

Ո.Զ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ս.Հ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

**ԹԱՅ ԿՐԱՅԻՆ ՄԵԹՈԴՈՎ ԾՄԱՐԻ ՕՔՍԻԴԱՆԵՐԻՅ ՄԻԱԳԱՁԵՐԻ
ՄԱՔՐՄԱՆ ԳՈՐԾՐԹԱՅԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ**

Իրականացվել է կրաքարի որակական հատկանիշների թաց կրային մեթոդով ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման գործընթացի արդյունավետության գնահատում: Հաշվարկվել են բնական կրաքարում տարատեսակ խառնուրդների սահմանային թույլատրելի պարունակությունը և կրաքարի օգտագործման այն աստիճանը, որոնց դեպքում ծխագազերում ծծմբային անհիդրիդի պարունակությունը համապատասխանում է էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներին:

Առանցքային բառեր: ծծմբային և ծծմբական անհիդրիդներ, թաց կրային մեթոդ, աբսորբցիա, ադսորբցիա, քիմսորբցիա, կրակաթային լուծույթ:

Օրգանական վառելիքի այրման արդյունքում դեպի մթնոլորտ արտանետվող ծծմբային միացությունների (SO_2 , SO_3) քանակական կրճատմանն առնչվող տեխնոլոգիական լուծումները օդային ավազանի աղտոտվածության կանխարգելման հիմնական գրավականն են, սակայն դրանց ներդրման և արդյունավետ շահագործման համար պահանջվում է բուն այրման գործընթացում և կաթսայական ագրեգատի գազային տրակտում ծծմբային և ծծմբական անհիդրիդների առաջացման մեխանիզմների հստակ վերլուծություն: Մթնոլորտային օդի աղտոտվածությանը վերաբերող հիմնահարցերին զուգահեռ՝ շահագործման տեսանկյունից խիստ խնդրահարույց է այրման արգասիքներում պարունակվող ծծմբական անհիդրիդը (SO_3)՝ կոռոզիոն ագրեսիվության պատճառով: Էներգետիկական արդյունավետության նկատառումներից ելնելով՝ օդի ավելցուկի գործակցի ստեխիոմետրիկ նշանակությունից ցածր արժեքների դեպքում այրման գործընթաց չի կազմակերպվում, ուստի ՋԷԿ-երի կաթսայական ագրեգատներից հեռացող այրման արգասիքներում միաժամանակ պարունակվում են և ծծմբային, և ծծմբական անհիդրիդներ, որոնց որսումը ոչ միայն բնապահպանական հարցադրումների, այլև սարքավորումների շահագործման պայմանների և ամբողջ կայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա ունեցած ազդեցության տեսանկյունից խիստ անհրաժեշտ է: Սակայն, նկատի ունենալով այն հանգամանքը, որ կաթսայական ագրեգատից հեռացող ծխագազերում պարունակվող ծծմբի օքսիդների գումարային քանակության մեջ ծծմբական անհիդրիդի չափաքանակը կազմում է ընդամենը 1...3%, և որ վերջինս, ի համեմատ ծծմբային անհիդրիդի, ռեակցիոն տեսանկյունից

ավելի ակտիվ է, հաջորդիվ վերլուծվել են միայն ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման մեթոդները:

Էներգետիկ տեղակայանքներից արտանետվող ծծմբի միացությունների կրճատման գոյություն ունեցող տարբերակներն են՝

1. նախքան այրումը վառելիքի ծծմբազերծումը,

2. հատուկ տեղակայանքներում ծխագազերի մաքրումը ծծմբի օքսիդներից:

Նախքան այրումը վառելիքի ծծմբազերծման տարբերակի թանկության և իրագործման բարդության պատճառով ներկայումս առավել լայն կիրառություն ունի ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման տարբերակը՝ իր ավելի քան 80 մոդիֆիկացիաներով [1]:

Ըստ տեխնոլոգիական գործընթացի կազմակերպման՝ ծծմբային և ծծմբական անհիդրիդներից ծխագազերի մաքրման գոյություն ունեցող մեթոդները կարելի է դասակարգել.

