանդես, հոկտեմբեր-դեկտեմբեր N4, 2018, էջ 75-88
4. **Ս. Մանուկյան**, Երկրաջերմային (գեոթերմալ) էներգետիկայի զարգացման հեռանկարները Հայաստանում // Научно-аналитический журнал «Регион и мир». Обшественный институт политических и социальных исследований Черноморско-Каспийского региона, N2, 2016, էջ 30-40
5. **Mathias Bauer, Will Freeden, Jans Jacobi, Thomas Neu**, Handbuch Tiefe Geothermie, Prospektion, Exploration, Realisierung, Nutzung, Springer Spectrum, 2014
6. **Mathias Bauer, Will Freeden, Jans Jacobi, Thomas Neu**, Handbuch Oberflaechennahe Geothermie, Springer Spectrum, 2018
7. **Volker Quaschning**, Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Hintergründe Techniken und Planung Ökonomie und Ökologie Energiewende, Hanser, 2018
8. Renewable Energy, Power for a Sustainable Future, Edited by Stephen Peake, Oxford, 2018
9. **Ս. Մանուկյան**, Համաշխարհային էներգետիկայի ժամանակակից միտումները և զարգացումները // Научно-аналитический журнал «Регион и мир». Обшественный институт политических и социальных исследований Черноморско-Каспийского региона, N2, 2018, էջ 42-52
10. REN21, Renewable 2022, Global Status Report, 2022
11. https://www.geopumps.ru/catalog/geotermalnye-nasosy/

Сдана/Հանձնվել է՝ 13.11.2022
Рецензирована/Գրախոսվել է՝ 21.11.2022
Принята/Ընդունվել է՝ 28.11.2022