

**Մ.Գ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ա.Լ. ԱԴՅԱՆ**

**ԿՈՆԴԵՆՍԱՑԻՈՆ ԶԵՐՄՕԳՏԱՀԱՆԻԶՈՒՄ ԶԷԿ-Ի ԾԽԱԳԱԶԵՐԻ ԽՈՐ  
ՀՈՎԱՑՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ**

Դիտարկվել է ծխագազերի՝ որպես երկրորդային էներգառեսուրսի ջերմության օգտահանման հնարավորությունը՝ դրանց խոր հովացման միջոցով: Մասնավորապես, ուսումնասիրվել է մակերևութային տեսակի կոնդենսացիոն ջերմօգտահանիչում ծխագազերի խոր հովացման տարբերակը, որի համար որոշվել են օգտահանվող ջերմության հաշվին շոգեկաթսայի օ.գ.գ.-ի բարձրացման չափը և դրանով պայմանավորված՝ վառելիքի տնտեսումը: Բացի այդ, իրականացվել է օգտահանվող ջերմաքանակի գնահատում՝ կոնդենսացիոն ջերմօգտահանիչով անցնող և այն շրջացող ծխագազերի ծավալների տարբեր հարաբերակցությունների դիտարկմամբ, ինչպես նաև գնահատվել է ծխագազերի օգտահանման ազդեցությունը վնասակար միացությունների (ազոտի օքսիդների) մերձերկրյա առավելագույն խտության փոփոխության վրա:

**Առանցքային բաներ.** երկրորդային էներգառեսուրս, ջերմության օգտահանում, ծխագազերի խոր հովացում, մակերևութային կոնդենսացիոն ջերմօգտահանիչ:

Ներկայումս հիմնախնդիրներ են էներգախնայողական ջերմային տեխնոլոգիաների կատարելագործումն ու ներդրումը, որոնք թույլ են տալիս նվազագույն կապիտալ ծախսերի միջոցով փոքրացնել ջերմաէներգետիկական կազմակերպությունների կախվածությունը գազային վառելիքի ներկրումից և նվազեցնել համախառն ներքին արտադրանքի (ՀՆԱ) էներգատարությունը՝ բարելավելով նաև դրանց էկոլոգիական ցուցանիշները: Այդ խնդրի լուծման արդյունավետ և հեռանկարային ուղի է կաթսայից հեռացող գազերի ջերմության առավելագույն հնարավոր օգտահանումը՝ ջերմօգտահանիչներում դրանց խոր հովացմամբ [1]:

Օրգանական վառելիքի էներգետիկական պոտենցիալի առավել ամբողջական օգտագործման ուղղությամբ իրականացվող հետազոտությունների արդիականությունը և հեռանկարայնությունը կասկածներ չեն հարուցում և հաստատվում են եվրոպական երկրների, ԱՄՆ-ի, Չինաստանի և այլ երկրների բազմաթիվ գիտատեխնիկական մշակումներով: Համաշխարհային փորձը վկայում է, որ հեռացող ծխագազերի ջերմության խոր օգտահանման տեխնոլոգիաների զարգացման տվյալ փուլում առավել հեռանկարային է բնական գազով աշխատող շոգեկաթսաներում դրանց կիրառումը: Դա պայմանավորված է նրանով, որ ածուխը և մագնիզիում իրենց կազմում ունեն ձմբային միացություններ, որոնք այրման հետևանքով ձևափոխվում են SO<sub>2</sub>-ի և SO<sub>3</sub>-ի, վերջիններս էլ ջրային գոլորչիների կոնդենսացման արդյունքում հանգեցնում են ջերմափոխանցման մակերևութային ձմբային կոռոզիայի [2]:

Վառելիքի այրման ստորին ջերմությանը վերագրած բնական գազով աշխատող կաթսաների օ.գ.գ.-ն կազմում է 82...92%: ԱՊՀ երկրներում կիրառվող ջեռուցման համակարգերի կաթսայական տեղակայանքների շահագործման ցուցանիշների վերլուծությունը ցույց է տվել, որ բավական մեծ թվով կաթսաներ ունեն ավելի փոքր օ.գ.գ.: Դրա հիմնական պատճառը հեռացող ծխագազերի հետ ջերմության բավականաչափ մեծ կորուստներն են: Հեռացող ծխագազերի 110...220°C ջերմաստիճանի դեպքում, վառելիքի այրման ստորին ջերմությանը վերագրած, այդ կորուստները կազմում են 6...12%: Հեռացող ծխագազերի հետ ջերմության կորուստների նվազեցման արդյունավետ և հեռանկարային մեթոդներից մեկը ցողի կետից ցածր ջերմաստիճանով դրանց հովացումն է: Այդ դեպքում արտադրվում է մեծ քանակությամբ ցածր պոտենցիալային ջերմություն՝ ինչպես վառելիքի այրման արգասիքների հովացման (*Ֆիզիկական ջերմության օգտահանում*), այնպես էլ դրանցից ջրային գոլորշիների կոնդենսացման (*թաքնված ջերմաքանակի օգտահանում*) միջոցով: Նման ջերմային տեխնոլոգիան թույլ է տալիս էականորեն բարձրացնել օ.գ.գ.-ն՝ 10...15%-ով և դրանով իսկ ապահովել վառելիքի զգալի խնայողություն: Վառելիքի այրման արգասիքներից ջրային գոլորշիների լրիվ կոնդենսացման դեպքում (հեռացող ծխագազերի 0°C ջերմաստիճանի դեպքում) օգտահանվող ջերմության քանակությունը՝ վերագրած վառելիքի այրման ստորին ջերմությանը, կազմում է 11,9% [3]: Այնուամենայնիվ, հեռացող ծխագազերի հովացման իրական հնարավորությունը կազմում է մինչև 20...40°C, որը փոքր-ինչ նվազեցնում է վառելիքի այրման արգասիքներում պարունակվող ջրային գոլորշիների կոնդենսացման ջերմության օգտագործման արդյունավետությունը:

