

ՋԵՐՄԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ, ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՏԴ 621.311.1:574.003.12:66.074.32

Ո.Ջ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ս.Հ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

**ԱՁՈՏԻ ՕՔՍԻԴՆԵՐԻՑ ԾԽԱԳԱՋԵՐԻ ՄԱՔՐՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ
ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ ԿԱՅԱՆԻ ՏԵԽՆԻԿԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ
ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՎՐԱ ԱՋԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ**

Կատարվել է ազոտի օքսիդների ելքի ճնշման նպատակով իրականացվող ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների էկոլոգիական գնահատում՝ հաշվի առնելով այրման ակտիվ գոտու բնութագրերի փոփոխությունը: Վերլուծվել են կաթսայական ազրեգատի նետտո օ.գ.գ.-ի փոփոխության պատճառները, գնահատվել վերջինիս նվազման չափը, և հաշվարկվել է իրականացվող միջոցառման տարեկան բնապահպանական արդյունքը:

Առանցքային բառեր. ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառում, այրման ակտիվ գոտի, աստիճանական այրում, ծխագազերի վերաշրջանառություն, տեխնիկատնտեսական ցուցանիշներ, տարեկան բնապահպանական արդյունք:

Ոչ միայն նոր կառուցվող, այլև արդեն շահագործվող ջերմային էլեկտրակայաններում ազոտի օքսիդների (NO_x) նվազեցման համար իրականացվող միջոցառումները բաժանվում են երկու խմբի: Մի դեպքում՝ այրման գործընթացի որոշակի կազմակերպման միջոցով ճնշվում է առաջացող ազոտի օքսիդների ելքը, իսկ մյուս դեպքում՝ կատարվում է ծխագազերի մաքրում ազոտի օքսիդներից: Չնայած այն հանգամանքին, որ օրգանական վառելիքի այրման արդյունքում ազոտի օքսիդների առաջացման գործընթացները տարբեր են, սակայն դրանց վերլուծությունը հնարավորություն է ընձեռում պարզել՝ ինչ մեխանիզմներով է կարելի ապահովել NO_x -երի ելքի ճնշում (նկ.1):

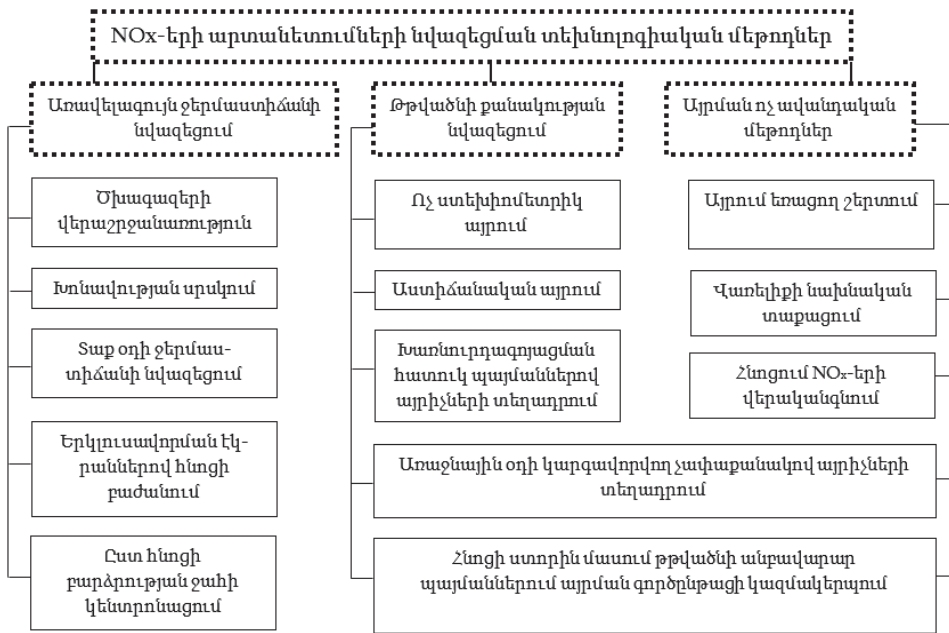
Քանի որ ազոտի օքսիդների առաջացման գործընթացն ավարտվում է այրման ակտիվ գոտում (ԱԱԳ), ուստի վերջինիս բնութագրերը էական ազդեցություն են ունենում թե կաթսայի էներգետիկական, թե էկոլոգիական ցուցանիշների վրա: ԱԱԳ-ի հիմնական բնութագրերը, որոնք ուշագրավ են ազոտի օքսիդների ձևավորման գործընթացի տեսանկյունից, հետևյալն են.

