

**Ո.Ձ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ե.Ռ. ՇԱՄԱՄՅԱՆ**

**ԿՈՆԴԵՆՍԱՑԻՈՆ ԿԱԹՍԱՆԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ  
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

Հետազոտվել է կոնդենսացիոն կաթսաների աշխատանքը Երևանի բնակլիմայական պայմաններում: Հաշվարկվել են կոնդենսացիոն կաթսայի օ.գ.գ.-ն և գազի տնտեսման չափը տարվա կտրվածքով: Ստացված տվյալները Երևանի պայմաններում ունեն տիպարային բնույթ:

**Առանցքային բառեր.** վառելիք, կոնդենսացիոն կաթսա, ջեռուցում, տաք ջրամատակարարում, ջեռուցման մարտկոց:

Ջերմային էներգիայի արտադրությունը ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման համար նույնքան կարևոր նշանակություն ունի հասարակության համար, որքան, օրինակ, էլեկտրաէներգիայի արտադրությունը: Ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման համար օգտագործվում է հսկայական քանակությամբ վառելիք կամ էներգիայի սկզբնական աղբյուր՝ հատկապես ձմեռային ժամանակահատվածում: Ըստ Միջազգային էներգետիկական գործակալության տվյալների [1]՝ աշխարհում 2016 թ. էներգիայի բոլոր տեսակների առաջնային աղբյուրներից արտադրվել է  $4 \cdot 10^{12}$  կՎտժ ջերմային էներգիա, որից 88.8 %-ը բաժին է ընկնում ածխին, նավթին, բնական գազին՝ օրգանական վառելիքին: Չնայած էներգիայի վերականգնվող տեխնոլոգիաների զարգացման աճի արագընթաց տեմպերին՝ մոտ ապագայում դեռևս օրգանական վառելիքի միջոցով ջերմային էներգիայի արտադրությունը կունենա առաջնահերթություն: Հայաստանում ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման համար հիմնականում օգտագործվում են բնական գազ և էլեկտրաէներգիա: Թեև վերջին տարիներին բնակչության կողմից լայնորեն կիրառվում են արևային ջրատաքացուցիչները, այդուհանդերձ, դրանք ջեռուցման նպատակներով ոչ արդյունավետ են, իսկ հիմնական էներգածախսը ձմեռային սեզոնում շենք/շինություններից ջերմային կորուստների փոխհատուցումն է:

Բնականաբար, խնդիր է առաջանում ջերմային էներգիայի ստացման պրոցեսում կաթսաներում վառելիքի այրման ջերմությունը ջերմակրին (ջուր) փոխանցել հնարավորինս բարձր արդյունավետությամբ, այսինքն՝ ստանալ կաթսաների օգտակար գործողության գործակցի (օ.գ.գ.) առավելագույն ցուցանիշ: Ջրատաքացուցիչ կաթսաների օ.գ.գ.-ն հասել է առավելագույնը 93 % ցուցանիշին: Հիմնական կորուստները հեռացող այրման արգասիքների հետ ջերմության

կորուստներն են, քանի որ դրանց ջերմաստիճանը համեմատաբար բարձր է՝ մոտավորապես 150 °C: Չնայած ջերմակրի ջերմաստիճանը կարող է լինել ընդհուպ մինչև 30 °C, այնուամենայնիվ, պայմանավորված ցողի կետի ջերմաստիճանով և ծխագազերում առկա ջրային գոլորշիների կոնդենսացման վտանգով, մինչև վերջերս այդ նվազագույն սահմանը պահպանվում էր: Սակայն վերջին տարիներին աշխարհում և հատկապես Եվրոպայում արտադրվեցին կոնդենսացիոն կաթսաներ, որոնք, շնորհիվ լրացուցիչ ջերմափոխանակման մակերևույթի, հնարավորություն տվեցին ծխագազերի խոր հովացման, որն ուղեկցվում է նաև ջրային գոլորշիների կոնդենսացմամբ՝ թաքնված ջերմաքանակի անջատմամբ: Այդ գործընթացը հանգեցրեց կոնդենսացիոն կաթսաների արդյունավետության բարձրացմանը մինչև 107 %՝ ծխագազերի ջերմաստիճանը հասցնելով մինչև 40-50 °C: Պարզ համեմատությունը ցույց է տալիս, որ կոնդենսացիոն կաթսաները կարող են տնտեսել 15 % վառելիք: Սակայն, կախված բնակլիմայական պայմաններից (դրսի օդի ջերմաստիճան) և ջերմակրի ջերմաստիճանից, այդ ցուցանիշը կարող է փոփոխվել:

Կոնդենսացիոն կաթսաների արդյունավետությունը Երևանի բնակլիմայական պայմաններում հետազոտելու համար դիտարկենք ձմեռային ժամանակահատվածում դրսի օդի ջերմաստիճանի և վերջինիս տևողության փոփոխությունները, այնուհետև դրա կապը ջեռուցման համակարգում ջրի մուտքային և ելքային ջերմաստիճանների հետ, որն էլ կորոշի կաթսայի արդյունավետությունը:

Ըստ «ՀՀ շինարարական կլիմայաբանություն» տեղեկատուի տվյալների՝ Երևանում ջեռուցման սեզոնը 140 օր է, և դրսի օդի ջերմաստիճանը փոփոխվում է -19 °C...+ 8 °C, որոնց տևողությունները ներկայացված են աղ. 1-ում:

Աղյուսակ 1

Երևանում ջեռուցման սեզոնում դրսի օդի ջերմաստիճանների տևողությունները

Դրսի օդի ջերմաստիճանը, °C	-19...-15	-14.9...-10	-9.9...-5	-4.9...0	0.1...+5	+5...+8
Տևողությունը, ժամ	72	169	395	993	1139	592
Մասնաբաժինը, %	2.1	5	11.8	29.6	33.9	17.6

Ինչպես երևում է աղ. 1-ից, դրսի օդի -19...-10 °C ջերմաստիճանների տևողությունը կազմում է գումարային տևողության 7.1 %-ը, իսկ -4.9...+8 °C-ը՝ 81.1 %:

Հետևաբար, նախնական գնահատմամբ կարող ենք ասել, որ ձմեռային ժամանակահատվածում հիմնականում կոնդենսացիոն կաթսաները կարող են աշխատել արդյունավետ: Փորձենք ավելի մանրամասն հետազոտել գործընթացը [2,3]:

Շենք/շինություններից հաշվարկային ջերմային կորուստները որոշվում են հետևյալ բանաձևով.

$$Q' = x_{\rho} V (t'_{\text{ն}} - t'_{\text{դ}}), \quad (1)$$

որտեղ  $Q'$ -ը ջեռուցման հաշվարկային ջերմաքանակն է,  $\text{Վտ}$ ,  $x_{\rho}$ -ն՝ ջեռուցման ջերմային բնութագիրը,  $\text{Վտ/մ}^3 \text{ աստ.}$ ,  $t'_{\text{ն}}$ -ը՝ ներսի օդի հաշվարկային ջերմաստիճանը,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $t'_{\text{դ}}$ -ը՝ դրսի օդի հաշվարկային ջերմաստիճանը,  $V$ -ն՝ ծավալը,  $\text{մ}^3$ :

Իսկ ոչ հաշվարկային ջերմային կորուստները կորոշվեն.

$$Q = x_{\rho} V (t'_{\text{ն}} - t_{\text{դ}}), \quad (2)$$

որտեղ  $Q$  -ն ջեռուցման ջերմաքանակն է,  $\text{Վտ}$ , դրսի օդի  $t_{\text{դ}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , ջերմաստիճանի դեպքում:

Հաշվարկային ջերմային կորուստների արդյունքով ընտրվում են ջեռուցման մարտկոցները՝ երկխողովականի համակարգի դեպքում  $80/60$   $^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանային գրաֆիկով: Եվ քանի որ կարգավորման եղանակը հիմնականում քանակական է, ապա հաստատուն ծախսի դեպքում փոփոխվում են մուտքի և ելքի ջերմաստիճանները: Այդ դեպքում, կախված դրսի օդի ջերմաստիճանից, փոփոխվում են ջերմային կորուստները, և համապատասխանաբար՝ ջեռուցման մարտկոցի մուտքում և ելքում ջերմակրի ջերմաստիճանները: Վերջինս կարող ենք որոշել՝ կազմելով ջեռուցման մարտկոցի ջերմային հաշվեկշռի և ջերմափոխանցման հավասարումները հաշվարկային և ոչ հաշվարկային ռեժիմում.

