

Ս.Հ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

ԱՅՐԻՉՆԵՐԻ ՀԱՐՄԱՐԱԴԱՍՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱԶՈՏԻ ԹԵՐՄԻԿ
ՕՔՍԻԴՆԵՐԻ ԵԼՔԻ ՎՐԱ

Այրիչների տիպային դասավորվածությունը էական ազդեցություն ունի ազոտի օքսիդների ելքի վրա՝ պայմանավորված հնոցային խցում ջերմանջատման, այրման արգասիքներով հնոցային տարածության լցվածության և ջերմազանգվածափոխանակության պայմանների փոփոխությամբ: Նպատակ ունենալով գնահատելու այրման արգասիքներում պարունակվող ազոտի օքսիդների քանակությունը այրիչների տարբեր հարմարադասման դեպքում՝ մշակվել են հաշվարկային ալգորիթմ և համապատասխան բլոկ-սխեմա: Գնահատվել է նաև ջահի հովացման արագության ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա:

Առանցքային բառեր. ազոտի թերմիկ օքսիդներ, այրիչների ճակատային հարմարադասում, այրիչների հատակային հարմարադասում, այրման ակտիվ գոտի, ջահի հովացման արագություն:

ՋԷԿ-երի ծխագազերում պարունակվող վնասակար միացություններով շրջակա միջավայրին հասցված վնասը նվազեցնելու համար անհրաժեշտ է իրականացնել վառելիքի ավանդական այրման գործընթացի որոշակի վերափոխում: Մասնավորապես, ազոտի օքսիդների ելքի նվազեցման առավել նպատակային և տնտեսավետ տարբերակ է վառելիքի այրման ռեժիմատեխնոլոգիական գործընթացի ճիշտ կազմակերպման շնորհիվ դրանց ելքի ճնշումը [1]: Հեղուկ և գազային վառելիքների այրման դեպքում, դեպի շրջակա միջավայր արտանետվող ազոտի օքսիդների կրճատման նպատակով, ներկայումս կիրառվող ամենաարդյունավետ միջոցառումներից են.

- ✓ այրման գործընթացի կազմակերպումը օդի ավելցուկի գործակցի փոքր արժեքների դեպքում,
- ✓ երկ-, եռաստիճան այրման կազմակերպումը,
- ✓ ծխագազերի վերաշրջանառությունը,
- ✓ այրման ակտիվ գոտի խոնավության կամ շոգու մատուցումը,
- ✓ հնոցային ծավալում այրման ակտիվ գոտու (ԱԱԳ) կենտրոնացումը և ջահի հովացման արագության մեծացումը:

Միաժամանակ ապացուցված է, որ ազոտի օքսիդների ելքի նվազման նպատակով իրականացվող ռեժիմատեխնոլոգիական որոշ միջոցառումներ (մասնավորապես հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցումը, աստիճանական այրման

գործընթացի սխալ կազմակերպումը) մեծացնում են հեռացող ծխագազերում թերայրման արգասիքների (ածխածնի մոնօքսիդի և բենզապիրենի) ի հայտ գալու հավանականությունը, ուստի միջոցառման ընտրությունը և տեխնոլոգիական իրականացումը պետք է լինեն ճիշտ կազմակերպված և վերահսկելի [2]:

Ծխագազերի վերաշրջանառության արդյունքում ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատման արդյունավետությունը էապես կախված է վերաշրջանառվող ծխագազերի քանակությունից, դրանց ջերմաստիճանից, ինչպես նաև ջահում այրման արգասիքների հետ խառնման ինտենսիվությունից, դեպի հնոց մատուցման ձևից և այրիչում վերաշրջանառվող գազերի և օդի արագությունների հարաբերակցությունից:

Այրման ակտիվ գոտի խոնավության կամ շոգու մատուցումը (որպես կանոն, վառելիքի ծախսի 5...8%-ի չափով) նվազեցնում է ազոտի օքսիդների արտանետումները 15...30%-ով, սակայն հանգեցնում է շոգեկաթսայի օ.գ.գ.-ի 0,5...1%-ով փոքրացման: Չնայած կարգավորման դյուրինությանը, պարզությանը և կապիտալ նվազ ծախսերին՝ այս մեթոդը նպատակահարմար է իրականացնել անբարենպաստ օդերևութաբանական պայմանների դեպքում կամ վթարային իրավիճակներում:

Հնոցային ծավալում այրման ակտիվ գոտու կենտրոնացումը կատարվում է ի հաշիվ այրիչների հարմարադասման: Շարադրվածն առավելապես վերաբերում է այրիչների տիպային դասավորվածության դեպքում հնոցային խցում ջերմանջատման, այրման արգասիքներով հնոցային տարածության լցվածության և ջերմազանգվածափոխանակության պայմաններին [3]: Վերջին հաշվով այս գործոններն են պայմանավորում ազոտի օքսիդների քանակական ելքը:

Մտորն ներկայացված են (աղյուսակ) այրիչների տիպային հարմարադասման ընդհանրական բնութագրերը՝ հաշվի առնելով հնոցում ձևավորվող ազոտի օքսիդների վրա ունեցած ազդեցությունը [4, 5]:

Այրիչների տիպային հարմարադասման ընդհանրական բնութագրերը

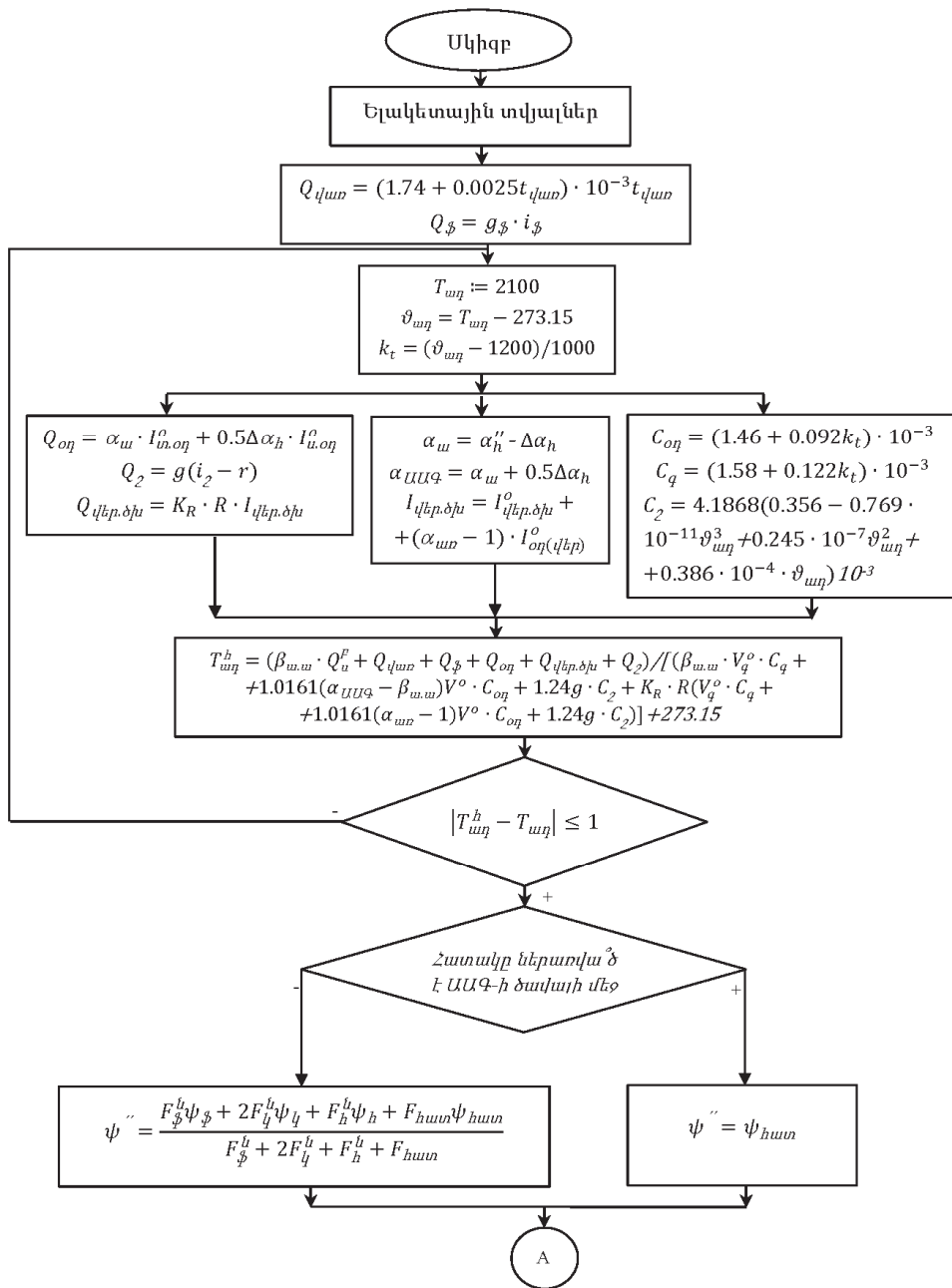
Հարմարադասման տիպը	Առավելությունները	Թերությունները
1	2	3
Ճակատային	<ul style="list-style-type: none"> - Հարմար է շահագործման և կառուցման, իսկ կարծր վառելիքի այրման դեպքում՝ նաև աղացների հարմարադասման տեսանկյունից, - վառելիքատարները ստացվում են կարճ, միննույն երկարությամբ և միատեսակ, - այրիչները, վառելիքատարները, օդատարները և դրանց կառավարման համակարգերը վերանորոգման և սպասարկման տեսանկյունից ավելի հարմար են: 	<ul style="list-style-type: none"> - Վառելիքի վերջնայրումը կատարվում է բարձրացող հոսքի նեղ շերտում՝ հետին պատին մոտ, - անխուսափելի է ջահի հպումը հնոցային խցի հետին պատին, - թույլ չի տալիս լավ օգտագործել հնոցային խցի ողջ ծավալը՝ ճակատային պատի մոտ գոյացող երկարաձգված մրրկային հոսքերի պատճառով, - հանգեցնում է հնոցի պարագծի էկրանային խողովակների անհավասարաչափ ջերմընկալմանը և խողովակների խարամապատման ինտենսիվության մեծացմանը, - բարձրացող հոսքի մեծ արագության հետևանքով կրճատվում է հնոցային ծավալում վառելիքի մնալու ժամանակը, ինչը մեծացնում է դրա թերայրման հավանականությունը:

Աղյուսակի շարունակություն

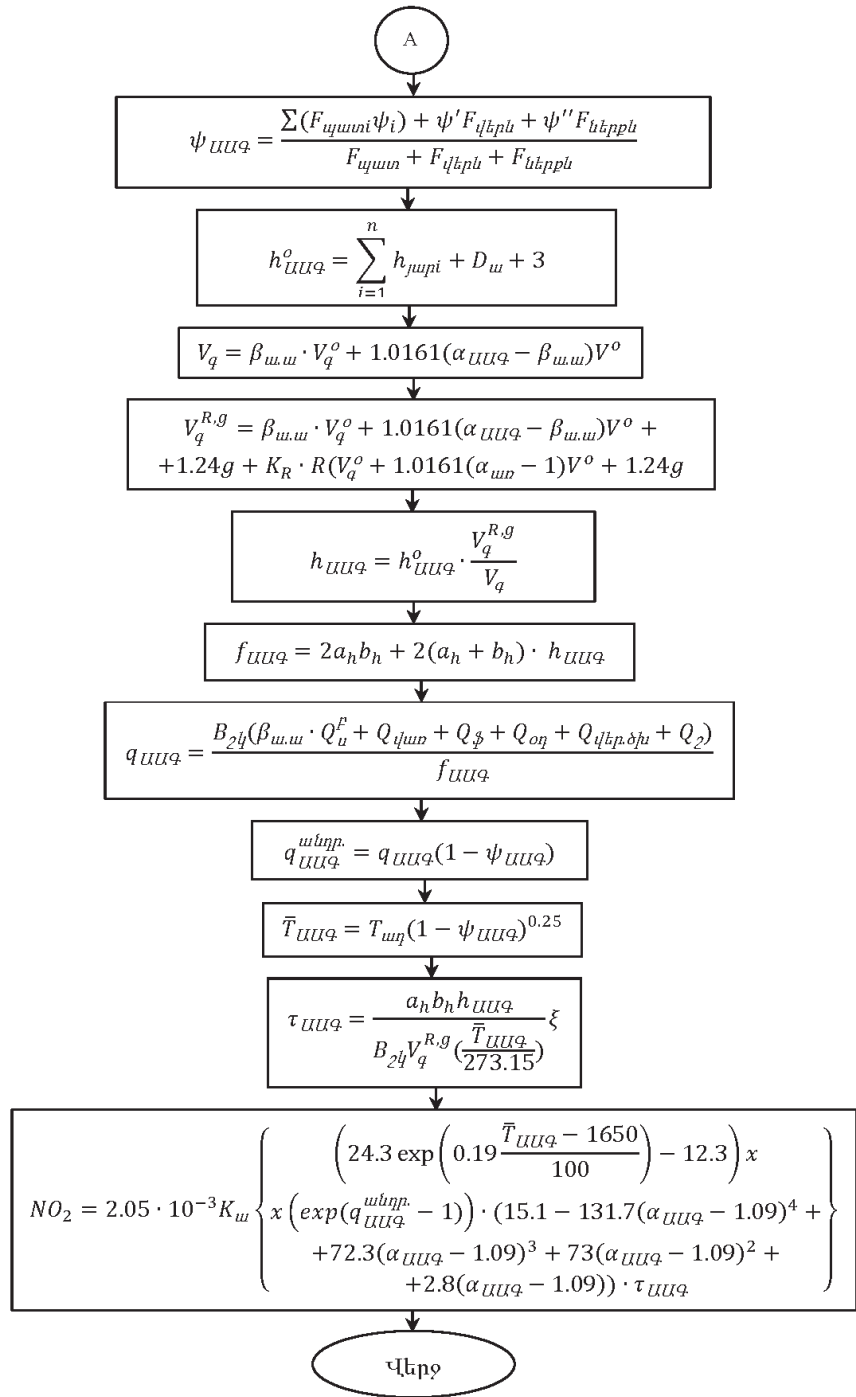
1	2	3
<p>Հանդիպակաց</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Նպաստում է վառելիքի այրման գործընթացի արդյունավետության մեծացմանը, - թույլ է տալիս բացառել էկրանային խողովակների վրա ջահի անմիջական դինամիկ ազդեցության հնարավորությունը, - ըստ հնոցի լայնության՝ ջերմաստիճանային դաշտը ստացվում է հավասարաչափ, - հանդիպակաց ջահերի փոխհարվածման դեպքում հնոցային խցում ջերմազանգվածափոխանակությունը լավանում է, իսկ սա իր հերթին նպաստում է վառելիքի բոցավառման և այրման գործընթացի արդյունավետության բարձրացմանը, - այրման գործընթացն ավելի կայուն է և բավականին ինտենսիվ ընթանում է օդի ավելցուկի գործակցի փոքր արժեքների պայմաններում: 	<ul style="list-style-type: none"> - Հնարավոր է ջահի հպումը հնոցի կողային պատերին, ինչն էլ կանխարգելելու համար կողային պատի և այրիչների միջև հեռավորությունը ընտրվում է միջայրիչային հեռավորությունից ավելի մեծ, - այրիչների մոտ ջահի հորիզոնական կտրվածքը հարևան այրիչների ջահերով