✓ **Աբսորբցիոն.**

SO₂-ի աբսորբցիա՝ ալկալիական միացություններով (NaOH, Na₂CO₃, Na₂SO₃):

Այս գործընթացի արդյունքում SO₂-ի կապակցումը ուղեկցվում է հեշտ լուծելի աղերի ձևավորմամբ: Այս մեթոդը տնտեսական տեսակետից արդարացվում է միայն աբսորբենտի ռեգեներացիայի դեպքում, ինչն էլ բացատրվում է նրանով, որ կիրառվող ռեագենտները համեմատաբար թանկ են, իսկ առաջացած հեշտ լուծելի աղերը՝ պահպանման և հետագա կիրառման համար ոչ պիտանի [2]:

SO₂-ի աբսորբցիա՝ հողալկալիական միացություններով (Ca(OH)₂, CaCO₃, Mg(OH)₂): Այս գործընթացի արդյունքում SO₂-ի կապակցումը կատարվում է սուլֆենիդիայի միջոցով, քանզի վերը նշված միացությունների լուծելիությունը էականորեն կախված է pH-ի մեծությունից: Հողալկալիական միացություններով SO₂-ի որսման աբսորբցիոն տեղակայանքներում հաճախ առաջանում են դժվար հեռացվող նստվածքագոյացումներ, որոնք բարդացնում են շահագործումը: Նշված մեթոդի կիրառման դեպքում որպես վերջնարդյունք ձևավորվում է գիպսային մնացորդ:

SO₂-ի աբսորբցիա՝ երկհիմնային մեթոդով. երբ ալկալիական աբսորբենտը ռեգեներացվում է հողալկալիական միացություններով՝ վերջնարդյունքում առաջացնելով գիպս: ԱՄՆ-ում և Ճապոնիայում այս մեթոդը նախկինում ուներ լայն կիրառություն, սակայն իրականացման բարդության, ռեագենտների մեծ ծախսի և արժողության պատճառով այժմ չի իրականացվում:

SO₂-ի աբսորբցիա՝ ամոնիումային միացություններով (NH₄OH և (NH₄)₂SO₃): Գործընթացի վերջնարգասիքներ են ծծումբը և ծծմբական թթուն [3]:

✓ **Ադսորբցիոն.** որի արդյունքում 100...400°C ջերմաստիճանային պայմաններում տեղի է ունենում ծծմբային անհիդրիդի կապակցում ադսորբենտի մակե-

րևույթին: Որպես աղսորբենտներ կիրառվում են սիլիցիումային ցեոլիտներ, տարբեր մետաղների (պղնձի, երկաթի, կալցիումի, մագնեզիումի, ալյումինի) երկ- և հիդրօքսիդներ, մանգան և երկաթ պարունակող բնական աղսորբենտներ, ինչպես նաև ալկալիական հատկություններով կավային միացություններ: Ծխագազերից SO_2 -ի մաքրման առավել արդյունավետ տարբերակ է CuFe_2O_4 աղսորբենտի կիրառումը, որն ապահովում է ընդհուպ մինչև $1ppm$ մաքրման արդյունավետություն, ինչին հնարավոր չէ հասնել գոյություն ունեցող որևէ մեթոդով: Ներկայումս աղսորբցիոն մեթոդները շահագործվող էլեկտրակայաններում կիրառություն չունեն և հիմնականում գտնվում են լաբորատոր փորձարկումների փուլում [4,5]:

✓ **Քիմսորբցիոն**, երբ դիտվում է պինդ նյութի, որպես կանոն, ալկալիական միացությունների կամ պղնձի օքսիդների հետ ծծմբային անհիդրիդի քիմիապես կապակցում:

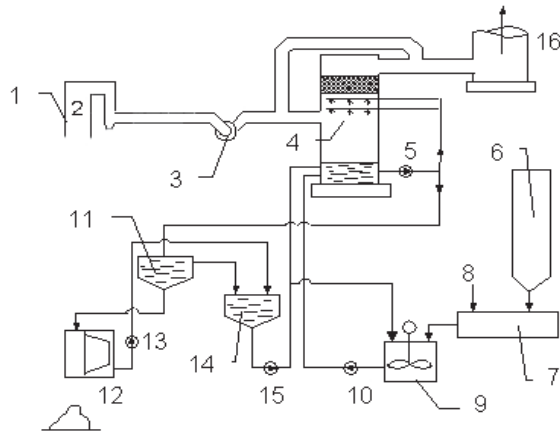
Ծխագազերից ծծմբի միացությունների մաքրման մեթոդի ընտրությանը նախորդում են 3 բնութագրիչ գործոնների միաժամանակյա դիտարկում և վերլուծություն.