$$Q' = Gc(\tau'_1 - \tau'_2), \quad (3)$$

$$Q = Gc(\tau_1 - \tau_2), \quad (4)$$

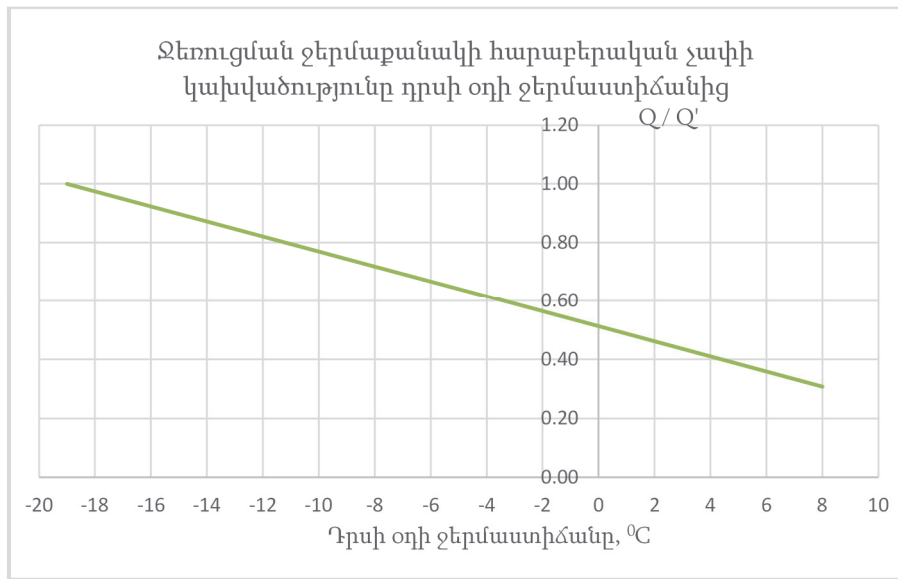
$$Q' = nk_m \Delta T'^{1.3}, \quad (5)$$

$$Q = nk_m \Delta T^{1.3}, \quad (6)$$

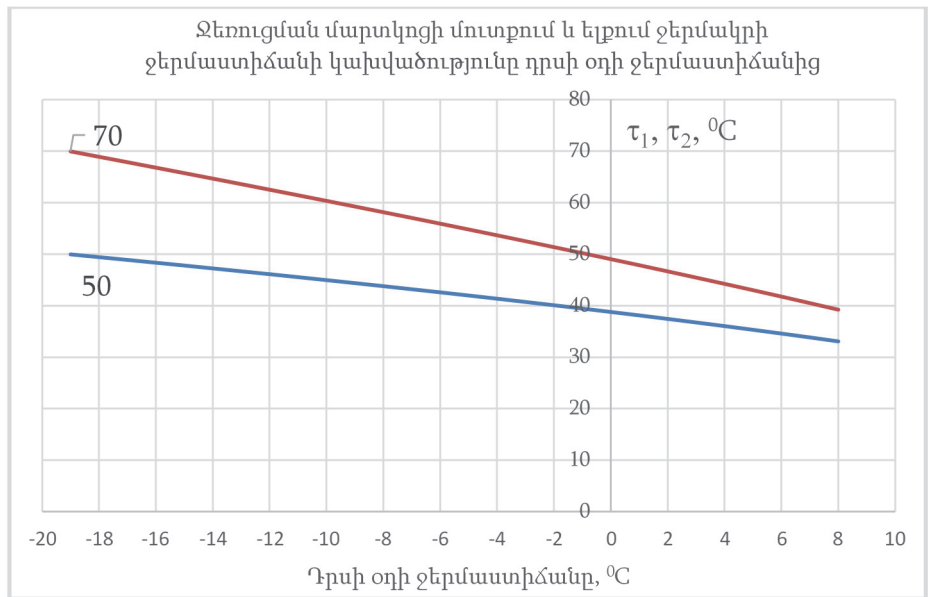
որտեղ  $G$ -ն ջերմակրի ծախսն է ջեռուցման համակարգում,  $\text{կգ/վ}$ ,  $c$ -ն՝ տեսակարար ջերմունակությունը,  $\text{կՋ/կգ աստ.}$ , ջուր ջերմակրի համար  $c = 4.19$   $\text{կՋ/կգ աստ.}$ ,  $\tau'_1$ ,  $\tau'_2$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  -ը՝ ջեռուցման մարտկոցի մուտքում և ելքում ջերմակրի ջերմաստիճանները հաշվարկային և ոչ հաշվարկային ռեժիմներում,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $n$ -ը՝ շենք/շինությունում նախատեսվող մարտկոցների կամ սեկցիաների թիվը,  $k_m$ -ը՝ համեմատականության գործակիցը,  $\Delta T'$  և  $\Delta T$  -ն՝ միջին ջերմաստիճանային տարբերությունը հաշվարկային և ոչ հաշվարկային ռեժիմներում,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$\Delta T' = \frac{\tau'_1 + \tau'_2}{2} - t'_u, \Delta T = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} - t'_u : \quad (7)$$

