

M.G. GHAZARYAN

**ESTIMATION OF INDIVIDUAL DOSES ON FOOD CHAINS
FORMED AT NPP OPERATION**

A careful analysis of radionuclide migration in the environment, and also in food and biological chains is carried out, as a consequence of that the general scheme of migration has been constructed. The individual equivalent doses of irradiation of people formed at NPP operation both on separate food chains, and at general observations are estimated.

Keywords: individual equivalent dose, food and biological chains, radionuclides migration, accumulation factor, maximum permissible dose.

ՀՏԴ 621.577

Ռ.Գ. ԽԱԶԱՏՐՅԱՆ

**ՋԵՐՄԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ ԷՆԵՐԳԱԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԲԱՐՁՐԱՑՈՒՄԸ ՋԵՐՄԱՊՈՄՊԱՅԻՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ**

Դիտարկվում է բրոմիլիթիումային աբսորբցիոն և շոգեկոմպրեսորային ջերմային պոմպերի օգտագործման հնարավորությունը՝ ջերմամատակարարման տարատեսակ համակարգերում ջերմային էներգիայի արտադրության արդյունավետությունը բարձրացնելու համար:

Առանցքային բաներ. ջերմային պոմպ, փոխակերպման գործակից, էներգախնայողություն:

Օրգանական վառելիքի լրիվ կամ մասնակի փոխարինումը տեղական վերականգնվող կամ թափոնային ցածրպոտենցիալային (5...40°C) ջերմության աղբյուրներով (արդյունաբերական և կենցաղային հոսքաջրեր, երկրաջերմային աղբյուրներ, գետերի և լճերի ջերմություն և այլն) էներգախնայողության և շրջակա միջավայրի պաշտպանության հեռանկարային ուղղություն է [1]: Դա հատկապես արդիական է Հայաստանի հանգստյան գոտիների համար:

Փորձը ցույց է տվել, որ ջերմամատակարարման ինքնավար համակարգերը ջերմային պոմպերի (ՋՊ) հիման վրա $t_{տաք} < 65^{\circ}\text{C}$ ջերմակրի ջերմաստիճանի դեպքում ջեռուցվող շինություններում ապահովում են պահանջվող հարմարավետ պայմանները ջեռուցման ողջ սեզոնի ընթացքում: Արտասահմանում շահագործման արդյունաբերական փորձնական ռեժիմում հետազոտվել և կատարելագործվել են ջերմամատակարարման որոշակի տեխնոլոգիաներ ցածրպոտենցիալային ջերմության առավել տարածված աղբյուրների՝ մաքրված և չմաքրված

հոսքաջրերի, ստորգետնյա արտեզյան ջրերի և արդյունաբերական հոսքաջրերի հիման վրա: Շոգեկոմպրեսորային ջերմային պոմպերի (ՇԿՋՊ) հիման վրա ջերմապոմպային տեղակայանքները (ՋՊՏ) հիմնականում կիրառություն են գտել կենցաղում, իսկ աբսորբցիոն բրոմլիթիումային ջերմային պոմպերը (ԱԲՋՊ)՝ արդյունաբերության մեջ:

Ջերմային պոմպի աշխատանքի ընթացքում միշտ տեղի ունի (1) հարաբերակցությունը.

$$Q_{\varrho} + Q_{m,\varrho} = N_e + Q_0: \quad (1)$$

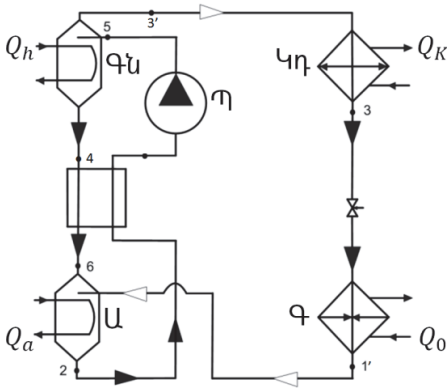
Պրոցեսի արդյունավետությունը բնութագրում է φ փոխակերպման գործակցի թվային արժեքը.