Հարկ է նշել, որ վառելիքի այրման արգասիքների խոր հովացումն ունի իր առանձնահատկությունները: Դրանից **առաջինն** այն է, որ կաթսայից հեռացող գազերի ջերմաստիճանի մեծության ընտրության դեպքում հարկավոր է դեկավարվել կաթսայի գազահեռացնող տրակտի աշխատանքային պայմաններով: Մինչև 60...80°C նվազեցման դեպքում ծխնելույզում, գազատարներում և ծխատար խողովակում կսկսի տեղի ունենալ ջրային գոլորշիների կոնդենսացում, որն անխուսափելիորեն կհանգեցնի վերջիններիս վնասմանը, կամ կպահանջվի հատուկ մեթոդներ կիրառել՝ վնասումներից խուսափելու համար: Քանի որ հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի՝ վերը բերված արժեքների համար կաթսայի օ.գ.գ.-ի մեծացումը կազմում է 3...5%, սակայն չի օգտագործվում ջրային գոլորշիների կոնդենսացման թաքնված ջերմությունը (քանի որ դա տեղի է ունենում կաթսայից և օգտահանիչ-ջերմափոխանակչից դուրս), հարկավոր է կա՛մ սահմանափակվել՝ հեռացող գազերը հովացնելով մինչև 95...100 °C ջերմաստիճան,

կա՛մ գազերը հովացնել մինչև ցողի կետից ցածր ջերմաստիճանը: Ջերմօգտահանիչում ջրային գոլորշիների կոնդենսացման դեպքում նվազում են ծխագազերի ծավալը և խոնավապարունակությունը, ինչպես նաև դրանց ցողի կետը, որն էլ հանգեցնում է կաթսայի գազահեռացման տրակտում մնացորդային ջրային գոլորշիների կոնդենսացման:

Վառելիքի այրման արգասիքների խոր հովացման պրոցեսի **երկրորդ** առանձնահատկությունն այն է, որ ավանդական կառուցվածքով ջերմափոխանակիչ ապարատների կիրառումը՝ ցածր պոտենցիալային ջերմության օգտահանման համար, հանգեցնում է կաթսայական ագրեգատի մակերեսին համարժեք ջերմափոխանակիչ մակերևույթների մակերեսի անհրաժեշտության: Ուստի անհրաժեշտություն է առաջանում չափերի, նյութատարության և, համապատասխանաբար, ջերմօգտահանիչ ապարատների արժեքների հնարավոր առավելագույնս նվազեցման, որին կարելի է հասնել, օրինակ, կողավորված խողովակների և թերմոսիֆոնների, թիթեղավոր և թիթեղավոր-կողավոր մակերեսների օգտագործման միջոցով [3, 4]: **Երրորդ** առանձնահատկությունը ջերմափոխանակիչ ապարատներում տաքացվող ջրի և ստացվող կոնդենսատի անհրաժեշտ որակի ապահովման պահանջն է՝ նպատակ ունենալով դրանք օգտագործելու կաթսաներում, ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման համակարգերում՝ ջրահեռացման համակարգեր դրանք արտանետելու հնարավորությամբ [5]: **Չորրորդ** առանձնահատկությունը վառելիքի այրման արգասիքների խոր օգտահանման ապահովման պարտադիր պայմանն է՝ ջերմության օգտագործման համակարգի ռացիոնալ ընտրությունը: Ընդհանուր դեպքում վառելիքի այրման արգասիքներից օգտահանվող ջերմությունը կարող է օգտագործվել ջեռուցման, տաք ջրամատակարարման, օդափոխության, օդորակման, կոնդենսատի ստացման և այլ համակարգերում:

Վառելիքասպառող ագրեգատներում հեռացող ծխագազերի՝ որպես երկրորդային էներգետիկական ռեսուրսի ջերմությունն օգտահանվում է ռեկուպերատիվ, խառնման, համակցված սարքավորումների կիրառմամբ: Մասնավորապես, կաթսայական տեղակայանքների հեռացող ծխագազերի ջերմության օգտահանումը ռեկուպերատիվ ջերմափոխանակիչների կիրառմամբ ապահովում է վառելիքի օգտագործման գործակցի բարձրացումը: Բնական գազի՝ որպես վառելիքի օգտագործման դեպքում հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի իջեցումը 15-ից 20 °C-ով համապատասխանում է օ.գ.գ.-ի բարձրացմանը 1%-ով: Շոգեգազային խառնուրդի հովացման համար կոնդենսացիոն ռեժիմում աշխատող ռեկուպերատիվ ջերմափոխանակիչների կիրառումը (ռեկուպերատիվ մակերևույթի ջերմաստիճանը փոքր է ցողի ջերմաստիճանից) հանգեցնում է օ.գ.գ.-ի 1%-ով