էականորեն կտրված է հնոցային խցի էկրանային մակերևույթներից, ինչը բարդացնում է էկրանային խողովակների ջերմատվությունը և նպաստում է ազոտի օքսիդների էլքի մեծացմանը, - գործնականում դժվար է պահպանել հանդիպակաց այրիչային հոսքերի շարժման քանակների հավասարությունը, որի խախտման դեպքում այրման միջուկը կտեղաշարժվի դեպի հնոցի հետին կամ ճակատային պատը:
<p>Հանդիպակաց – տեղաշարժված</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Այրիչների նվազագույն հեռահարության շնորհիվ էկրանային խողովակները պաշտպանված են հոսքի դինամիկ ազդեցությունից, - ինտենսիվանում է շիթերի միջև ջերմազանգվածափոխանակությունը, - հանդիպակաց հոսքերի փոխադարձ արգելակման հետևանքով հնոցում ծխագազերի վերամբարձ շարժման արագությունը նվազում է՝ նպաստելով հնոցում վառելիքի մնալու տևողության մեծացմանը, հնոցային խցի լավ լցվածությանը, - ապահովում է ազոտի թերմիկ օքսիդների փոքր էլքը: 	<ul style="list-style-type: none"> - Նպատակահարմար է միայն ճեղքային այրիչների կիրառման դեպքում: - յարուսների քանակը սահմանափակ է:

1	2	3
Տանգենցիալ	- Այրիչների տանգենցիալ հարմարադասմամբ հնոցներն ունեն շրջապատող տարածությունից ծխագազերի մեծ էժեկցիա դեպի հիմնական հոսք և դրանից ինտենսիվ ջերմատվություն, - հնոցային խցում ջերմային հոսքերի բավականին հավասարաչափ բաշխվածության հետևանքով ջահում ջերմաստիճանները կայունանում են ոչ շատ բարձր տիրություն, որն էլ էականորեն նվազեցնում է ազոտի թերմիկ օքսիդների առաջացումը:	- Ցանկալի աերոդինամիկական պայմաններ ստանալու համար հնոցի կտրվածքը պետք է լինի քառակուսի կամ էլ քառակուսուն մոտ տեսքի, -այրիչները պետք է տեղաբաշխված լինեն կամ հնոցի անկյուններում, կամ էլ պարագծով:
Հատակային	- Հնոցային խցում առաջանում են օպտիմալ պայմաններ ջահի ակտիվ գոտու հովացման համար, - նվազեցնում են ջահում առավելագույն ջերմաստիճանները, - նվազագույնի է հասնում ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքը:	- Կառուցվածքային բարդություն, - օդի կազմակերպված մատուցման և կարգավորման բարդություն:

Առաջնորդվելով կատարված ընդհանրական վերլուծության արդյունքներով և Հրագրանի ՊՇԷԿ-ի TFM-104 շոգեկաթսայի 12 ճակատային այրիչների՝ 10 հատակային այրիչներով (վերջիններիս արտադրողականությունը, ըստ վառելիքի, գերազանցում է սովորական գազամագուծային այրիչների հզորությանը, որոնք դրվում են հնոցի ուղղահայաց պատերին) փոխարինման արդյունքում ստացված շահագործման տվյալներով, նպատակ է դրվել մշակել այրիչների տարբեր հարմարադասման պարագայում այրման արգասիքներում պարունակվող ազոտի օքսիդների քանակության հաշվարկման ալգորիթմ, որի հիման վրա կառուցված բլոկ-սխեման բերված է նկ. 1-ում: Մշակված բլոկ-սխեմայի և Excel ծրագրային փաթեթի կիրառմամբ կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ այրիչների հարմարադասման փոփոխությունը, հաշվի առնելով դրանցից յուրաքանչյուրի դեպքում հնոցային տարածության լցվածության գործակիցները և այրման ակտիվ գոտում ծխագազերի մնալու ժամանակամիջոցը, հանգեցնում է այրման ակտիվ գոտում ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցման ($\Delta T_{\text{ուգ}} = T_{\text{ուգ}}^{\text{հ}} - T_{\text{ուգ}}^{\text{ս}} \approx 130 \text{ }^\circ\text{C}$) և, հետևաբար, նաև ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի նվազեցման [4]:



Նկ. 1. Այրման արգասիքներում պարունակվող ազոտի օքսիդների քանակության հաշվարկման բրկ-սխեման