- ✓ անդրադարձած ջերմային հոսքերի մեծությունը՝ $q_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{անդր.}}$,
- ✓ ջահի միջին ինտեգրալային ջերմաստիճանը՝ $\bar{T}_{\text{ԱԱԳ}}$,

✓ բարձր ջերմաստիճանային գոտում ծխագազերի մնալու տևողությունը՝

$\tau_{\text{սազ}}$

✓ ԱԱԳ-ում օդի ավելցուկի գործակցի մեծությունը՝ $\alpha_{\text{սազ}}$:



Նկ. 1. Ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների ազդեցությունը ազոտի օքսիդների ելքի ճնշման վրա

Ստորև բերված աղյուսակում ամփոփված են ժամանակակից էլեկտրակայաններում ներդրված ներհնոցային հիմնական ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների ազդեցությունը ԱԱԳ-ի հիմնական բնութագրերի և ազոտի օքսիդների ելքի վրա:

Ներհնոցային ռեժիմաբեխնուղղիական միջոցառումների ազդեցությունը ԱԱԳ-ի հիմնական բնութագրերի և ազդուի օքսիդների ելքի վրա

Միջոցառում	$q_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{անոր.}}$ *	$\bar{T}_{\text{ԱԱԳ}}$	$\tau_{\text{ԱԱԳ}}$ *	$\alpha_{\text{ԱԱԳ}}$ *	NOx-երի ելքի նվազեցում
Ծխագազերի վերաշրջանառություն, r=20%	նվազում է 10...15%-ով	նվազում է 100...120°C-ով	նվազում է 5...7%-ով	փոքր-ինչ աճում է	նվազում է 10...50%-ով
Խոնավության սրսկում d=8%	նվազում է 2...5%-ով	նվազում է 60...100°C-ով	գրեթե չի փոփոխվում	գրեթե չի փոփոխվում	նվազում է 15...25%-ով
Երկաստիճան այրում $\delta=20\%$	նվազում է 15...40%-ով (իրականացու մից կախված)	նվազում է	աճում է 10...50%-ով	նվազում է $\alpha < 1$	նվազում է 20...40%-ով
Ոչ ստեխիոմետրիկ այրում	նվազում է	նվազում է	աճում է	$\alpha < 1$ $\alpha > 1.25$	նվազում է 20...50%-ով

*գազամագրության կաթսաների մեծ մասի դեպքում $q_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{անոր.}}=0.8...1.3 \text{ ՄՎտ/մ}^2$, $\alpha_{\text{ԱԱԳ}}=0.8...1.1$,

$\tau_{\text{ԱԱԳ}} = 0.3...1.2 \text{ վ.}$

Կաթսայի էկոլոգիական բնութագրերի բարելավման համար լայնորեն իրականացնում են վառելիքի աստիճանական այրում՝ «աղքատ» և «հարուստ» օդավառելիքային խառնուրդների առանձին-առանձին այրմամբ, որոնցում ջերմաստիճանը միշտ ավելի ցածր է, քան քիմիական թերայրման բացառման նպատակով օդի ավելցուկի գործակցի օպտիմալ արժեքով մեկաստիճան այրման դեպքում: Էներգետիկական շոգեկաթսաներում (ՇԿ) կիրառություն է գտել երկաստիճան այրումը, քանզի չի պահանջում այրիչների վերակառուցում, ընդամենը ստորին շարքի այրիչներին մատուցվում է ստեխիոմետրիկ քանակից քիչ օդ՝ ապահովելով վերականգնիչ միջավայրով գոտու ստեղծում, իսկ վերին շարքի այրիչներին տրվում է օդի ավելցուկի հաշվարկային քանակություն՝ վառելիքի վերջնայրում ապահովելու համար: Տեխնիկապես հնարավոր է նաև նկարագրված մեթոդի «հակառակ» իրականացումը, որն ապահովում է NOx-երի ելքի կրճատում՝ ի հաշիվ ջերմաստիճանային մակարդակի նվազման [1,2]: Աստիճանական այրման շնորհիվ՝ ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատումը միաժամանակ հանգեցնում է կաթսայի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների փոփոխության, որի պատճառները և հաշվարկային արդյունքները ներկայացված են աղյուսակային (աղ.2) և գրաֆիկական արտապատկերմամբ (նկ. 2):

Ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման առավել տարածված և արդյունավետ միջոցառում է ծխագազերի վերաշրջանառությունը, որը ոչ միայն բարելավում է շոգեկաթսայի էկոլոգիական բնութագրերը, այլև իրականացնում է ռեժիմային

պարամետրերի (հնոցի ելքում ծխագազերի, գերտաք գոլորշու ջերմաստիճանների նշված տիրույթում պահպանում) կարգավորման գործառույթ: Շնորհիվ ծխագազերի վերաշրջանառության նվազում են ջահում առավելագույն և միջին ջերմաստիճանները, տեղի է ունենում ջերմաստիճանային դաշտի հավասարեցում: Վերջիններս էլ հանգեցնում են ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի նվազման: Ներկայումս շահագործվող գազամագույթային ՇԿ-ների մեծ մասի դեպքում ջերմատեխնիկական պարամետրերի պահպանման տեսանկյունից վերաշրջանառվող ծխագազերի առավելագույն չափաքանակը կազմում է 15...20%, իսկ էկոլոգիական նկատառումներից ելնելով՝ 25% [3,4]: Ծխագազերի վերաշրջանառության էկոլոգատնտեսական արդյունավետության գնահատման համար կատարված վերլուծությունից եզրակացնում ենք.

- ✓ վերաշրջանառության միևնույն աստիճանի դեպքում որքան հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի արժեքը մեծ է, այնքան NOx-երի ելքը փոքր է, ինչը պայմանավորված է հնոցից հեռացող ծխագազերում օքսիդիչի կոնցենտրացիայի աճով,

- ✓ ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատման արդյունավետությունը էապես կախված է վերաշրջանառվող ծխագազերի քանակությունից, դրանց ջերմաստիճանից, ջահում այրման արգասիքների հետ խառնման ինտենսիվությունից, դեպի հնոց մատուցման ձևից և այրիչում վերաշրջանառվող գազերի և օդի արագությունների հարաբերակցությունից,

- ✓ մասնակի բեռնվածությունների ռեժիմներում ծխագազերի վերաշրջանառության արդյունավետությունը նվազում է,

- ✓ 25%-ից ավելի վերաշրջանառության աստիճանի դեպքում կաթսայի օ.գ.գ.-ի նվազման վրա ազդեցությունն աճում է (աղ. 2),

- ✓ անհրաժեշտ է այրիչների վերակառուցում, հատուկ ծխածուծերի տեղակայում:

Վառելիքի ծախսի մոտավորապես 10%-ի չափով ջահի միջուկ ջրի կամ խոնավ շոգու սրսկումը նվազեցնում է դրանում առավելագույն ջերմաստիճանը՝ ճնշելով ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքը: Այս մեթոդը հիմնականում կիրառվում է անբարենպաստ օդերևութաբանական պայմանների դեպքում՝ վնասակար նյութերի բարձր ֆոնային խտությամբ տարածաշրջաններում, քանզի ջրի (կամ խոնավ շոգու) սրսկման արդյունավետությունը նվազում է, եթե միաժամանակ կատարվում է ծխագազերի վերաշրջանառություն կամ վառելիքի աստիճանական այրում: Դիտարկվող մեթոդի կիրառումը ևս էկոլոգիական որոշակի արդյունավետության ապահովման հետ մեկտեղ նվազեցնում է շոգեկաթսայի օ.գ.գ.-ն (աղ. 2):

NOx-երի ելքի նվազեցման նպատակով իրականացվող ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումներից միայն PM ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչները (PM-pollution minimum) և հնոցային խցում դրանց տիպային հարմարադասման տարբերակներն են, որոնք գրեթե չեն ազդում կաթսայական տեղակայանքի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա [5]:

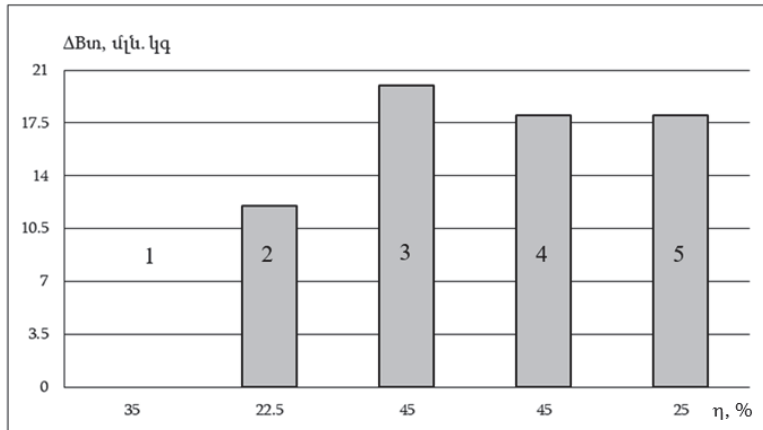
Ստորև բերված աղյուսակում ամփոփված են կիրառվող ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների ՇԿ-ի օ.գ.գ.-ի վրա ունեցած ազդեցության չափը և պատճառները:

Աղյուսակ 2

ՇԿ-ի օ.գ.գ.-ի վրա ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների ազդեցության չափը և պատճառները

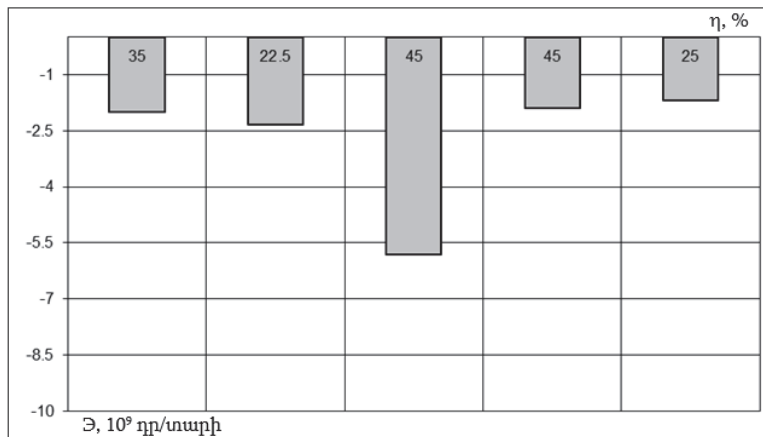
Ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառման անվանումը	Ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառման արդյունավետությունը	ՇԿ-ի օ.գ.գ.-ի վրա ազդեցության պատճառները	ՇԿ-ի նետտո օ.գ.գ.-ի նվազման չափը
1. PM այրիչներ	30...40%	Գրեթե չի ազդում	-
2. Երկաստիճան այրում	15...30%	հնոցային խցի ելքում օդի ավելցուկի գործակիցի մեծացում, հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի աճ, սեփական կարիքների գործակիցի մեծացում	0.5%
3. Եռաստիճան այրում	40...50%	Նույնատիպ ազդեցություն, ինչ որ երկաստիճան այրման դեպքում	0.8%
4. Ծխագազերի վերաշրջանառություն	40...50%* (25% վերաշրջանառության դեպքում)	Ջահի ծայրամասային գոտու չափից ավելի հովացում, ինչն էլ հանգեցնում է այրման պրոցեսի անկայունության, ՇԿ-ի սեփական կարիքների գործակիցի աճ, մեծանում են հեռացող ծխագազերի հետ ջերմության կորուստները	0.75%
5. Ջրի/խոնավության սրսկում	20...30%** (ջրի սրսկում վառելիքի ծախսի 10%-ի չափ)	Հեռացող ծխագազերի հետ, քիմիական և մեխանիկական թերայրումների պատճառով, ջերմային կորուստների աճ	0.8%