$$\varphi = \frac{Q_{\varrho} + Q_{m,\varrho}}{N_e} = 1 + \frac{Q_0}{N_e}, \quad (2)$$

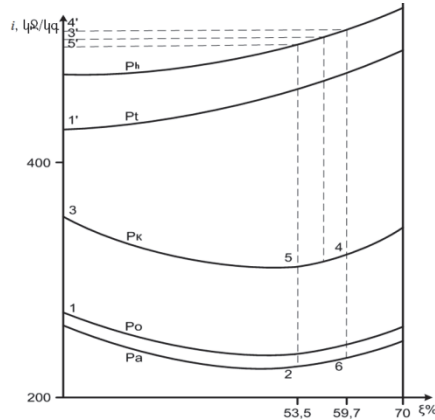
որը միշտ մեկից մեծ է: ՋՊ կիրառման արդյունքում էներգա- և ռեսուրսախնայողությունը ձեռք է բերվում ներկրվող բնական գազի փոխարեն տեղական երկրորդային թափոնային և վերականգնվող ջերմության աղբյուրների օգտագործման հաշվին: Առևտրային ջերմությունը $Q_{\varrho} + Q_{m,\varrho}$ արտադրվող $\varphi=4$ դեպքում 75%-ով բաղկացած է այդ աղբյուրների փոխակերպված ջերմությունից Q_0 : Դա, ըստ էության, անվճար տեղական էներգետիկական հումք է, որը ՋՊ-ում էլեկտրաէներգիայի համեմատաբար ոչ բարձր ծախսերի հաշվին N_e (25%) փոխակերպվում է ցածր ինքնարժեքով էկոլոգիապես մաքուր առևտրային ջերմության:

Ջերմության փոխանցման պրոցեսները աբսորբցիոն մեքենաներում կատարվում են համատեղ ուղիղ և հակառակ թերմոդինամիկական ցիկլերի միջոցով՝ ի տարբերություն ՇԿՋՊ-երի, որոնցում բանող մարմինը (ֆրեոն) իրականացնում է միայն հակառակ թերմոդինամիկական ցիկլ:

Ջեռուցման համակարգում աբսորբցիոն ջերմային պոմպի աշխատանքի տեսական հաշվարկն իրականացվում է ըստ ξ, i – դիագրամի $H_2O + LiBr$ լուծույթի համար [2]: ξ -ը կոնցենտրացիան է ըստ լիթիումի բրոմիդի, %, իսկ i -ը՝ էնթալպիան, կՋ/կգ: Նկ. 1-ում ներկայացված է աբսորբցիոն տեղակայանքի սխեման, նկ. 2-ում՝ նշված հանգուցային կետերում պրոցեսի պարամետրերը ξ, i – դիագրամի վրա:



Նկ. 1. ԱԲՋՊ-ի ջերմային սխեման.
 Ա – արսորբեր; Գն – գեներատոր;
 Կդ – կոնդենսատոր; Պ – պոմպ;
 Գ – գոլորշացուցիչ



Նկ. 2. Արսորբի թրոմբիթիումային մեքենայի հանգուցային կետերը՝
 ξ, i – կոնդենսացիան և էնթալպիան դիագրամի վրա

ԱԲՋՊ-ի աշխատանքի ընթացքում արսորբերից և կոնդենսատորից հեռացվում է համապատասխան սորբցիայի Q_a և կոնդենսացման Q_k պրոցեսների ջերմությունը, որը փոխանցվում է տաքացվող ջերմակրին, օրինակ, ցանցային ջրին:

$$COP = (Q_a + Q_k) / Q_h = 1 + Q_0 / Q_h:$$

որտեղ Q_h -ը գեներատորում տաքացնող (բարձրպոտենցիալային) ջերմակրի հաղորդած (ծախսված) ջերմությունն է, Q_0 -ը՝ գոլորշացուցում հովացվող (ցածրպոտենցիալային) ջերմակրից խլված ջերմության քանակությունը:

ԱԲՋՊ-ի արդյունավետությունը COP մեծապես կախված է այն ջերմաստիճանային միջակայքից, որում շահագործվում է [1]: Որքան վերջինս նեղ է, այնքան բարձր են տեղակայանքի էներգետիկական ցուցանիշները: Տաքացվող ջերմակրի մինչև մոտ 85°C և օգտահանվող ջերմադրյուրի մոտ 20°C ջերմաստիճանների դեպքում լուծույթի միաստիճան ռեգեներացիայով ԱԲՋՊ-ի ջերմության փոխակերպման գործակիցը՝ $COP=1,65...1,75$:

Բոլոր տեսակի ԱԲՋՊ-երի դեպքում վառելիքի տեսակարար ծախսը կաթասայի համեմատ 35...50%-ով ցածր է, դա նշանակում է, որ վառելիքի օգտագործման արդյունավետությունը 1,5...2 անգամ բարձր է, քան կաթասայում: Օրինակ՝ երբ ջերմային էներգիայի արտադրության ջերմապոմպային գործակիցը հավասար է $\eta_{ջպ} = 1,795$, շնորհիվ $15...40^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանով ցածրպոտենցիալային ջերմության տեղական աղբյուրների օգտագործման՝ ԱԲՋՊ-ի իդեա-

լական ցիկլը ապահովում է վառելիքի ջերմության տեսակարար տնտեսում՝ $\Delta B = 1 - 1,795^{-1} = 0,443$ կամ 44,3%:

Ներկայումս աբսորբցիոն տեխնիկայի արտադրողներն առաջարկում են այնպիսի ԱԲՋՊ-եր, որոնք անհրաժեշտության դեպքում կարող են միաժամանակ աշխատել որպես սառնարանային մեքենաներ՝ ապահովելով սառը ջրի մատակարարում $7/12^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային գրաֆիկով: Արդյունքում, ինչն անկարևոր չէ, գործնականորեն բոլոր դեպքերում հնարավոր է ապահովել աբսորբցիոն տեղակայանքի անընդհատ շուրջտարյա շահագործում:

[3]-ում ներկայացվել են հանրային (ադմինիստրատիվ) շենքի համար ջերմա- և ցրտամատակարարման աղբյուրների երկու տարբերակի տեխնիկատնտեսական համեմատման տվյալները: Առաջին տարբերակում և՛ ջեռուցումը, և՛ օդորակումը իրականացվում է ջերմաէլեկտրակենտրոնից առաքվող տաք ջրի հաշվին աշխատող աբսորբցիոն մեքենաներով, որոնք նաև ջերմության աղբյուր են ծառայում տաք ջրամատակարարման համար: Երկրորդ տարբերակում ջեռուցումն իրականացվում է սեփական կաթսայատնից, իսկ օդորակումը՝ շոգեկոմպրեսորային սառնարանային մեքենաների կիրառմամբ: Տեխնիկատնտեսական հաշվարկները ցույց են տալիս, որ տաք ջուրը կամ հեռացող ծխազագերի ջերմությունը որպես հիմնական էներգետիկական աղբյուր օգտագործող աբսորբցիոն մեքենաների կիրառումը առավել նպատակահարմար է և ցածր շահագործման ծախսերի շնորհիվ տալիս է զգալի տնտեսական օգուտ, որը խոշոր շենքերի դեպքում կարող է հասնել տարեկան տասնյակ հազար եվրոյի:

Խոշոր արդյունաբերական ձեռնարկություններում ԱԲՋՊ-երի հիման վրա ջերմային հզորության լայն միջակայքում շահագործվում են բարձրարդյունավետ էներգախնայող ջերմա- և ցրտամատակարարման համակարգեր [4], որոնք բավարարում են շրջապատող միջավայրի պաշտպանության ամենախիստ պահանջները:

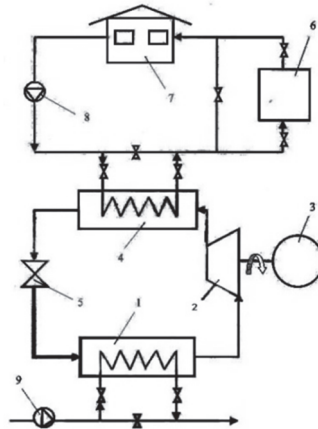
ԱԲՋՊ-երի արտադրության լայն տարածումն արտասահմանում պայմանավորված է բարձր սպառողական հատկանիշներով. էկոլոգիական մաքրություն, էներգիայի նվազագույն օգտագործում, ավտոմատացված, անաղմուկ աշխատանք, ծառայության երկար ժամկետ: Դրանց աշխատանքի սկզբունքի, ավտոմատացված կառավարման համակարգի, պոմպերի բոլոր էլեկտրական շարժիչների հաճախականային կարգավորման և մի շարք այլ տեխնիկական լուծումների շնորհիվ աբսորբցիոն մեքենաները զգալի առավելություն ունեն՝ համեմատած կոմպրեսորայինների հետ: Առաջին հերթին, դրանք ապահովում են ավելի բարձր արդյունավետություն բեռնվածքի լայն տիրույթում և էլեկտրաէներգիայի սպառման ցածր մակարդակ:

Շոգեկոմպրեսորային ՋՊ աշխատանքի տնտեսական ցուցանիշները հիմնականում որոշվում են էլեկտրաէներգիայի սակագներով: Փոխակերպման գործակցի $\varphi=4$ միջին տարեկան արժեքի դեպքում էներգիայի ծախսերը կկազմեն մոտ 290 կՎտ/Գկալ: ՋՊՏ-ի ավտոմատացման բարձր աստիճանը թույլ է տալիս նվազագույնի հասցնել ջերմապոմպային տեխնիկայի սպասարկման բոլոր այլ տեսակի ծախսերը: Էներգածախսի տեսակարար մասն արտադրվող ջերմության լրիվ ինքնարժեքում կարելի է գնահատել 85...90%-ի չափով: Հետևաբար, 46,2 դր/կՎտ էլեկտրաէներգիայի սակագնի դեպքում ՋՊՏ-ով արտադրվող ջերմության ողջ ինքնարժեքը կկազմի մոտ 14,9 հզ. դր/Գկալ կամ 12,8 դր/կՎտ: Համեմատության համար նշենք, որ Հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողովի կողմից սահմանված ջեռուցման համար ջերմային էներգիայի միադրույք սակագինը 19 դր/կՎտ է:

Չնայած որ ջերմային պոմպերը կարող են արտադրել համեմատաբար էժան առևտրային ջերմություն, ջերմամատակարարման ջերմապոմպային համակարգերի ներդրումային գրավչությունը դեռևս ցածր է կապիտալ ծախսերի համեմատաբար երկար հետզնման ժամկետների պատճառով: ՋՊ հետզնման ժամկետը նվազեցնելու հնարավոր եղանակներից է տեղակայված հզորության օգտագործման ժամերի թվի ավելացումը:

Ջերմապոմպային տեխնիկայի ներդրումային գրավչությունը բարձրացնելու համար անհրաժեշտ է գոնե ջեռուցման սեզոնում ապահովել դրա շարունակական աշխատանքը շահագործման բազային ռեժիմում: Աշխատանքի այդպիսի ռեժիմը հնարավոր է համակցված ջերմաղբյուրների կազմում (ջերմակաթսայատների) գյուղական բնակավայրերի ջեռուցման համար և արդյունաբերական ձեռնարկություններում տեխնոլոգիական ջերմա- և ցրտամատակարարման շուրջտարյա աշխատող համակարգերի կազմում: Ընդ որում, համակցված ջերմաղբյուրի կազմում ՋՊ-ի տեղակայված ջերմային հզորությունը կարող է զգալիորեն ավելի ցածր լինել ջեռուցման համակարգի հաշվարկային բեռնվածքից:

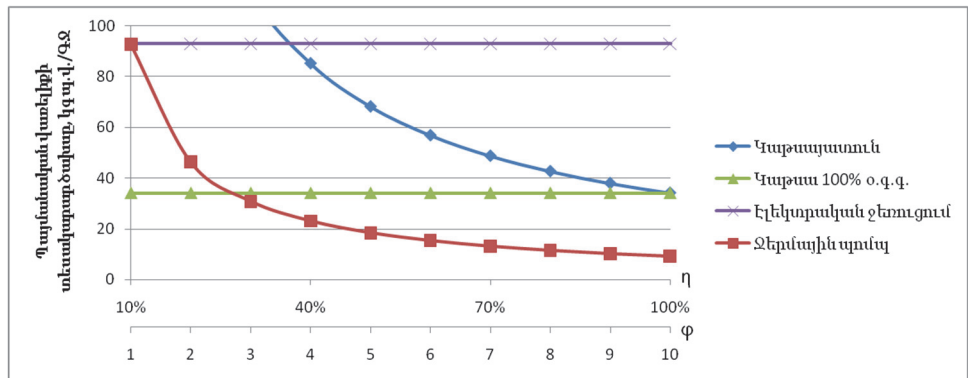
Նկ.3-ում ներկայացված է շոգեկոմպրեսորային ջերմային պոմպի և կաթսայատան համատեղ աշխատանքի սկզբունքային սխեման:



Նկ. 3. ՋՊ-ով համակցված ջերմադրյուրի աշխատանքի սկզբունքային սխեման

Կաթսաների և ՋՊ-երի միացման հաջորդական-զուգահեռ սխեման հնարավորություն է տալիս ապահովել էներգաարդյունավետության բարձր ցուցանիշներ:

Օրինակ, ՋՊ-ում ջեռուցման համակարգի հետադարձ ցանցային ջրի մինչև 56°C տաքացման դեպքում կունենանք՝ $7,5 \geq \varphi \geq 3,6$ համապատասխանաբար վերականգնվող և թափոնային աղբյուրների $30 \geq t \geq 5^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանների միջակայքի համար: Այդպիսի պայմաններում միշտ ավելի ձեռնտու է օգտագործել ՋՊ-երը, այլ ոչ թե օրգանական վառելիքով աշխատող կաթսաները (նկ.4):



Նկ. 4. Ջերմության արտադրության վրա վառելիքի միջին տեսակարար ծախսը

Վերականգնվող և թափոնային ջերմության աղբյուրների օգտագործման շնորհիվ ՋՊ-երը կարող են ունենալ ավելի բարձր էներգաարդյունավետության տեսակարար ցուցանիշներ, քան օրգանական վառելիքով աշխատող կաթսայատները և բարձր արդյունավետությամբ ՋԷՑ-երը: Սակայն հարկ է ընդգծել, որ

միայն 2,45-ից բարձր փոխակերպման գործակցի արժեքների դեպքում ՇԿՁՊ-երը չեն զիջում 90% օ.գ.գ.-ով ժամանակակից կաթսայատներին:

Կաթսաները նպատակահարմար է օգտագործել ՁՊ-ից հետո ջերմակրի լրացուցիչ տաքացման համար: Ջերմության համակցված արտադրությունը թույլ է տալիս բարձրացնել ջերմամատակարարման ընդհանուր հուսալիությունը, քանի որ աղբյուրներից մեկի աշխատանքի ընդհատումը չի հանգեցնի սպառիչներին ջերմության առաքման առհասարակ ընդհատման: Բացի այդ, ցածրպտենցիալային ջերմության տեղական աղբյուրների օգտագործման շնորհիվ իրականացվում է ներկրվող օրգանական վառելիքի տնտեսում և վնասակար արտանետումների զգալիորեն կրճատում տեղական և տարածաշրջանային մակարդակներով:

Եզրակացություններ. ԱԲՁՊ-ում օգտահանվող էժան 15...40°C ջերմաստիճանով ցածրպտենցիալային ջերմության մասնաբաժինն առևտրային ջերմության մեջ կազմում է մոտ 40%:

Ջերմային պոմպերով արտադրվող ջերմության ցածր ինքնարժեքի և էկոլոգիապես մաքուր լինելու շնորհիվ դրանք կարող են մրցակցնել օրգանական վառելիքի տեսակների հիման վրա ավանդական աղբյուրների հետ:

Հաշվի առնելով ջեռուցման ժամանակաշրջանում ջերմային բեռնվածքների բաշխման բնույթը՝ համակցված ջերմաաղբյուրի կազմում ՁՊ-ն ընդունակ է աշխատանքի բազային ռեժիմում ծածկել սեզոնային ջեռուցման բեռնվածքի զգալի մասը և ապահովել էներգաարդյունավետության բարձր ցուցանիշներ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Развитие энергосбережения на базе инновационной технологии абсорбционных тепловых насосов / **В.Н. Романюк, А.А. Бобич и др.** // Энергоэффективность. - 2013. - № 2. - С. 28 - 30.
2. **Баев В.Р., Суворов Д.М.** Об энергетической целесообразности использования абсорбционных тепловых насосов для теплоснабжения // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-16 декабря 2011 г. - Екатеринбург: УрФУ, 2011. – С. 22-25.
3. **Максимук Е.П.** К проблеме повышения величины и годовой равномерности полезной тепловой нагрузки теплоэлектроцентралей города Кишинева // Проблемы региональной энергетики. - 2010. – № 1. – С. 61-65.
4. **Горшков В.Г.** Промышленный опыт и перспективы использования отечественных абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин и тепловых насосов нового поколения [Текст] // Холодильная техника. - 2007. - № 8. - С. 23 - 29.

Ր.Գ. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

Рассматривается возможность использования бромистолитиевых абсорбционных тепловых насосов и парокомпрессионных тепловых насосов для повышения эффективности производства тепловой энергии в различных типах отопительных систем.

Ключевые слова: тепловые насосы, коэффициент преобразования, энергосбережение.

R.G. KHACHATRYAN

**INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY BASED
ON HEAT PUMP TECHNOLOGIES**

The possibility of using lithium bromide absorption heat pumps and vapor compression heat pumps to increase the efficiency of thermal energy production in various types of heating systems is considered.

Keywords: heat pumps, coefficient of performance, energy saving.

ՀՏԴ 621.039.54

Ա.Ա. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ա.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

**ԱՇԽԱՏԱԾ ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՎԱՌԵԼԻՔԻ ՉՈՐ ՊԱՀՊԱՆՄԱՆ
ՊԱՀԵՍԱՐԱՆԻ ԶԵՐՄԱՀԻԴՐԱՎԼԻԿԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ**

Փորձ է արված հաշվարկել աշխատած միջուկային վառելիքի՝ թաց եղանակով պահման ավազանում պահման ժամանակահատվածը, որից հետո մնացորդային ջերման ջատումը կունենա այնպիսի արժեք, որ այն հնարավոր կլինի տեղափոխել չոր եղանակով պահման պահեստարան և չոր պահման պահեստարան տեղափոխված աշխատած միջուկային վառելիքի հավաքվածքներով բեռնված կանխսորի մակերևույթից օդի բնական կոնվեկցիայի միջոցով իրականացնել հուսալի ջերմահեռացում:

Առանցքային բաներ. աշխատած միջուկային վառելիք, չոր պահեստարան, մնացորդային ջերման ջատում, ջերմահիդրավիկական հաշվարկ:

Միջուկային վառելիքի ջերման ջատից հավաքվածքները (ՋԱՀ) ռեակտորում իրենց երեք աշխատաշրջանը ավարտելուց հետո դուրս են բերվում ռեակտորից և տեղափոխվում թաց եղանակով պահման պահեստարան, որտեղ որոշակի ժամանակ պահվելուց հետո տեղափոխվում են միջանկյալ պահեստարան