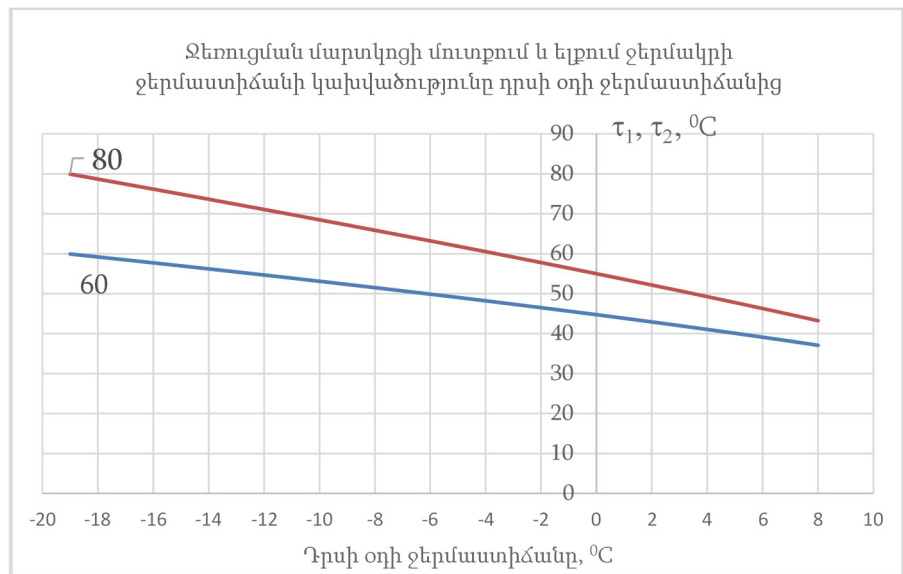
(1)... (7) բանաձևերի համադրման և վերլուծության արդյունքում կարող ենք ստանալ ջեռուցման ջերմային կորուստների հարաբերական չափը, ջեռուցման մարտկոցի մուտքում և ելքում ջերմատարի ջերմաստիճանները՝ կախված դրսի օդի ջերմաստիճանից: Համապատասխան գրաֆիկական առնչությունները բերված են նկ. 1...3-ում:



Նկ. 1. Ջեռուցման ջերմաքանակի հարաբերական չափի կախվածությունը դրսի օդի ջերմաստիճանից Երևանի բնակլիմայական պայմաններում, երբ ներսի օդի ջերմաստիճանը 20 °C է



Նկ. 2. Ջեռուցման մարտկոցի մուտքում և ելքում ջերմափոխի ջերմաստիճանների կախվածությունը դրսի օդի ջերմաստիճանից Երևանի բնակլիմայական պայմաններում, երբ ներսի օդի ջերմաստիճանը 20 °C է (70/50 հաշվարկային ռեժիմում)