ՇԿ-ի նետտո օ.գ.գ.-ի վրա ունեցած ազդեցության պատճառով նվազում է նաև էներգաբլրկի նույնանուն օ.գ.գ.-ն 0.2...0.5 %-ով՝ հանգեցնելով վառելիքի տարեկան ծախսի մեծացման: Նկ.2-ում պատկերված է ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառման միջին արդյունավետությունից կախված պայմանական վառելիքի տարեկան ծախսի $\Delta B_{\text{տ}}$ աճը: Պայմանական վառելիքի ծախսի և կայանի սեփական կարիքների գործակիցի մեծացման հետևանքով աճում է առաքվող էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքը 0.5...1.7%-ով:



Նկ. 2. Պայմանական վառելիքի տարեկան ծախսի կախվածությունը ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառման միջին արդյունավետությունից

Նկ. 3-ում պատկերված է ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատման տարեկան բնապահպանական արդյունքը՝ հաշվի առած իրականացվող ներհնոցային միջոցառումների կապիտալ ներդրումները և շահագործման ծախսերը:



Նկ. 3. Տարեկան բնապահպանական արդյունքի կախվածությունը ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառման միջին արդյունավետությունից

Ընդհանրացնելով կատարված հաշվարկների արդյունքները՝ կարող ենք նշել, որ ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների շնորհիվ ստացված տարեկան բնապահպանական արդյունքը դրական կլինի այն դեպքում, եթե գնահատումը կատարվի միայն տարեկան խնայված բնապահպանական վճարներով, սակայն եթե գնահատումը կատարում ենք հաշվի առնելով նաև այդ

միջոցառումների իրականացման համար պահանջվող կապիտալ ներդրումները և շահագործման ծախսերը, ապա տարեկան բնապահպանական արդյունքը դառնում է բացասական: Չնայած այն հանգամանքին, որ խնայված բնապահպանական վճարները չեն փոխհատուցում միջոցառման իրականացման համար կատարվող ծախսերը, այնուամենայնիվ, էկոլոգիական չափորոշիչների պահպանման անհրաժեշտությունը պարտադրում է դրանց իրականացումը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Технологические методы защиты окружающей среды от выбросов вредных соединений в энергетике и химическом производстве: Учебное пособие / **А.В. Ефимов, М.А. Цейтлин, А.Л. Гончаренко и др.** – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. – 217 с.
2. **Росляков П.В.** Методы защиты окружающей среды: Учебник для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007.- 336 с.
3. **Кабишов С.М., Трусова И.А., Ратников П.Э., Менделев Д.В.** Анализ эффективности технологических методов снижения выбросов NO_x при сжигании углеводородного топлива в теплоэнергетических установках // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2013. – 2. - С. 48-53.
4. **Մարության Ո.Ջ., Էլբակյան Ս.Շ.** Ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների համադրական վերլուծություն // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2011.- Հատոր 3. - էջ 392-397:
5. **Էլբակյան Ս.Շ.** Այրիչների հարմարադասման ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա. – Երևան, 2017. - Հատ. 70, N3. - էջ 340-349:

Վ.Յ. ՄԱՐՈՒՅԱՆ, Ս.Գ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАНЦИИ

Проведена экологическая оценка внутритопочных режимно-технологических мероприятий, реализуемых с целью подавления выхода оксидов азота, с учетом изменения характеристик зоны активного горения. Проанализированы причины изменения нетто КПД котла, оценена степень его снижения и рассчитан годовой экологический эффект от реализованного мероприятия.

Ключевые слова: режимно-технологические мероприятия, зона активного горения, ступенчатое сжигание, рециркуляция дымовых газов, технико-экономические показатели, годовой экологический эффект.

V.Z. MARUKHYAN, S.H. ELBAKYAN

**ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CLEANING PROCESS OF FLUE
GASES FROM NITROGEN OXIDES AND THEIR STUDY OF THE
INFLUENCE ON THE TECHNICAL INDICATORS OF THE STATION**

An ecological evaluation of the in-plant regime-technological measures is carried out, in order to suppress the release of nitrogen oxides, taking into account the change in the characteristics of the zone of active combustion. The reasons for the change in the net efficiency of the boiler is analyzed, the degree of its decrease is assessed, and the annual environmental effect of the implemented measure was calculated.

Keywords: regime-technological measures, active combustion zone, gradual combustion, flue gas recirculation, technical and economic indicators, annual environmental effect.