

ՋԵՐՄԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ, ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՏԴ 621.311.22:574

Ո.Ջ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ս.Հ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

**ԱՋՈՏԻ ՕՔՍԻԴՆԵՐԻ ՄԱՔՐՄԱՆ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՍԵԼԵԿՏԻՎ
ԿԱՏԱԼԻՏԻԿ ՄԵԹՈԴԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ ԱՄՈՆԻԱԿԻ ԱՐՏԱՆԵՏՄԱՆ
ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ**

Իրականացվել է ազոտի օքսիդների մաքրման վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդի կիրառման նախադրյալների ուսումնասիրում: Հաշվարկվել են կատալիտիկ ռեակտորից ամոնիակի տարվածքով պայմանավորված օդային ավազանին հասցված տարեկան տնտեսական վնասի մեծությունը և կանխված էկոլոգիական վնասը՝ ազոտի օքսիդների և ամոնիակի գումարային արտանետման դեպքում:

Առանցքային բաներ. վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդ, կատալիտիկ ռեակտոր, ամոնիակի տարվածք, կատալիզատորի ծավալ, տնտեսական վնաս, կանխված էկոլոգիական վնաս:

Էկոլոգիապես անվտանգ ջերմային էլեկտրակայաններից (ՋԷԿ) դեպի մթնոլորտ արտանետվող ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների համաշխարհային փորձի վերլուծությունը վկայում է, որ.

1. ազոտի օքսիդների (NOx) սահմանային թույլատրելի չափաքանակները չգերազանցելու նպատակով անհրաժեշտ է իրականացնել ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական (առաջնային) և ծխագազերից քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդների մաքրման (երկրորդային) միջոցառումներ: Ընդ որում, ասվածը վերաբերում է ոչ միայն նոր կառուցվող, այլև արդեն շահագործվող ՋԷԿ-երին,

2. գազային վառելիքի այրման պարագայում առաջնային միջոցառումների համալիր կիրառմամբ կարելի է արտանետվող ազոտի օքսիդների կոնցենտրացիան մոտեցնել էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երի համար ընդունելի մակարդակին՝ 150...200 մգ/մ³,

3. հեղուկ և կարծր վառելիքների այրման պարագայում արտանետվող ազոտի օքսիդների թույլատրելի չափորոշիչների պահպանման նպատակով պահանջվում է նաև քիմիական եղանակով ծխագազերի մաքրում [1]:

[2]-ում կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են, որ ազոտի օքսիդների արտանետումների տեսանկյունից էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչները կարելի է ապահովել նվազագույնը 80% արդյունավետություն ունեցող միջոցառումների իրականացմամբ: Հաշվի առնելով վերը

շարադրվածը՝ կարելի է նշել, որ հեղուկ վառելիքով աշխատող էլեկտրակայանում էկոլոգիական տեսանկյունից արդարացված կլինի քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդներից ծխազագերի մաքրման գործընթացի կազմակերպումը կամ դրա համակցումը ռեժիմատելիսնոլոգիական որևէ միջոցառման հետ:

Ծխազագերից քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդների մաքրման գործնականորեն կիրառվող տարբերակները երեքն են.

1. հոմոգեն՝ ազոտի օքսիդներից (NO , NO_2) ամոնիակի միջոցով մոլեկուլյար ազոտի վերականգնումն է ծխազագերի բարձր ջերմաստիճանային տիրույթում,

2. կատալիտիկ՝ ամոնիակի միջոցով մոլեկուլյար ազոտի սելեկտիվ (ընտրողական) վերականգնումն է,

3. կլանման՝ զանազան կլանիչների միջոցով NO_x -երի կլանումն է՝ SO_2 -ի միաժամանակյա աբսորբցումով:

Բարձր ջերմաստիճանային, ինչպես նաև վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ (V_2O_5) և ոչ կատալիտիկ (V_2O_5) մեթոդների արդյունավետությունը խիստ կերպով կախված է ջերմաստիճանային այն միջակայքից, ուր մատուցվում է ամոնիակը [3]: Փոխազդեցության համար պահանջվող ջերմաստիճանային միջակայքի չափահովելու կամ գերազանցելու պարագայում ի հայտ են գալիս լրացուցիչ հիմնախնդիրներ, ընդ որում, ոչ միայն էկոլոգիական բնույթի, այլ նաև շահագործողական՝ պայմանավորված ամոնիումի բիսուլֆիտով ռեգեներատիվ օդատաքացուցչի հնարավոր խցանմամբ: Ջերմաստիճանային առաջադրված միջակայքը պահպանելու պարագայում հնարավոր է ազոտի օքսիդների ելքը նվազեցնել 90%-ով, ինչը էկոլոգիական տեսանկյունից խիստ ցանկալի արդյունք է:

Քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդների մաքրման վերոնշյալ տարբերակներից լայն կիրառություն են գտել վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ և ոչ կատալիտիկ մեթոդները՝ լայնորեն ներդրվելով եվրոպական, ամերիկյան և ճապոնական մի շարք էլեկտրակայաններում:

Ազոտի մոնօքսիդի և երկօքսիդի հետ ամոնիակի սելեկտիվ փոխազդեցությունը արդյունավետ ընթանում է $900\text{...}1000^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանային պայմաններում: Ջերմաստիճանի նվազեցման համար ($340\text{...}380^\circ\text{C}$) օգտագործում են կատալիզատորներ, որոնց արտաքին մակերևույթներին ընթացող ռեակցիաների արդյունքում տեղի են ունենում մոլեկուլյար ազոտի ձևավորում, սակայն, բացի այդ գործընթացից, կատալիզատորի մակերևույթին տեղի է ունենում ամոնիակի հետ ծծմբի օքսիդների փոխազդեցության ռեակցիաներ, որոնք թունավորում են կատալիզատորը և նվազեցնում դրա շահագործման փաստացի ժամկետը:

Ուստի, ելնելով վերը շարադրվածից, կարելի է նշել այն պահանջները, որոնք ներկայացվում են կատալիզատորին՝

✓ ջերմաստիճանների լայն տիրույթում՝ NO_x-երից մոլեկուլյար ազոտի վերականգնման բարձր ակտիվություն,

✓ ըստ NO_x-երի՝ մեծ ընտրողականություն,

✓ ծծմբի միացությունների հետ ռեակցման ցածր ակտիվություն,

✓ կարծր մասնիկների քայքայիչ ազդեցության և թունավորման նկատմամբ կայունություն,

✓ երկարատև օգտագործման հնարավորություն:

Նշված պահանջներին համապատասխանում են հետևյալ նյութերը՝

1. տիտանի, ալյումինի կամ սիլիցիումի օքսիդ՝ ծակոտկեն ձևով,

2. վանադիումի, մոլիբդենի, վոլֆրամի և այլ մետաղների օքսիդների խառնուրդներ:

Ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման և մոլեկուլյար ազոտի վերականգնման գործընթացի վրա էական ազդեցություն ունի կաթսայի գազատարում ՎՍԿ տեղակայանքի օպտիմալ հարմարադասումը, որն իրականացվում է 2 տարբերակով.

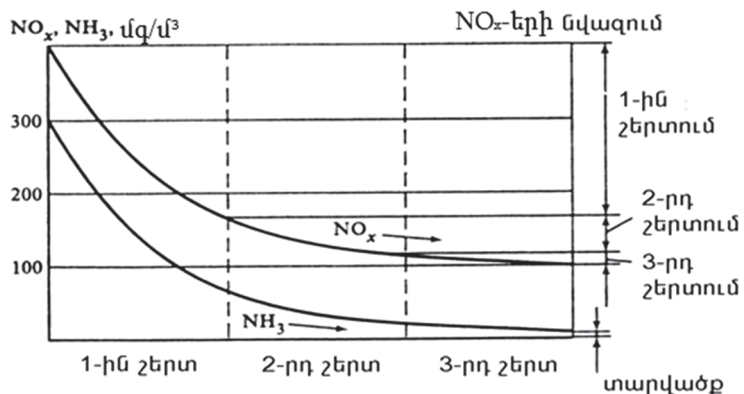
✓ ՎՍԿ տեղակայանքը հարմարադասվում է օդատաքացուցից առաջ (ջրային էկոնոմայզերից հետո) այսինքն՝ այնպիսի տիրույթում, որում առկա է մոտավորապես 350°C ջերմաստիճան: Այսպիսի տեղակայանքը կարելի է անվանել «տաք» ՎՍԿ տեղակայանք:

✓ ՎՍԿ տեղակայանքը հարմարադասվում է էլեկտրազտիչից և ծծմբորսիչ տեղակայանքներից հետո (կարծր և հեղուկ վառելիքների դեպքում) և անվանվում է «սառը» ՎՍԿ տեղակայանք[4]:

Ակնհայտ է, որ հարմարադասման տարբերակներից յուրաքանչյուրն ունի և առավելություններ և թերություններ, իսկ տարբերակներից որևէ մեկի ընտրությունը հիմնավորվում է տեխնիկատնտեսական հաշվարկով: Հարմարադասման «տաք» սխեմայի դեպքում որպես առավելություն կարելի է նշել կատալիտիկ ռեակտորի մուտքում NO_x-ից մոլեկուլյար ազոտի արդյունավետ վերականգնմանը նպաստող օպտիմալ ջերմաստիճանի առկայությունը, ինչի շնորհիվ ռեակտորից առաջ ծխագազերի ջերմաստիճանի լրացուցիչ բարձրացում չի պահանջվում: Կաթսայի գիշերային բեռնաթափումից հետո, գործարկման-կանգառման ռեժիմների դեպքում, «տաք» ՎՍԿ տեղակայանքի նորմալ շահագործման համար պահանջվում է երկու բայպասային գիծ՝ էկոնոմայզերի բայպաս (էկոբայպաս) և ռեակտորի բայպաս (ռեակտոր-բայպաս): Բայպասների առկայությունը թույլ է տալիս ՎՍԿ տեղակայանքի թողարկման և ամոնիակի մատուցման ժամանակամիջոցը կրճատել մինչև 4 ժամ, մինչդեռ առանց բայպասների՝ կազմում է 11.4 ժամ:

«Տաք» ՎՍԿ տեղակայանքի շահագործման ընթացքում ամոնիումի բիսուլֆիտով ռեգեներատիվ օդատաքացուցչի հնարավոր խցանման, դրա լվացման արդյունքում ձևավորվող հոսքաջրերի քանակի ավելացման, էներգաբլոկի տեղակայված հզորությամբ աշխատելու ժամերի նվազման հանգամանքներով պայմանավորված՝ մշակվեց ՎՍԿ տեղակայանքի «սառը» տարբերակը, որում ռեակտորի արդյունավետ աշխատանքի համար կազմակերպվում է ծխագազերի լրացուցիչ տաքացում մազուփի կամ բնական գազի այրման ջերմությամբ: Հնարավոր է նաև ծխագազերի տաքացում բարձր պարամետրերի շոգիով (հատուկ ջերմափոխանակչում): «Սառը» ՎՍԿ տեղակայանքի շահագործման դեպքում կրճատվում է կատալիտիկ ռեակտորի թողարկման ժամանակամիջոցը, և հեշտանում դրա հարմարադասումը, ընդ որում, այս հանգամանքը հաճախ վճռական է լինում գործող կայանում «սառը» ՎՍԿ տեղակայանքի հարմարադասման տեսանկյունից:

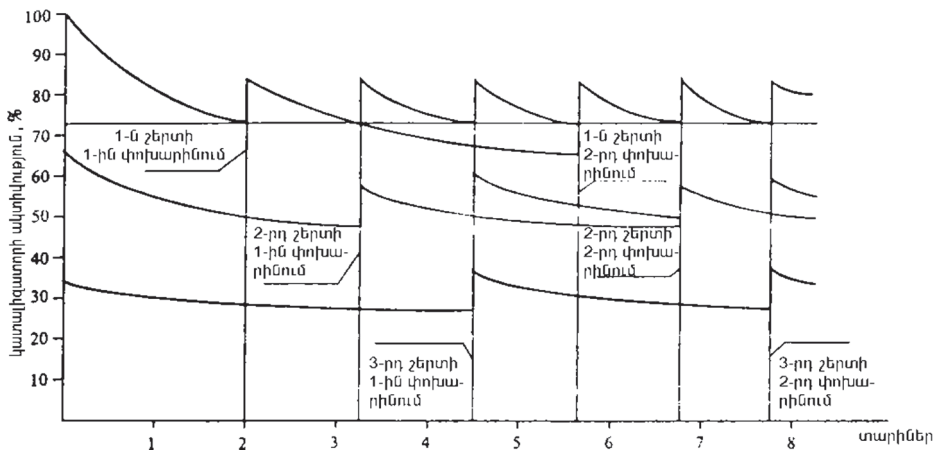
ՎՍԿ տեղակայանքի հիմնական հանգույցը կատալիտիկ ռեակտորն է: Վերջինս կազմված է կերամիկական բջիջներից ձևավորվող մոդուլներից, որոնք կաթսայի գազատարում տեղադրվում են մի քանի շերտերով: Նկ. 1-ում պատկերված է եռաշերտ կատալիտիկ ռեակտորով ծխագազերի անցման ժամանակ NO_x -երի և NH_3 -ի կոնցենտրացիայի փոփոխությունը, որից երևում է, որ առավել «ծանրաբեռնված» է առաջին շերտը, որում ընթանում է NO_x -երի հիմնական մասի վերականգնումը՝ պայմանավորված դրանց և ամոնիակի կոնցենտրացիաների տարբերությամբ:



Նկ. 1. Եռաշերտ կատալիտիկ ռեակտորով ծխագազերի անցման ընթացքում NH_3 -ի և NO_x -ի կոնցենտրացիաների փոփոխությունը

Ժամանակի ընթացքում կատալիզատորի աշխատանքի արդյունավետությունը նվազում է, ինչը կարելի է կանխարգելել՝ միայն ի հաշիվ ամոնիակի

տարվածքի մեծացման: Կատալիզատորի աշխատանքի երաշխիքային ժամանակահատվածը որոշվում է ամոնիակի նվազագույն տարվածքի դեպքում՝ ռեակտորի ելքում ազոտի օքսիդների չափաքանակների սահմանային պահպանմամբ: Նկ. 2-ում պատկերված է կատալիտիկ ռեակտորի ակտիվության փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում, որից երևում է, որ շերտերի նախնական միևնույն ակտիվության դեպքում դրա հետագա փոփոխությունը կախված է շերտի դիրքից:



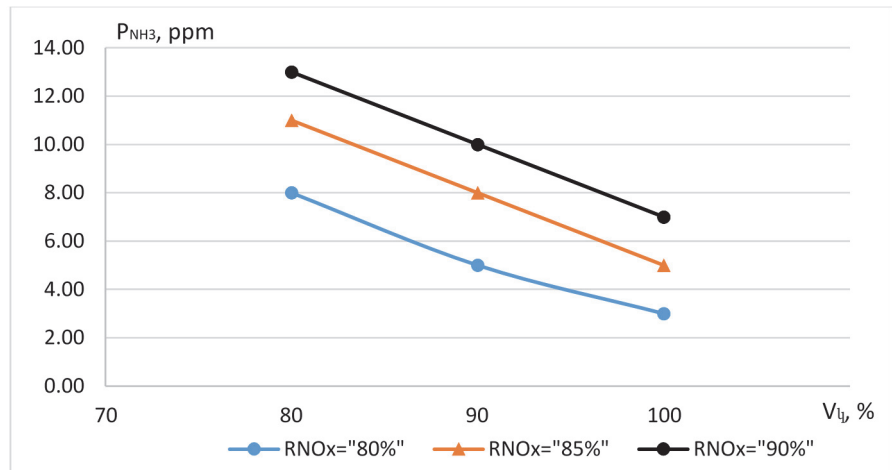
Նկ. 2. Եռաշերտ կատալիտիկ ռեակտորի ակտիվության փոփոխությունը և շերտերի մնացորդային ակտիվության օգտագործումը՝ դրանց աստիճանական փոխարինման շնորհիվ

Կատալիզատորի աշխատանքի արդյունավետությունը գնահատվում է 3 փոխկապակցված բնութագրերով՝

1. ազոտի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման արդյունավետությամբ՝ R_{NO_x} , %,
2. ամոնիակի տարվածքով՝ P_{NH_3} , ppm,
3. կատալիզատորի ծավալով՝ V_k , % [5]:

Առաջադրված խնդրի շրջանակներում դիտարկվում է 200ՄՎտ հզորությամբ, հեղուկ վառելիքով և ազոտի օքսիդների արտանետման տեսանկյունից էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներով շահագործվող էներգաբլոկ, որը NOx-երից ծխագազերի մաքրման նվազագույնը 80% արդյունավետություն ապահովելու համար կահավորվում է ՎՍԿ տեղակայանքով: Իրականացված ուսումնասիրությունների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ծխագազերի օպտիմալ ջերմաստիճանային միջակայքի պահպանման և ազոտի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման տրված արդյունավետության դեպքում չռեակցված ամոնիակի տարվածքը կախված է կատալիզատորի ծավալից:

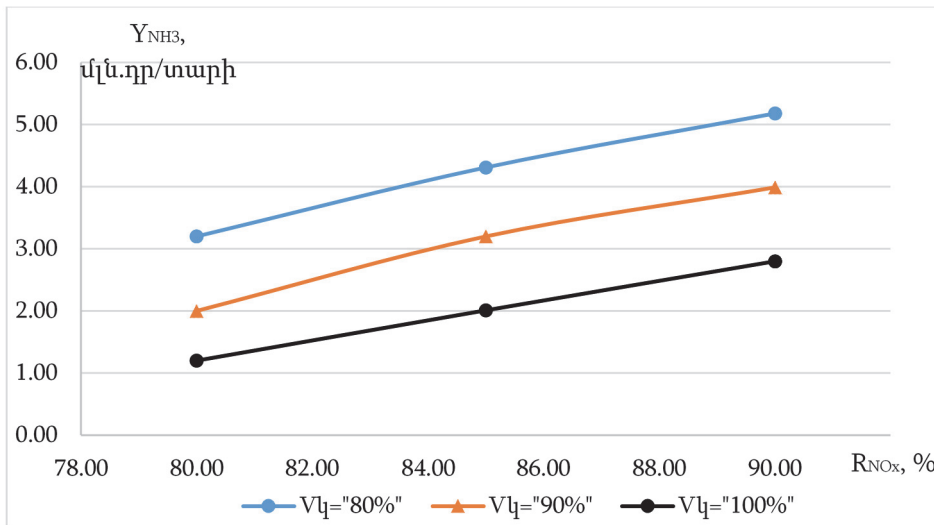
Ստորև բերված գրաֆիկական առնչությունում (նկ. 3) պատկերված է ամոնիակի տարվածքը՝ կախված կատալիզատորի ծավալից NOx-երից ծխագազերի մաքրման տարբեր արդյունավետությունների դեպքում:



Նկ. 3. Մթնոլորտ արտանետվող ամոնիակի քանակության կախվածությունը կատալիզատորի ծավալից

Պատկերված գրաֆիկական առնչությունից երևում է, որ մաքրման մեծ արդյունավետությունների դեպքում ամոնիակի տարվածքի և կատալիզատորի ծավալի միջև կախվածությունը գծային է, իսկ մաքրման փոքր արդյունավետությունների դեպքում՝ ոչ գծային: Այսպիսով, ՎՍԿ տեղակայանքում, կատալիզատորի ծավալի մեծացման շնորհիվ, կարելի է ապահովել դեպի մթնոլորտ արտանետվող ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատում՝ ընդհուպ մինչև 150...200 մգ/մ³ սահմանը՝ ամոնիակի 3 ppm նվազագույն տարվածքով:

Ամոնիակի արտանետումների համար գանձվող բնապահպանական վճարի դրույքաչափը մոտավորապես 50%-ով գերազանցում է ազոտի օքսիդների համանուն ցուցանիշը՝ պայմանավորված ամոնիակի էկոլոգիական տեսանկյունից ավելի վտանգավոր նյութ լինելու հանգամանքով, ուստի օդային ավազանին հասցված տարեկան տնտեսական վնասի մեծությունը որոշելիս հաշվի են առնվել և ազոտի օքսիդների մաքրման արդյունավետության մեծացման պարագայում ամոնիակի տարվածքի աճը, և դրա դիմաց գանձվող բնապահպանական վճարների մեծությունը: Կատարված հաշվարկների արդյունքում պատկերվել է օդային ավազանին հասցված տարեկան տնտեսական վնասի մեծությունը՝ կատալիտիկ ռեակտորից ամոնիակի տարվածքի տարբեր աստիճանների դեպքում (նկ. 4):