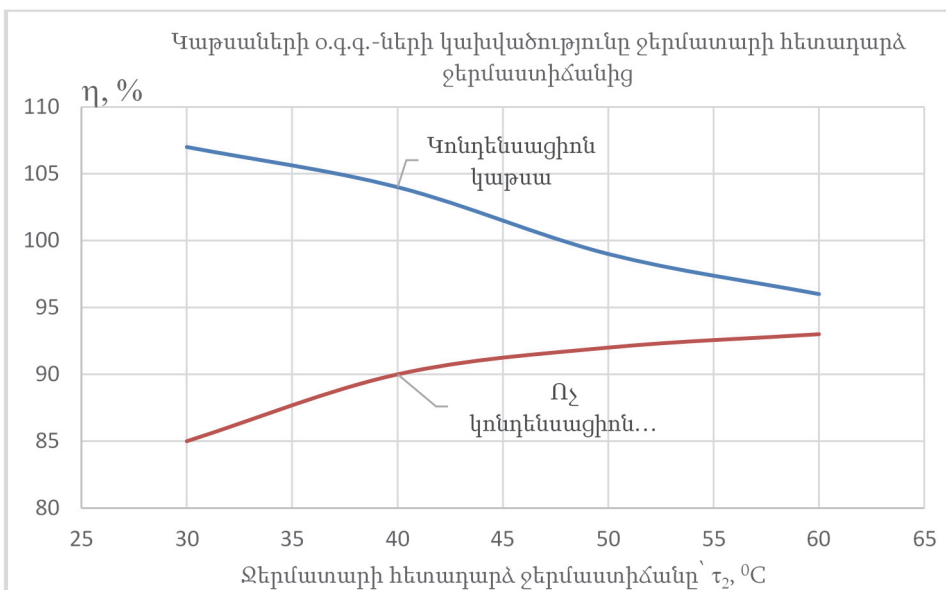


Նկ. 3. Ջեռուցման մարտկոցի մուտքում և ելքում ջերմափոխի ջերմաստիճանների կախվածությունը դրսի օդի ջերմաստիճանից Երևանի բնակլիմայական պայմաններում, երբ ներսի օդի ջերմաստիճանը 20 °C է (80/60 հաշվարկային ռեժիմում)

Նկ. 2...3-ում բերված գրաֆիկներից պարզորոշ է, որ ջեռուցման համակարգում ջերմակրի ավելի ցածր ջերմաստիճաններ ստացվում են 70/50 °C հաշվարկային ռեժիմում: Սակայն ինչպես ցույց են տալիս հաշվարկները, այդ դեպքում ջեռուցման մարտկոցների մակերեսը կամ սեկցիաների թիվը պետք է ավելացնել 33 %-ով, այսինքն՝ ջեռուցման համակարգը պահանջում է լրացուցիչ ներդրումներ: Պահանջում է նաև համեմատական վերլուծություն՝ արդյունավետ տարբերակի որոնման համար:

Կոնդենսացիոն և ոչ կոնդենսացիոն կաթսաների օ.գ.գ.-ների կախվածությունը ջերմակրի հետադարձ ջերմաստիճանից բերված է նկ.4-ում:

Ինչպես տեսնում ենք, ջերմակրի ցածր ջերմաստիճանները կոնդենսացիոն կաթսաներում հանգեցնում են շահավետության բարձրացման, իսկ ոչ կոնդենսացիոն կաթսաներում՝ հակառակը, որը պայմանավորված է տաքացման լրացուցիչ մակերևույթների բացակայությամբ: Հետևաբար, հետադարձ ջերմաստիճանի՝ 30 °C-ի դեպքում վառելիքի տնտեսման չափը կկազմի 26 %, իսկ հետադարձ ջերմաստիճանի 60 °C-ի դեպքում՝ 3 %: Այսինքն՝ վառելիքի տնտեսումը, կախված դրսի օդի ջերմաստիճանից, տատանվում է 3...26 % սահմաններում՝ միջինը 15 %:



Նկ. 4. Կոնդենսացիոն և ոչ կոնդենսացիոն կաթսաների օ.գ.գ.-ների կախվածությունը ջերմակրի հետադարձ ջերմաստիճանից