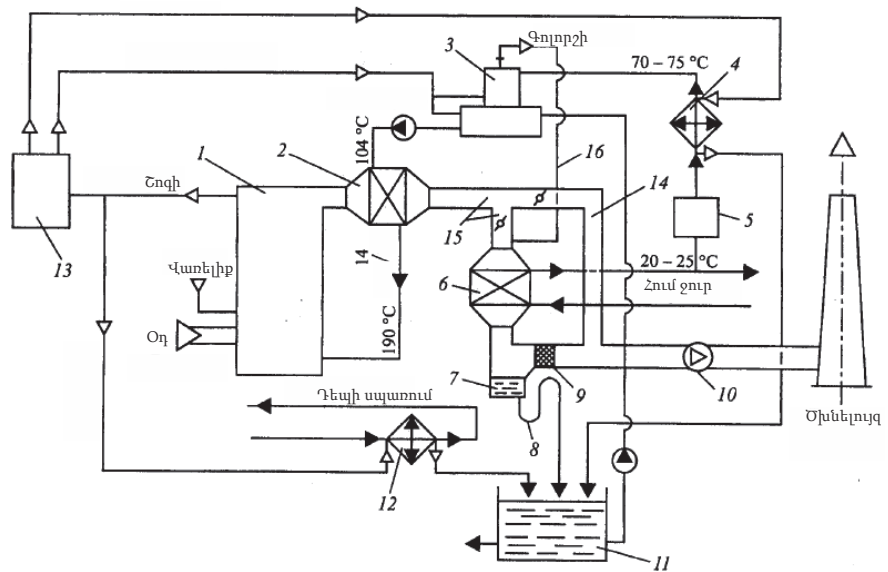
ածի՝ հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի 3-ից 4°C-ով նվազման դեպքում: Հայտնի է, որ կաթսայից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանն ընդունվում է 120...130-ից ոչ պակաս՝ երկու պատճառով.

- գազահեռացնող տրակտում (ընդհուպ մինչև շրջակա միջավայր արտանետվելը) ջրային գոլորշիների կոնդենսացումը բացառելու նպատակով,

- բնական քարշի մեծացման համար, ինչը նվազեցնում է ծխանելույզի շինարարական բարձրությունը, ուստի և ծխածուծների պահանջվող էջքը:

ՋԷԿ-ի հեռացող ծխագազերի ջերմության օգտահանումն ուսումնասիրելու համար դիտարկվել է գազային վառելիք (ստորին բանվորական ջերմաքանակը՝ 37600 կՋ/մ<sup>3</sup>) սպառող K-200-130 էներգաբյուր (շոգեկաթսայում վառելիքի ծախսը՝ 12,91 մ<sup>3</sup>/վ, շոգեկաթսայի օ.գ.գ.-ն՝ 92.9%, հեռացող ծխագազերի ծավալը՝ 278.5 մ<sup>3</sup>/վ):

Կաթսայական ագրեգատներում բնական գազի օգտագործման արդյունավետության բարձրացման նպատակով կոնդենսացիոն ջերմափոխանակչի (ԿՋ) կիրառման սխեման պատկերված է նկ. 1 -ում:



Նկ. 1. Շոգեկաթսայում վառելիքի օգտագործման արդյունավետության բարձրացման նպատակով կոնդենսացիոն ջերմափոխանակչի կիրառման սխեման.

1. կաթսա, 2. ջրային էկոնոմայզեր, 3. գազագրկիչ, 4. խողովակային ջերմափոխանակիչ,
5. քիմիական ջրամաքրման համակարգ, 6. կոնդենսացիոն ջերմօգտահանիչ,
7. կոնդենսատ, 8. կոնդենսատի հեռացում, 9. կաթիլորսիչ, 10. ծխածուծ, 11. կոնդենսատահավաք փարողություն,
12. խողովակային ջերմափոխանակիչ, 13. ռեդուկցիոն փեղակալանք, 14. շրջանցային գազատար, 15. հիմնական գազատար, 16. գազագրկիչից շոգեկաթսային խառնուրդի մատուցում ԿՋ

Հաշվի առնելով Ա. Կուդինովի կողմից կատարված փորձնական տվյալները [6], որ ծխածուծի մուտքում ծխագազերի ջերմաստիճանը նպատակահարմար է, որ լինի 70 °C, կիրառում ենք ջերմօգտահանիչի շահագործման հետևյալ ռեժիմը. ծխագազերի 70%-ը ուղղվում է ջերմօգտահանիչ, իսկ 30%-ը՝ շրջանցում է այն: ԿՋ-ի մուտքում ծխագազերի ջերմաստիճանը կազմում է 140°C, ելքում՝ 40 °C: Ծխածուծի մուտքում (հովացված և շրջանցային ծխագազերի խառնումից հետո) ծխագազերի ջերմաստիճանը կկազմի.

$$t_{j\bar{e}} = 140 \cdot 0.3 + 40 \cdot 0.7 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}:$$

Ուստի տոկոսային տվյալ փոխհարաբերության դեպքում ծխածուծի մուտքում ապահովվում է նախընտրելի ջերմաստիճան:

Կիրառելով [2,6]-ում բերված մեթոդաբանությունը և ընդունելով օդի խոնավապարունակությունը 0.01 կգ/կգ չոր օդ՝ ծխագազերի խոնավապարունակությունը ԿՋ-ից առաջ և հետո կունենա հետևյալ արժեքները՝  $d'_{\delta\tau} = 0.1151$  կգ/կգ չոր օդ և  $d''_{\delta\tau} = 0.0465$  կգ/կգ չոր օդ: Տվյալ պայմաններում ծխագազերից ստացվող կոնդենսատի բերված քանակությունը կազմում է  $\Delta w_{\varrho}^p = 0,121$ :