Նկ. 4. Ամոնիակի տարվածքով պայմանավորված՝ տնտեսական վնասի մեծությունը NO_x-երից ծխազագերի մաքրման տարբեր արդյունավետությունների դեպքում

Ստացված արդյունքներից կարելի է եզրակացնել, որ ազոտի օքսիդներից ծխազագերի մաքրման միևնույն 80% արդյունավետության և կատալիզատորի նվազագույն և առավելագույն ծավալների դեպքում, ամոնիակի տարվածքով պայմանավորված, տնտեսական վնասն աճում է $2 \cdot 10^6$ դր/տ-ով: Գրաֆիկական առնչությունից երևում է, որ գրեթե նույնարժեք ցուցանիշներ առկա են մաքրման 85% և 90% արդյունավետությունների դեպքում:

Կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են, որ ազոտի օքսիդների և ամոնիակի գումարային արտանետումների դեպքում կանխված էկոլոգիական վնասի մեծությունը, ազոտի օքսիդներից ծխազագերի մաքրման արդյունավետության մեծացմանը զուգընթաց, աճում է, չնայած այն հանգամանքին, որ միաժամանակ ավելանում է նաև կատալիտիկ ռեակտորից ամոնիակի տարվածքը: Դա բացատրվում է այն հանգամանքով, որ ազոտի օքսիդների և ամոնիակի գումարային արտանետումների պարագայում ավելի մեծ արագությամբ նվազում են դեպի մթնոլորտ արտանետվող ազոտի օքսիդները, քան աճում է ամոնիակի տարվածքը:

Այսպիսով, ստացված արդյունքներից կարելի է եզրակացնել, որ մաքրման անհրաժեշտ արդյունավետություն և նվազագույն տնտեսական վնաս կարելի է ապահովել ամոնիակի փոքր տարվածքով՝ նախապես ճիշտ գնահատելով կատալիտիկ ռեակտորում կատալիզատորի ծավալի մեծությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Инф. сб. / Под ред. **В.Я. Путилова**. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 388с.
2. **Մարուխյան Ս.Ջ., Էլբակյան Ս.Տ.** Ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների համադրական վերլուծություն // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2011.- Հատոր 3. - էջ 392-397:
3. **Алфеев А.А.** Разработка и освоение технологии очистки дымовых газов ТЭС от оксидов азота методом селективного некаталитического восстановления аммиаком: Дис. ...канд. техн. наук.- М., 1999. – 154с.
4. **Росляков П. В.** Методы защиты окружающей среды. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 336с.
5. **Абрамов А.И., Елизаров Д.П.** Повышение экологической безопасности ТЭС. - М.: Издательство МЭИ, 2002. – 377с.

Վ.Յ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ս.Գ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВЫБРОСА АММИАКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА СЕЛЕКТИВНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА

Проведено исследование использования метода селективного каталитического восстановления оксидов азота. Рассчитаны годовой экономической ущерб, причиненный воздушному бассейну за счет выброса аммиака из каталитического реактора, и предотвращенный экологический ущерб при общих выбросах оксидов азота и аммиака.

Ключевые слова: метод селективного каталитического восстановления, каталитический реактор, выброс аммиака, объем катализатора, экономический ущерб, предотвращенный экологический ущерб.

V.Z. MARUKHYAN, S.H. ELBAKYAN

RESEARCH OF CONDITIONS OF AMMONIA EJECTION AT USING THE METHOD OF SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION OF NITROGEN OXIDES

A study is conducted, using the method of selective catalytic reduction of nitrogen oxides. The annual economic damage caused to the air basin due to the leakage of ammonia from the catalytic reactor, and the prevented environmental damage from total emissions of nitrogen oxides and ammonia are calculated.

Keywords: selective catalytic reduction method, catalytic reactor, ammonia leakage, catalyst volume, economic damage, prevented environmental damage.