Երևան քաղաքում 1 մ<sup>2</sup> բնակելի տարածքի հաշվարկային ջերմային կորուստները, կախված դրսի օդի հաշվարկային ջերմաստիճանից և շինությունների կառուցվածքային տարրերից, գնահատվում է մոտավորապես 80 Վտ: Վերևում բերված բանաձևերի հաշվարկմամբ կարող ենք որոշել ձմեռային սեզոնում 1 մ<sup>2</sup> բնակելի տարածքի ջեռուցման ջերմաքանակի կամ վառելիքի տնտեսման չափը՝ կոնդենսացիոն կաթսաներ շահագործելու դեպքում: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ տնտեսման չափը կազմում է 224.5 դր/մ<sup>2</sup>, իսկ 70/50 ջերմաստիճանային ռեժիմով աշխատանքի դեպքում, երբ ավելացվում են սեկցիաները, այդ թիվը կազմում է 327.3 դր/մ<sup>2</sup>: Հետևաբար, եթե հիմք ընդունենք q= 80 Վտ/մ<sup>2</sup> տեսակարար ջերմաքանակը, ապա ցանկացած մակերեսով բնակելի տարածքի համար կարող ենք ստանալ աղ. 2-ում բերված հաշվարկը

Աղյուսակ 2

Բնակելի տարածք	S= 75 մ <sup>2</sup>	S= 100 մ <sup>2</sup>	S= 150 մ <sup>2</sup>	S= 200 մ <sup>2</sup>	S= 250 մ <sup>2</sup>	S= 300 մ <sup>2</sup>
80/60 °C	16800 դրամ	22500 դրամ	33700 դրամ	44900 դրամ	56200 դրամ	67400 դրամ
70/50 °C	24550 դրամ	32700 դրամ	49100 դրամ	65500 դրամ	81800 դրամ	98200 դրամ

Պատահական չէ, որ աղ. 2-ում բերված մակերեսներն ընտրվել են առավելագույնը 300 քմ: Դա պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ կաթսաների ընտրությունն իրականացվում է տաք ջրամատակարարման ապահովման սկզբունքից ելնելով, որի համար կաթսայի հզորությունը պետք է լինի 24 կՎտ, իսկ այս դեպքում 24 կՎտ-ը համարժեք է 300 քմ մակերեսով բնակելի տարածքի ջերմային կորուստների հաղթահարմանը: Ընդ որում, պետք է նշել նաև, որ կաթսաները շուրջտարյա աշխատում են՝ ապահովելով տաք ջրամատակարարում, հետևաբար՝ առկա է վառելիքի տնտեսում նաև տաք ջրամատակարարումից: Եթե ընդունենք, որ օրական օգտագործվում է 400 լ 45 °C տաք ջուր, ապա տնտեսման չափը տարվա կտրվածքով կկազմի 13000 դրամ:

Ինչ վերաբերում է կապիտալ ծախսերին, ապա դրանք գոյանում են կոնդենսացիոն կաթսայի գնի թանկացման և 70/50 °C ջերմաստիճանային ռեժիմում ջեռուցման մարտկոցների թվի ավելացման հետևանքով:

Եթե ընդունենք, որ շուկայում 24 կՎտ հզորությամբ կաթսայի գինը մոտավորապես 200 000 դրամ է թանկ, ապա աղ. 2-ի ձևափոխված տարբերակը, որտեղ երևում են նաև կապիտալ ծախսերը, կներկայացվեն աղ. 3-ի տեսքով:

Կոնդենսացիոն կաթսաների տնտեսական արդյունավետությունը՝ կախված ջեռուցվող շինության մակերեսից

Բնակելի տարածք		S= 75 մ²	S= 100 մ²	S= 150 մ²	S= 200 մ²	S= 250 մ²	S= 300 մ²
80/60 °C	Կապիտալ ներդրումները, դրամ	200000	200000	200000	200000	200000	200000
	Տնտեսման չափը, դրամ/տարի	29800	35500	46700	57900	69200	80400
	Հարաբերությունը, տարի	6.7	5.6	4.3	3.5	2.9	2.5
70/50 °C	Կապիտալ ներդրումները, դրամ	200000+ +60400	200000+ +79300	200000+ +116900	200000+ +156500	200000+ +196000	200000+ +234600
	Տնտեսման չափը, դրամ/տարի	37550	45700	62100	78500	94800	111200
	Հարաբերությունը, տարի	6.9	6.1	5.1	4.5	4.2	3.9

Կատարված հաշվարկների հիման վրա կարելի է կատարել հետևյալ եզրակացությունները.