Քանի որ  $Q_u^p = 8970$  կկա/մ<sup>3</sup>, ապա 1 մ<sup>3</sup> բնական գազի այրման դեպքում առաջանում է  $\Delta w_{\varrho} = 0,121 \cdot 8970 / 1000 = 1.082$  կգ կոնդենսատի բացարձակ քանակություն: ԿՋ-ում կոնդենսատի ընդհանուր քանակությունը կկազմի.

$$W_{\varrho} = B_{\gamma\lambda} \cdot \Delta w_{\varrho}, = 12.91 \cdot 1.082 = 13.968 \text{ կգ/վ} : \quad (1)$$

Քանի որ ԿՋ-ում օգտահանվում է ինչպես ծխագազերի ֆիզիկական ջերմությունը, այնպես էլ կոնդենսացման թաքնված ջերմաքանակը, ուստի օգտահանված ընդհանուր ջերմաքանակը կորոշենք 2 գումարելիների տեսքով.

$$Q_{\text{օգտ}} = V_{\delta\tau} \cdot c_p \cdot (t'_{\delta\tau} - t''_{\delta\tau}) + W_{\varrho} (i'_{\varrho} - i''_{\varrho}), \quad (2)$$

որտեղ  $V_{\delta\tau}$ -ն ԿՋ-ում ծխագազերի ծախսն է, որը մեր դեպքում հավասար կլինի  $278.5 \cdot 0.7 = 194.95$  մ<sup>3</sup>/վ =  $194.95 \cdot 1.25 = 243.688$  կգ/վ,  $c_p$ -ն՝ ծխագազերի միջին ջերմունակությունը, ըստ տեղեկատուի վերցնում ենք 1.035 կՋ/կգ աստ.,  $t'_{\delta\tau}$ -ը և  $t''_{\delta\tau}$ -ը՝ ծխագազերի ջերմաստիճանները համապատասխանաբար ԿՋ-ից առաջ և հետո,  $W_{\varrho}$ -ն՝ ԿՋ-ում կոնդենսացած գոլորշու քանակությունը, կգ/վ,  $i'_{\varrho}$ -ը և  $i''_{\varrho}$ -ը էնթալպիաները ցողի կետում և 40°C-ում, կՋ/կգ:

$$Q_{\text{оqun}} = 243.688 \cdot 1.035 \cdot (140 - 40) + 13.968 \cdot (2690 - 167) = 60462 \text{ կՋ/վ:}$$

Շոգեկաթսայի օ.գ.գ.-ի բարձրացումը՝ ի հաշիվ ԿՋ-ում ծխագազերի խոր հովացման, ըստ վառելիքի ստորին բանվորական ջերմության, կորոշենք հետևյալ կերպով.

$$\Delta\eta = \frac{Q_{\text{оqun}}}{B_{2\text{կ}} \cdot Q_{\text{u}}^{\text{p}}} = \frac{60462}{12.91 \cdot 37600} = 0.125 : \quad (3)$$

Վառելիքի, տվյալ դեպքում բնական գազի, խնայողությունը կկազմի.

$$\Delta B = \frac{Q_{\text{оqun}}}{Q_{\text{u}}^{\text{p}} \cdot \eta_{2\text{կ}}} = \frac{60462}{37600 \cdot 0.929} = 1.731 \text{ մ}^3/\text{վ:} \quad (4)$$

Ծխագազերի խոր հովացումը, որպես արդյունք, ապահովում է ծխնելույզից արտանետվող այրման արգասիքների ծավալի և, բնականաբար, ջերմաստիճանի նվազեցում, որն իր բացասական ազդեցությունն է ունենում այրման արգասիքների մթնոլորտում ցրման գործընթացի վրա, քանի որ նվազում է ծխնելույզի բկում ջերմային վերելքը: Նշված հանգամանքով պայմանավորված՝ կարող է խնդիր առաջանալ ծխնելույզի նվազագույն թույլատրելի բարձրության ընտրման տեսանկյունից:

Վերոնշյալ հարցադրումներն ուսումնասիրելու նպատակով հաջորդիվ իրականացվել է ծխնելույզի նվազագույն թույլատրելի բարձրության գնահատումը արտանետվող ծխագազերի ջերմաստիճանից կախված՝ դիտարկելով վերջինիս վրա ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալի մեծության ազդեցությունը: Վերը իրականացված հաշվարկում ընդունել էինք, որ ծխագազերի 70%-ը անցնում է ԿՋ-ով, իսկ 30%-ը, շրջանցելով ԿՋ-ն, մինչև ծխնելույզ արտանետվելը խառնվում է հովացած ծխագազերի հետ: ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալի փոփոխությունը դիտարկվել է 30..65% միջակայքում՝ իրականացնելով նաև սահմանային դեպքի դիտարկում, որը զրոյական շրջանցումն է (ծխագազերի 100%-ը հովացվում է ԿՋ-ում): Բնականաբար, չպետք է մոռանալ, որ ծխագազերի ավելի մեծ տոկոսով ԿՋ-ի շրջանցումն իր հերթին հանգեցնում է օգտահանվող ջերմաքանակի և խնայվող վառելիքի նվազման: Ծխնելույզի նվազագույն թույլատրելի բարձրությունը, ինչպես նաև ազոտի օքսիդների մերձերկրյա խտությունը որոշվում է [7]-ում բերված մեթոդաբանությանը համապատասխան:

Հաշվարկի արդյունքները բերված են աղ.1...2-ում և ընդհանրացված են նկ. 2...4-ում բերված գրաֆիկական արտապատկերումներում:

Աղյուսակ 1

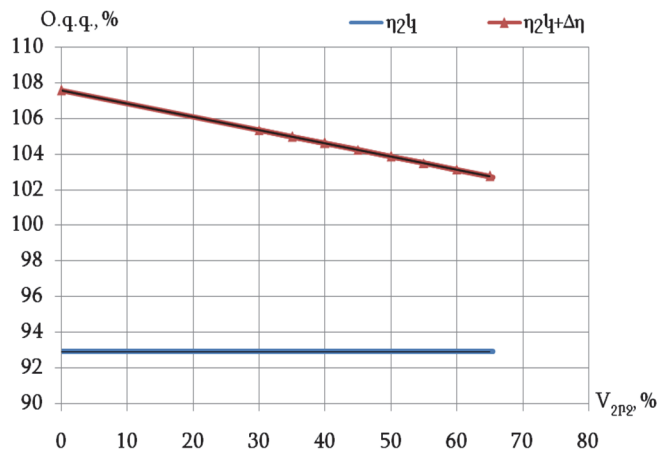
Հաշվարկային արդյունքներ

$V_{2P2}$	$d_{\delta j}$	$d_{\delta j}''$	$\Delta w_{\rho}$	$\Delta w_{\rho}$	$w_{\rho}$	$V_{\delta j}$	$Q_{\text{օգտ}}$	$\Delta \eta$	$\Delta B$	$t_{\delta j}$
%	կգ/(կգ չ.օղ)	կգ/(կգ չ.օղ)		կգ	կգ/լ	կգ/լ	կՋ/լ		մ <sup>3</sup> /լ	°C
30	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	243,69	60462	0,125	1,731	70
35	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	226,28	58660	0,121	1,679	75
40	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	208,88	56859	0,117	1,628	80
45	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	191,47	55057	0,113	1,576	85
50	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	174,06	53256	0,110	1,525	90
55	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	156,66	51454	0,106	1,473	95
60	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	139,25	49653	0,102	1,421	100
65	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	121,84	47851	0,099	1,370	105
0	0,115	0,046	0,121	1,082	13,968	348,13	71271	0,147	2,040	40

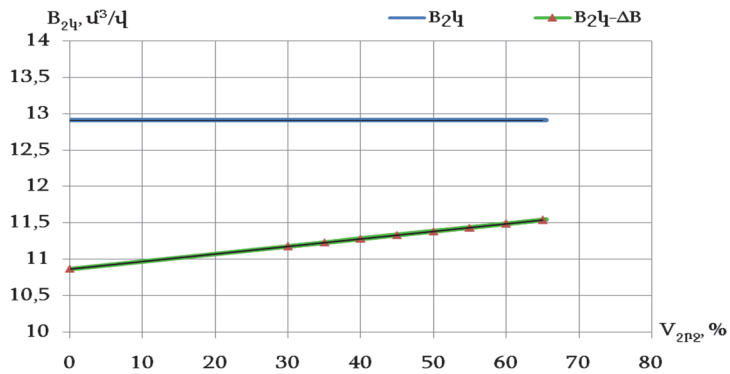
Աղյուսակ 2

Հաշվարկային արդյունքներ

$V_{2P2}$	$t_{\delta j}$	$V_{\delta}$	$V_1$	$\Delta T$	$h_{\delta j}$	$h_{\delta j}^{\text{սն}}$
%	°C	մ <sup>3</sup> /լ	մ <sup>3</sup> /լ	°C	մ	մ
30	70	231,28	693,85	40	168,5	180
35	75	234,66	703,97	45	164,9	180
40	80	238,03	714,08	50	161,6	180
45	85	241,40	724,20	55	158,7	180
50	90	244,77	734,31	60	156,0	180
55	95	248,14	744,43	65	153,6	180
60	100	251,51	754,54	70	151,4	180
65	105	254,89	764,66	75	149,3	150
0	40	211,06	633,17	10	215,6	240

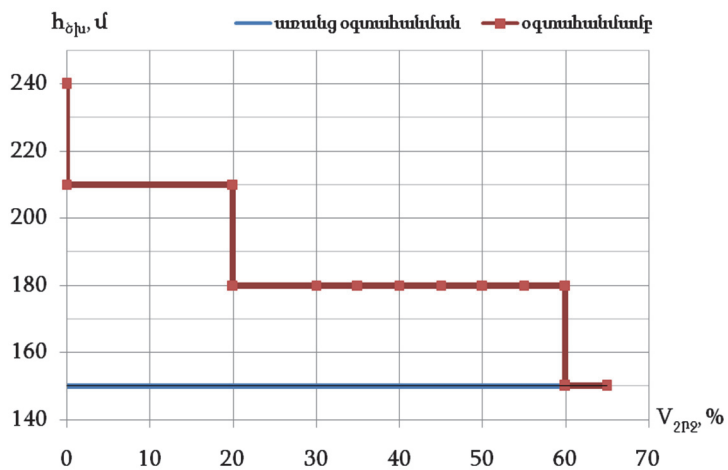


Նկ. 2. Շոգեկաթսայի օ.գ.գ.-ի փոփոխությունը՝ կախված ԿՋ-ն շրջանցող ծխաբազերի ծավալից