Նկ. 1-ի շարունակությունը

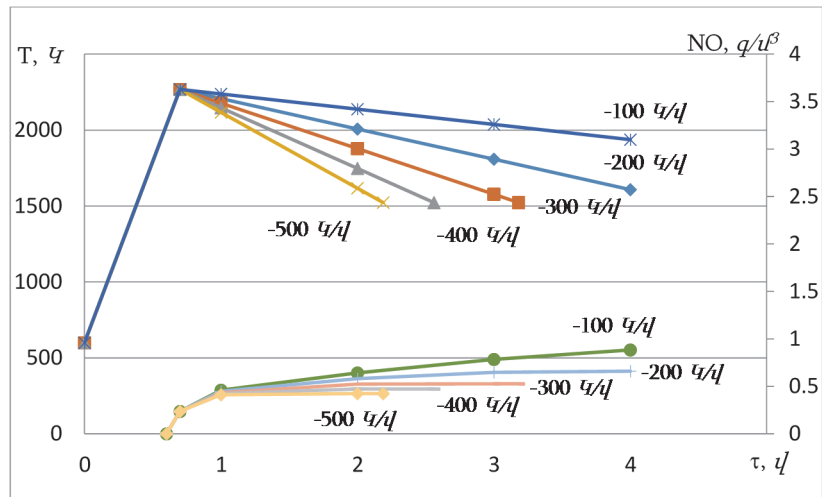
Ընդ որում, ծխագազերի վերաշրջանառության բացակայության դեպքում այրիչների հարմարադասման փոփոխությունը, հնոցային աերոդինամիկայի և ջերմազանգվածափոխանակության պայմանների բարելավման շնորհիվ, հանգեցնում է թերմիկ NO-ների մոտավորապես 20% նվազմանը: Ալգորիթմը հնարավորություն է ընձեռում հաշվի առնել նաև վերաշրջանառվող ծխագազերի քանակության, դրանց հնոց մատուցման ձևի, ինչպես նաև այրման գոտի խոնավության կամ շոգու մատուցման դեպքում ազոտի օքսիդների ելքի կրճատումը:

Պոլություն ունեցող տվյալների վերլուծությունը վկայում է այն մասին, որ ջերմային էլեկտրակայաններում հեղուկ և գազային վառելիքների այրման արդյունքում ձևավորվող ազոտի օքսիդների գերակշիռ մասը թերմիկ NO-երն են, որոնց առաջացումը տեղի է ունենում ջերմաստիճանային համեմատաբար փոքր տիրույթում՝ $T_{\text{UUQ}}^{\text{max}}$ -ից մինչև $T_{\text{UUQ}}^{\text{max}} - \Delta T_{\text{NO}}$: Գրված տարբերության վերջին բաղկացուցիչը կոչվում է Դ.Ա. Ֆրանկ-Գամենցկու <<ջերմաստիճանային աստիճան>> և որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝ $\Delta T_{\text{NO}} = R(T_{\text{UUQ}}^{\text{max}})^2/E$, որում $T_{\text{UUQ}}^{\text{max}}$ -ը այրման ակտիվ գոտու առավելագույն ջերմաստիճանն է, γ , R -ը՝ ունիվերսալ գազային հաստատունը, իսկ E -ն՝ ազոտի օքսիդների առաջացման ռեակցիայի ակտիվացման էներգիան, որի թվային արժեքը հավասար է 560 կՋ/մոլ [6]:

Դեպի մթնոլորտ արտանետվող ազոտի օքսիդների քանակական փոփոխությունը հաշվարկելու համար, կախված այրման ակտիվ գոտու ջերմաստիճանից և ջահի հովացման արագությունից, կատարվել են որոշակի ընդունելություններ: Մասնավորապես, ջահի սկզբնական ջերմաստիճանը ընդունվել է $T_o = 600$ Կ, իսկ հնոցի վերջնամասում ծխագազերի ջերմաստիճանը՝ $T_{\text{լ}} = 1523$ Կ (որպես գազամագույն կաթսաների հնոցի էլքում ծխագազերի բնութագրիչ ջերմաստիճան), ջահի հովացման արագությունը՝ $\varphi_{\text{հոլ}} = (T_{\text{լ}} - T_{\text{UUQ}}^{\text{max}})/\tau_{\text{հոլ}}$, որտեղ $\tau_{\text{հոլ}}$ -ը $T_{\text{UUQ}}^{\text{max}}$ -ից մինչև $T_{\text{լ}}$ ջերմաստիճանային միջակայքում ծխագազերի մնալու ժամանակն է, գնահատվել է $\varphi_{\text{հոլ}} = -(100 \dots 500)$ Կ/վ տիրույթում: Հաշվի առնելով վերոնշյալ ալգորիթմի իրականացման արդյունքում ստացված և հատակային այրիչներով կահավորված TTM-104 շոգեկաթսայի շահագործման արդյունքում Հրագդանի ՊՇԷԿ-ում առկա տվյալները՝ նպատակային է համարվել այրման ակտիվ գոտում առավելագույն ջերմաստիճանը վերցնել հենց հատակային այրիչների տեղակայման դեպքում ստացված հաշվարկային ջերմաստիճանը՝ 2267,3 Կ:

Նկ. 2-ում բերված գրաֆիկական առնչությունը պատկերում է ջահի հովացման տեմպի ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա: Ստացված գրաֆիկական առնչությունից կարելի է եզրակացնել, որ ջահի հովացման արագության մեծացմանը զուգընթաց յուրաքանչյուր հաջորդ վայրկյանում, պայմանավորված հնոցային խցում ջերմաստիճանի մակարդակի նվազմամբ, առաջա-

ցող ազոտի թերմիկ օքսիդների քանակությունը նվազում է, ընդ որում, որոշակի ջերմաստիճանից սկսած (կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ նշված ջերմաստիճանը կազմում է մոտավորապես 1800 Գ) առաջացող թերմիկ օքսիդների քանակությունը գրեթե աննշան է լինում:



Նկ. 2. Ջահի հովացման տեմպի ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա

Առաջնորդվելով նույն դատողություններով՝ նմանօրինակ գրաֆիկական առնչություններ կարելի է ստանալ նաև այրիչների ճակատային հարմարադասման դեպքում, սակայն այս դեպքում այրման ակտիվ գոտու առավելագույն ջերմաստիճանը և առաջացող թերմիկ օքսիդների քանակությունը կլինեն ավելին: Կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ այրիչների ճակատային հարմարադասման դեպքում $T_{\text{սս}}^{\text{max}}$ -ն մոտ 130 Գ-ով գերազանցում է այրիչների հատակային հարմարադասման դեպքում նույն ջերմաստիճանը, իսկ ԱԱԳ-ում առաջացող թերմիկ օքսիդների քանակությունն աճում է մոտ 40%-ով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Մարուխյան Ռ.Ջ., Էլբակյան Ս.Ն.** Ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների համադրական վերլուծություն // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու.- Երևան, 2011.- Հատոր 2. էջ 392-397:
2. **Էլբակյան Ս.Ն.** Օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցման ժամանակ ՋԷԿ-երի գազային արտանետումների վտանգավորության աստիճանի գնահատման ակտիվիտեի մշակումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա.-2013.-Հատ. 66, N2.-էջ 133-138:
3. **Блинов Е.А.** Топливо и теория горения. Раздел: подготовка и сжигание топлива: Учеб.-метод комплекс (Учеб. пособие). - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – 119 с.

4. **Росляков П.В.** Методы защиты окружающей среды: Учебник для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007.-336 с.
5. **Хзмалян Д.М.** Теория топочных процессов: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1990.-352 с.
6. **Росляков П.В., Зинкина Н.В.** Влияние условий теплообмена в топочных камерах на образование термических оксидов азота // Теплоэнергетика – 1991.- N12. - С. 60-62.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.06.2017:

С.Г. ЭЛБАКЯН

ВЛИЯНИЕ КОМПОНОВКИ ГОРЕЛОК НА ВЫХОД ТЕРМИЧЕСКИХ ОКСИДОВ АЗОТА

Типичная компоновка горелок оказывает существенное влияние на выход оксидов азота, что обусловлено теплоотдачей в камере сгорания, наполнением продуктов сгорания в топочной камере и изменениями условий тепломассообмена. С целью оценки количества оксидов азота, содержащихся в продуктах сгорания, для различных случаев компоновки горелок разработаны расчётный алгоритм и соответствующая блок-схема. Оценено также влияние скорости охлаждения факела на выход термических оксидов азота.

Ключевые слова: термические оксиды азота, фронтальная компоновка горелок, подовая компоновка горелок, зона активного сгорания, скорость охлаждения факела.

S.H. ELBAKYAN

THE INFLUENCE OF THE BURNER ARRANGEMENT ON THE EXIT OF THERMAL OXIDES OF NITROGEN

The typical arrangement of burners has a significant influence on the formation of thermal oxides of nitrogen caused by changes in the heat and mass exchange conditions in the furnace and by changes in the furnace fullness with exhaust gases. Aimed at evaluating the amount of nitrogen oxides in exhaust gases at different arrangements of burners, an evaluation algorithm and an adequate diagram are developed. The influence of the cooling effect of the torch on nitrogen oxide formation is also estimated.

Keywords: nitrogen thermal oxides, frontal arrangement of burners, on-floor arrangement of burners, active combustion zone, the torch cooling speed.