1. Երևանի բնակլիմայական պայմաններում կոնդենսացիոն կաթսաների կիրառումը արդյունավետ է:

2. Կարելի է հասնել առավելագույն արդյունավետության դրսի օդի համեմատաբար բարձր ջերմաստիճանների ջեռուցման հատակային կամ առաստաղային համակարգերի կիրառման դեպքում:

3. Ջեռուցման-հովացման համակցված համակարգի դեպքում, երբ մարտկոցների փոխարեն օգտագործվում են ֆանկոյլներ՝ 50/40 °C ջերմաստիճանային ռեժիմով, կոնդենսացիոն կաթսաները նույնպես արդյունավետ են:

4. Առավելագույնը կապահանջվի 5-7 տարի կոնդենսացիոն կաթսաների և ջեռուցման մարտկոցների վրա կապիտալ լրացուցիչ ծախսերի փոխհատուցման համար, իսկ 24 կՎտ հզորությամբ կաթսաների դեպքում՝ նվազագույնը 3-4 տարի:

5. Երևանում 100 քմ բնակելի տարածք ունեցող շինության դեպքում տարեկան կոնսումպի 253...326 խմ բնական գազ, իսկ 200 քմ շինության դեպքում՝ 413-561 խմ:

**ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ**

1. Ինտերնետային կայք [www.iea.org](http://www.iea.org) (International Energy Agency)
2. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети.-М.: Изд-во МЭИ, 2001.-472 с.
3. **Справочник** по теплоснабжению и вентиляции. Книга 1-я /Р.В. Щекин, С.М. Корневский и др.- Киев, 1976.- 416 с.

**Վ.Յ. ՄԱՐՈՒԿՅԱՆ, Ե.Ր. ՇԱՄԱՄՅԱՆ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНДЕНСАЦИОННЫХ  
КОТЛОВ В УСЛОВИЯХ Г. ЕРЕВАНА**

Исследована работа конденсационных котлов в климатических условиях города Еревана. Рассчитаны коэффициент полезного действия и размер экономии природного газа в годовом исчислении. Полученные данные для г. Еревана имеют типичный характер.

**Ключевые слова:** топливо, природный газ, конденсационный котел, отопление, горячее водоснабжение, отопительный радиатор.

**V.Z. MARUKHYAN, YE.R. SHAMAMYAN**

**INVESTIGATING THE EFFICIENCY OF APPLYING  
CONDENSING BOILERS IN YEREVAN**

The operation of condensing boilers in the climatic conditions of Yerevan is investigated. The efficiency and the natural gas saving of condensing boilers per year are calculated. The obtained data for Yerevan are typical.

**Keywords:** fuel, natural gas, condensing boiler, heating, hot water, heating radiator.

ՀՏԴ 658.6:339.13.017:621.31

**Խ.Ա. ՇԱՐԱԶՅԱՆ, Զ.Վ. ԱԴԱՄՅԱՆ, Գ.Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ**

**ՄԻՋՆԱԺԱՄԿԵՏ ԵՎ ԵՐԿԱՐԱԺԱՄԿԵՏ ՊԱՅՄԱՆԱԳՐԵՐԻ ՇՈՒԿԱՅՈՒՄ  
ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ԱՌԵՎՏՐԻ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊԱՄԱՆ  
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Դիտարկվել է էլեկտրաէներգետիկական մեծածախ շուկայի ազատականացման արդյունքում շուկայի մասնակիցների տնտեսական արդյունքի գնահատման մեթոդիկան, և կատարվել է էլեկտրա-էներգետիկական ազատականացված շուկայի մոդելների գործունեության վերլուծություն: Առանձնացվել են միջնաժամկետ և երկարաժամկետ (ժամկետային) պայմանագրերի շուկայում գնագոյացման բազային մոդելները, իրականացվել է էլեկտրաէներգետիկական մեծածախ շուկայի ազատականացման գործընթացի առավելությունների և թերությունների վերլուծություն:

**Առանցքային բառեր.** ազատականացում, էլեկտրական էներգիա, շուկայի օպերատոր, էլեկտրակայան, մատակարար, բնական մենաշնորհ:

Էլեկտրական էներգիայի կենտրոնացված առևտուրը կազմակերպվում և իրականացվում է էլեկտրոնային առևտրային հարթակի միջոցով շուկայի օպերատորի (ՇՕ) կողմից: Քանի որ առևտուրն իրականացվում է էլեկտրոնային