Նկ. 3. Շոգեկաթսայում վառելիքի ծախսի փոփոխությունը՝ կախված ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալից

Նկ. 3...4-ից ակնհայտ կերպով երևում է, որ ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալի մեծացմանը զուգընթաց՝ վառելիքի օգտագործման գործակցի նվազման արդյունքում նվազում է նաև շոգեկաթսայի սպասվելիք օ.գ.գ.-ն, որն էլ իր հերթին հանգեցնում է վառելիքի խնայվող քանակության նվազման, այսինքն՝ վառելիքի ծախսի մեծացման: Մյուս կողմից՝ հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի նվազեցումը, ինչպես նշվել էր ավելի վաղ, հանգեցնում է ծխնելույզի բկում ջերմային վերելքի նվազման արտաքին օդի միևնույն ջերմաստիճանի դեպքում, որով պայմանավորված՝ մեծանում է ծխնելույզի շինարարական բարձրությունը՝ ելնելով մերձերկրյա շերտում վնասակար միացությունների ՍԹԽ-ների ապահովման անհրաժեշտությունից: Նշվածը գրաֆիկորեն արտացոլված է նկ. 4-ում:



Նկ. 4. Ծխնելույզի նվազագույն թույլատրելի բարձրության փոփոխությունը՝ կախված ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալից

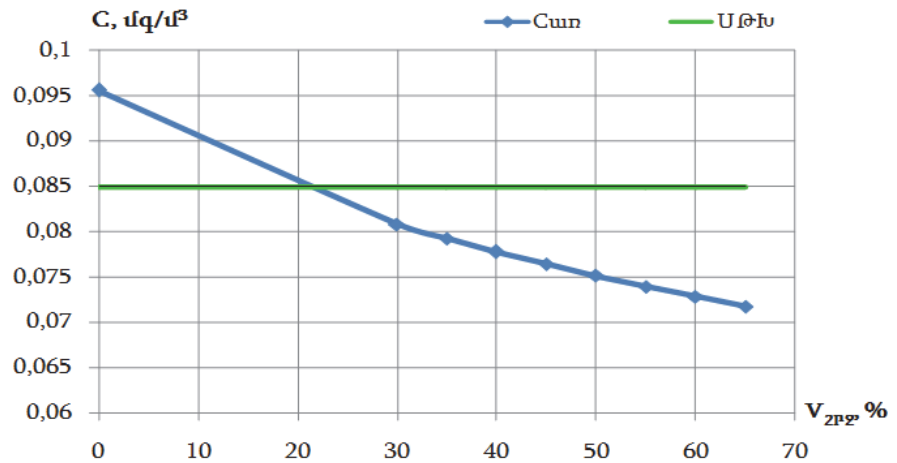
Ծխնելույզի շինարարական բարձրության մեծացումն իր հերթին կհանգեցնի կապիտալ ծախսերի աճին: Այս պարագայում անհրաժեշտություն է առաջանում կատարելու ծխագազերի օգտահանման արդյունքում ստացվող լրացուցիչ օգուտի և ծխնելույզի տեղակայման համար լրացուցիչ ծախսի համեմատական գնահատում: Մյուս կողմից՝ ծխնելույզի բարձրությունը գնահատվել է՝ օգտագործելով միջինացված գործակիցներ՝ առանց հաշվի առնելու ցրման իրական պայմանները: Հաջորդիվ իրականացվել է ծխնելույզի նվազագույն թույլատրելի բարձրության գնահատումը՝ բացառելով վերոնշյալը, մասնավորապես՝ դիտարկվել է 600ՄՎտ հզորությամբ ՋԷԿ-ում տեղակայված 150մ բարձրությամբ ծխնելույզից ծխագազերի ցրման գործընթացը՝ դրանց օգտահանման արդյունքում արտանետման ջերմաստիճանի նվազեցման դեպքում:

Վերը բերված հաշվարկում ընդունել էինք, որ ծխագազերի 70%-ը անցնում է ԿՋ-ով, իսկ 30%-ը, շրջանցելով ԿՋ-ն: Համանման կերպով գնահատվել է մերձերկրյա առավելագույն խտությունը, երբ ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալը փոփոխվում է 30..65% միջակայքում: Հաշվարկի արդյունքները ներկայացված են աղ. 3-ում և նկ. 5...6-ում:

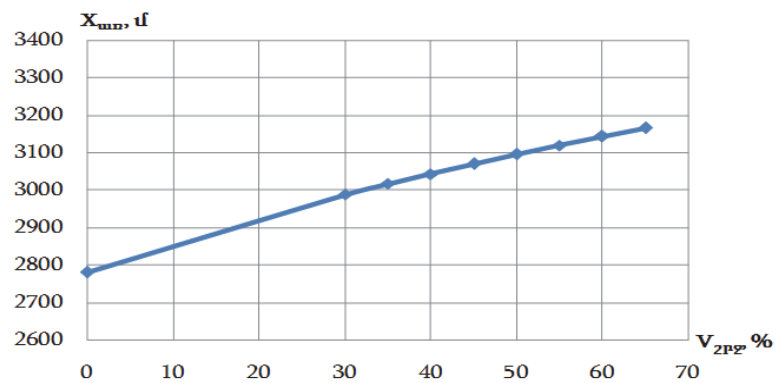
Աղյուսակ 3

Ելակերպային տվյալներ և հաշվարկային արդյունքներ

V <sub>2րջ</sub>	D	w <sub>0</sub>	h	ΔT	A	F, n, η, z	M	V <sub>1</sub>	f	Յա	m	c <sub>սա</sub>	d	X <sub>սա</sub>
%	մ	մ/վ	մ	°C			գ/վ	մ <sup>3</sup> /վ				մգ/մ <sup>3</sup>		մ
30	7,2	25	150	40	200	1	406	694	5	3,7	0,68	0,080	19,92	2988
35	7,2	25	150	45	200	1	406	704	4,4	3,9	0,69	0,079	20,1	3017
40	7,2	25	150	50	200	1	406	714	4	4	0,71	0,078	20,3	3044
45	7,2	25	150	55	200	1	406	724	3,6	4,2	0,72	0,076	20,5	3070
50	7,2	25	150	60	200	1	406	734	3,3	4,3	0,74	0,075	20,6	3096
55	7,2	25	150	65	200	1	406	744	3,1	4,5	0,75	0,074	20,8	3120
60	7,2	25	150	70	200	1	406	755	2,9	4,6	0,76	0,073	20,9	3143
65	7,2	25	150	75	200	1	406	765	2,7	4,7	0,77	0,072	21,1	3166
0	7,2	25	150	10	200	1	406	633	20	2,3	0,49	0,096	18,5	2780



Նկ. 5. Վնասակար արտանետումների մերձերկրյա առավելագույն խտության փոփոխությունը՝ կախված ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալից



Նկ. 6. Արտանետման աղբյուրից մերձերկրյա առավելագույն խտության հեռավորության փոփոխությունը՝ կախված ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալից

**Եզրակացություն.** Այսպիսով, ԿՋ-ում ծխագազերի խոր հովացումը դիտարկվող էներգաբալոկի շահագործման պայմաններում և ԿՋ-ի շահագործման ընտրված ռեժիմում, երբ ծխագազերի 70%-ը անցնում է ԿՋ-ով, իսկ 30%-ը՝ շրջանցում այն, թույլ է տալիս նվազեցնել վառելիքի ծախսը 1.73 մ³/վ-ով՝ ի հաշիվ շոգեկաթսայի օ.գ.գ.-ի 12%-ով բարձրացման:

ԿՋ-ն շրջանցող ծխագազերի ծավալի փոփոխությունը դիտարկվող 30...65% միջակայքի ծայրակետերում, որպես արդյունք, ունենում է շոգեկաթսայի օ.գ.գ.-ի աճ՝ համապատասխանաբար 12.5%-ով և 9.8%-ով (նկ. 2), որին համապատասխանում է վառելիքի խնայողությունը 1.73 մ³/վ-ում և 1.37 մ³/վ-ում

(նկ. 3): Ընդ որում, սահմանային դեպքի դիտարկման պարագայում (ծխագազերի 100%-ը օգտահանվում է ԿՋ-ում) ՇԿ-ի օ.գ.գ.-ի աճը հասնում է 14.7%-ի, իսկ վառելիքի խնայողությունը՝ 2.04 մ<sup>3</sup>/վ-ի:

Արտանետվող ծխագազերի ծավալի և ջերմաստիճանի նվազման պարագայում ծխնելույզի նվազագույն թույլատրելի բարձրությունը, ինչպես ցույց է տրված նկ. 4-ում, նույնիսկ 60% շրջանցման պարագայում գերազանցում է նախապես հաշվարկված 150մ-ը, ընդ որում, սահմանային դեպքում, երբ ծխագազերն ամբողջ ծավալով անցնում են ԿՋ-ով՝ հովացվելով մինչև 40°C ջերմաստիճան, ծխնելույզի պահանջվող բարձրությունը կկազմի 240մ, մասնավորապես, նախապես ընդունված բազային տարբերակում (70% օգտահանում, 30% շրջանցում) կպահանջվեր 180մ բարձրությամբ ծխնելույզ: Ընդգծենք, որ այս հաշվարկում դիտարկված չէր ծխնելույզից ծխագազերի արտանետման պայմանները բնութագրող գործակցի (m) իրական արժեքը:

Հարկ է նշել, որ ծխագազերի խոր հովացմամբ օգտահանման պարագայում, ինչպես ցույց է տվել այսպիսի տեղակայանքների շահագործման փորձը, տեղի է ունենում ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատում մոտավորապես 25%-ով՝ ի հաշիվ վառելիքի ծախսի նվազմամբ պայմանավորված այրման համար տրվող օդի քանակի կրճատման և ԿՋ-ում կոնդենսատի հետ ազոտի օքսիդների կապակցման: Տվյալ հանգամանքը չի դիտարկվել մերձերկրյա առավելագույն խտությունը գնահատելիս (նկ. 5)՝ նպատակ ունենալով վերլուծել ծխագազերի ջերմաստիճանի նվազմամբ պայմանավորված առավելագույն բացասական ազդեցությունը արտանետումների ցրման և մերձերկրյա առավելագույն խտության ձևավորման տեսանկյունից:

150մ բարձրությամբ ծխնելույզից արտանետումների ցրման գնահատման արդյունքներից (նկ. 5) կարելի է եզրակացնել, որ m-ի հաշվարկային արժեքների պարագայում մերձերկրյա առավելագույն խտությունը կգերազանցի ՍԹԽ-ն՝ սկսած ծխագազերի մոտավորապես 22%-ից պակաս շրջանցման (կամ, որ նույնն է, 78%-ից ավելի ծավալով օգտահանման) մակարդակից, որով ևս մեկ անգամ ապացուցվում է որպես բազային ընդունված 70/30 հարաբերակցության նպատակահարմարությունը: Նկ. 6-ից ակնհայտորեն կարող ենք եզրակացնել, որ ծխագազերի ավելի մեծ ծավալով օգտահանումը հանգեցնում է առավելագույն մերձերկրյա խտության ձևավորման ծխնելույզից ավելի փոքր հեռավորությունների վրա, որը պայմանավորված է ծխնելույզի բկում ծխագազերի լրացուցիչ վերելքի նվազմամբ: Մասնավորապես, եթե բազային 70/30 հարաբերակցության դեպքում դիտարկվող հեռավորությունը կազմում է մոտավորապես 3000մ, ապա 35/65 հարաբերակցության դեպքում (65%-ը շրջանցում է ԿՋ-ն)՝ մոտավորապես 3170մ:

Ընդհանրացնելով վերը բերված ուսումնասիրությունները և [8]-ում բերված դիտարկումները՝ կարող ենք ընդգծել, որ ծխագազերի խոր հովացման պարագայում տնտեսական արդյունքը ձևավորվում է ի հաշիվ.

1. վառելիքի ծախսի կրճատման (փոփոխական ծախսերում վառելիքային բաղադրիչի արժեքի նվազում),

2. ծխածուծով ծախսվող հզորության նվազմամբ պայմանավորված՝ սեփական կարիքների համար էլեկտրական էներգիայի ծախսի կրճատման (խնայված էլեկտրական էներգիայի վաճառքից լրացուցիչ շահույթի գոյացում),

3. լրասնման համար հում ջրի աղազրկման վրա ծախսումների նվազման,

4. ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատմամբ պայմանավորված՝ բնապահպանական վճարների նվազմամբ:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Данилов Н.И., Евпланов А.И., Михайлов В.Ю., Щелоков Я.М.** Энергосбережение. Введение в проблему. -Екатеринбург: ИД "Сократ", 2001. - 208 с.
2. **Энергосбережение** в теплоэнергетике и теплотехнологиях: Учебник / Под руководством проф. О.Л.Данилова.-М.: МЭИ, 2002.-188с.
3. **Аронов И.З.** Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа.-Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1990. – 280с.
4. Эффективность систем утилизации теплоты отходящих газов энергетических установок различного типа / **Н.М. Фялко, Ю.В. Шеренковский, А.И. Степанова и др.** // Промышленная теплотехника. – 2008. – №3. – С.68 – 76.
5. О целесообразности применения установок для конденсации водяных паров из уходящих дымовых газов в технологическом цикле ТЭЦ /**В.И. Кормилицын, А.Н. Куклев, А.А. Горбунов** и др. // Энергосбережение и водоподготовка.– 2002.– №1.– С.31– 34.
6. **Кудинов А.А.** Энергосбережение в теплогенерирующих установках.- Ульяновск: УлГТУ, 2000.-139с.
7. **Մարուխյան Ո.Չ., Ղազարյան Մ.Գ., Գևորգյան Ա.Ռ.** Շրջակա միջավայրի պաշտպանությունը ՋԷԿ-ի արտանետումներից: Կուրսային նախագծի և լաբորատոր-գործնական աշխատանքների մեթոդիկական ցուցումներ.- Մաս 1.- Երևան: Ճարտարագետ, 2005.- 32էջ:
8. **Гершуни А.Н., Нищик А.П.** Энергоэкономическая эффективность утилизации теплоты // Промышленная теплотехника.– 2009.– Т.31, №2.– С.82 – 86.

**М.Г. КАЗАРЯН, А.Л. АДЯН**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУБОКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ  
ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В  
КОНДЕНСАЦИОННОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ**

Рассмотрена возможность утилизации теплоты дымовых газов в качестве вторичного энергетического ресурса путем их глубокого охлаждения. В частности, исследован вариант глубокого охлаждения дымовых газов в поверхностном конденсационном теплообменнике, для чего определены размеры повышения КПД котла и обусловленная этим экономия топлива. Кроме того, проведена оценка количества утилизируемого тепла путем рассмотрения различных соотношений объема дымовых газов, проходящих через конденсационный теплообменник и обходящих его, а также воздействия утилизации дымовых газов на изменение приземной максимальной концентрации вредных соединений (оксидов азота).

**Ключевые слова:** вторичный энергетический ресурс, утилизация теплоты, глубокое охлаждение дымовых газов, поверхностный конденсационный теплообменник.

**M.G. GHAZARYAN, A.L. ADYAN**

**RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF DEEP COOLING OF TPP  
COMBUSTION GASES IN A CONDENSATION HEAT-EXCHANGER**

The utilization of the heat of combustion gases as a secondary power resource by their deep cooling is considered. In particular, the variant of combustion gas deep cooling in the surface condensation heat-exchanger has been investigated, for which the increase of the boiler efficiency coefficient and the economy of fuel have been defined. Besides, the quantity of the utilized heat is estimated with consideration of various ratios of the volume of combustion gases passing through the condensation heat-exchanger and bypassing it, and also the influence of the ratio combustion gas utilization on the change of the ground maximum concentration of harmful compounds (oxide of nitrogen).

**Keywords:** secondary power resource, heat utilization, deep cooling of combustion gases, surface condensation heat-exchanger.