1. **տեխնոլոգիական**՝ ծխագազերում SO_2 -ի կոնցենտրացիան, ջերմաստիճանային միջակայքը, ծխագազերի խոնավապարունակությունը, ուղեկցող այլ արգասիքների առկայությունը,

2. **արտադրատեխնիկական**՝ արտադրության մասշտաբները, սպասարկման և վերանորոգման հարմարությունը, պահանջվող ռեագենտների առկայությունը, դրանց արժեքը, ստացվող վերջնարգասիքի հետագա իրացման հնարավորությունը,

3. **տարածաշրջանային**՝ էկոլոգիական չափորոշիչների խստությունը, բնապահպանական վճարների դրույքաչափերը, ֆոնային աղտոտվածության մակարդակը, վնասակար միացությունների ցրման գործընթացի վրա ազդող պայմանները, բնակչության առանձնահատկությունները:

Ժամանակակից էլեկտրակայաններում, հաշվի առնելով էկոլոգիական խիստ չափորոշիչների պահպանման անհրաժեշտությունը, լայն կիրառություն են գտել հողալկալիական լուծույթներով ծծմբային անհիդրիդի կապակցման թաց արսորբցիոն մեթոդները, երբ որպես սորբենտ օգտագործում են էժան և մատչելի նյութեր (կիր և կրաքար) (նկ. 1), չնայած շահագործման պայմանների բարդեցմանը և որոշ հանգույցների ընթացիկ վերանորոգման կամ փոխարինման հաճախականության աճին:



Նկ. 1. Թաց կրային մեթոդով ծծմբային անհիդրիդից ծխազագերի մաքրման սկզբունքային սխեման:

1. կաթսա, 2. ծխազագեր, 3. ծխածուծ, 4. արտորբեր, 5, 10, 13, 15. պոմպեր, 6. կրաքարի բունկեր, 7. կրի հանգեցման տարողություն, 8. ջուր, 9. կրաքարային սուզպենզիայի տարողություն, 11. խտացուցիչ, 12. ցենտրիֆուգ, 14. պարզարան, 16. ծխնելույզ

Ուսումնասիրելով թաց կրային մեթոդով ծխազագերի մաքրման տեղակայանքների տարաբնույթ մոդիֆիկացիաները [6-9]՝ բոլորի համար կարելի է առանձնացնել հետևյալ սկզբունքային հանգույցները.

✓ կրակաթի կամ կրային սուզպենզիայի պատրաստման, լուծույթի կուտակման և չափորոշման հանգույց,

✓ աբսորբցիոն հանգույց, որը կազմված է ցայտեցնող փողրակներով և կաթիլորսիչներով ներկահավորված աբսորբերից, հիդրոփականից, կուտակիչ տարողություններից և շրջանառության պոմպերից,

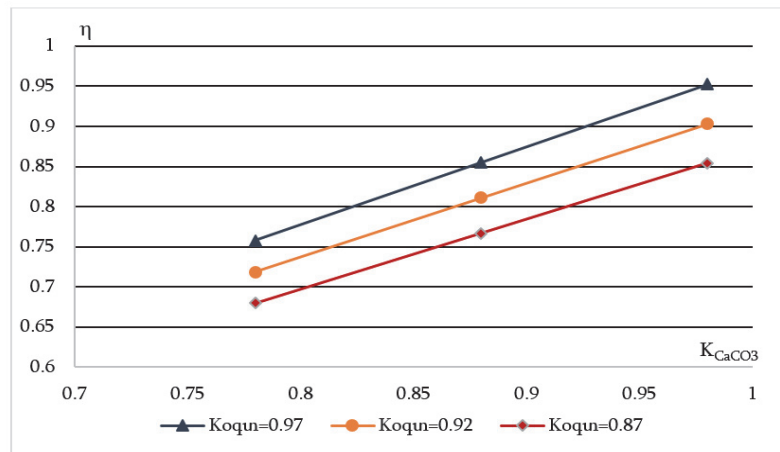
✓ գիպսի ստացման, ջրազրկման և վերամշակման հանգույց, որը ներառում է խտացուցիչ, խտացված պուլպայի կուտակման տարողություն, ռեպուլպատոր, ավտոկլավ, վակուում-գոծիչ, թմբուկային չորանոց, տեղափոխման համակարգ և գնդիկավոր աղացներ,

✓ հոսքաջրերի մաքրման հանգույց:

ԱՄՆ-ում թաց կրային մեթոդով շահագործվող տեղակայանքների թիվը գերազանցում է մնացած բոլոր երկրներում շահագործվող նմանատիպ տեղակայանքների գումարային քանակը, սակայն միայն Գերմանիայում է, որ մաքրման արդյունքում առաջացած վերջնարդյունքը վերամշակվում է մինչև շինարարական գիպսի ստացման աստիճան, և կատարվում վերջինիս ամբողջական իրացում:

Կատարված աշխատանքի նպատակն է, հաշվի առնելով բնական կրաքարում տարատեսակ խառնուրդների առկայությունը և տեխնոլոգիական տեսանկ-

յունից կրաքարի օգտագործման աստիճանի փոփոխությունը, իրականացնել թաց կրային մեթոդով ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման գործընթացի արդյունավետության գնահատում՝ գերակա համարելով զազային արտանետումների մաքրման տեսանկյունից էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչները (մասնավորապես, ծծմբային անհիդրիդի արտանետումների համար նշված չափորոշիչը կազմում է 200...300 մգ/մ³): Մտորն բերված գրաֆիկական առնչությունում (նկ. 2) պատկերված է թաց կրային մեթոդով ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման գործընթացի արդյունավետության փոփոխությունը, պայմանավորված բնական կրաքարում ռեակցիոն ակտիվ CaCO_3 -ի պարունակության աճով՝ մաքրման համար պահանջվող կրաքարի միևնույն ծախսի դեպքում: Հաշվարկն իրականացվել է ծծմբառատ մագուլթով ($S^F=2,8\%$) աշխատող K-200-130 էներգաբլոկի օրինակով [8,10]:

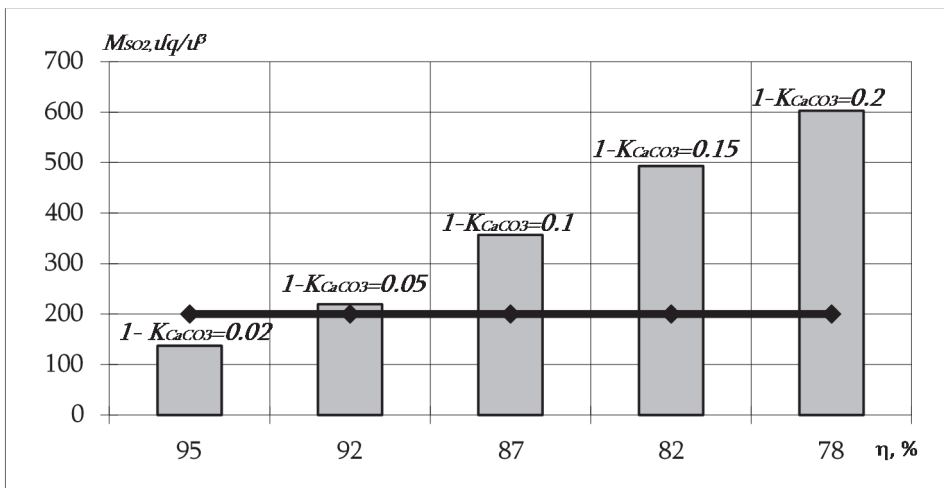


Նկ. 2. Ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման գործընթացի արդյունավետության կախվածությունը բնական կրաքարում CaCO_3 -ի պարունակությունից՝ կրաքարի օգտագործման գործակցի տարբեր արժեքների դեպքում

Պատկերված գրաֆիկական առնչությունից կարելի է եզրակացնել, որ վառելիքի տրված ծախսի և ծծմբապարունակության, ինչպես նաև աբսոլյուտ տրվող աշխատող լուծույթի պատրաստման համար պահանջվող կրաքարի միևնույն ծախսի, բայց որակական տարբեր հատկանիշների դեպքերում ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման գործընթացի արդյունավետությունը նվազում է, ընդ որում, որքան կրաքարի օգտագործման գործակիցը փոքր է, այնքան արդյունավետության կորուստը մեծ է:

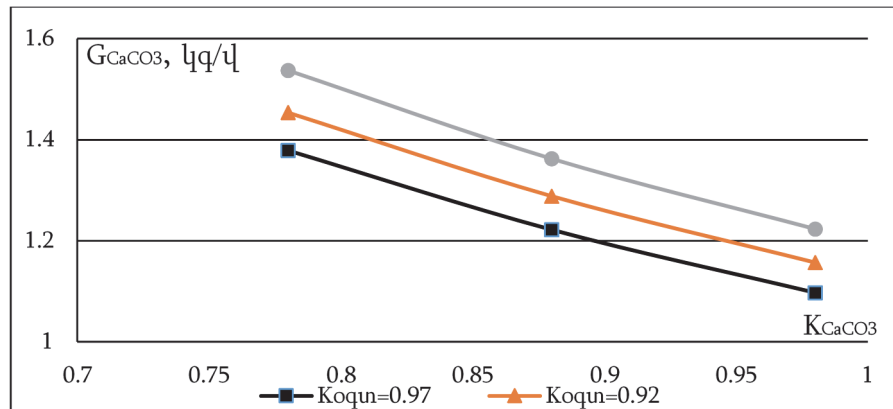
Նկատի ունենալով այն հանգամանքը, որ կրաքարի որակական հատկանիշների վատացումը, և, որպես հետևանք, ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի

մաքրման գործընթացի արդյունավետության նվազումը հանգեցնելու են նախապես ընտրված էկոլոգիական չափորոշիչը չբավարարելուն, ուստի հաշվարկվել և գրաֆիկորեն պատկերվել է (նկ. 3), թե որքան պետք է լինի բնական կրաքարում տարատեսակ խառնուրդների սահմանային թույլատրելի պարունակությունը, որ SO_2 -ի արտանետումների համար սահմանված $200\ldots 300 \text{ մգ/մ}^3$ ցուցանիշը պահպանվի [10]:



Նկ. 3. Ղեպի մթնոլորտ արտանետվող ծծմբային անհիդրիդի քանակության կախվածությունը մաքրման գործընթացի արդյունավետությունից՝ բնական կրաքարում խառնուրդների տարբեր չափաքանակներով պարունակության դեպքում

Ստացված արդյունքներից երևում է, որ եթե բնական կրաքարում խառնուրդների պարունակությունը գերազանցում է $4\ldots 7\%$ -ը (հաշվարկները կատարված են կրաքարի օգտագործման գործակցի առավելագույն արժեքի դեպքում), ապա կրաքարի միևնույն ծախսի դեպքում մաքրման արդյունավետության նվազման հետևանքով էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչը այլևս չի բավարարվում: Նման պարագայում հարկավոր է ավելացնել կրաքարի ծախսը (նկ. 4), ինչը կհանգեցնի և շահագործման ծախսերի (պայմանավորված ավելցուկային կրաքարի գնման անհրաժեշտությամբ), և կայանի սեփական կարիքների գործակցի մեծացման (պայմանավորված քանակապես ավելի շատ աշխատանքային լուծույթի մղման անհրաժեշտությամբ):



Նկ. 4. Կրաքարի ծախսի կախվածությունը դրա որակական հատկանիշներից՝ ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման միևնույն արդյունավետության դեպքում

Ստացված արդյունքներից երևում է, որ ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման տեսանկյունից էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչի պահպանումը հանգեցնում է արտորբցիոն ռեսկտոր տրվող սուղպեն-գիայի պատրաստման համար անհրաժեշտ կրաքարի ծախսի մեծացման, ընդ որում, բնական կրաքարում խառնուրդների առավելագույն պարունակության և կրաքարի օգտագործման գործակցի նվազագույն արժեքի դեպքում նշյալ ցուցանիշի աճը կազմում է մոտ 40%:

Այսպիսով, էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչների բավարարման համար կարևոր է ոչ միայն ծխագազերի մաքրման մեթոդը, այլև այդ մեթոդի իրագործման համար պահանջվող նյութերի որակական հատկանիշների ճիշտ ընտրությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Մարուխյան Ռ.Ջ., Էլբակյան Ս.Հ. Ծծմբի միացություններից ծխագազերի մաքրման գործընթացի ազդեցությունը էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի վրա // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2010.- Հատոր 2, № 2. - էջ 376-380:
2. Rodriguez J., Perez M., Jirsak T. Coadsorption of sodium and SO₂ on MgO (100): alkali promoted S-O bond cleavage // Surface Science. – 2001. - P. 279-288.
3. Эллисон У. Десульфуризационные установки с использованием аммиака // Мировая электроэнергетика. - 1996. - № 1. - С. 44-46.
4. Honghong Yi, Hua Deng, Xiaolong Tang. Adsorption equilibrium and kinetics for SO₂, NO, CO₂ on zeolites FAU and LTA // Journal of Hazardous Materials. - 15 February 2012. - V. 203–204. - P. 111-117.

5. Eur. Pat. Appl. EP 1, 116, 511. Method for removing sulfur compounds from gas mixtures / **De Wit, Ellart Kostijin, Van Yperen Rence, Borsboon Johannes**. - 2001.
6. 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.
7. <http://tes.power.nstu.ru/index.php?id=21> 18.10.2019г.
8. **Մարուխյան Ռ.Զ.** Շրջակա միջավայրի պաշտպանությունը ՋԷԿ-երի և ԱԷԿ-ների արտանետումներից. Ուսումնական ձեռնարկ. - Մաս I / ՀՊՃՀ. - Եր.: Ճարտարագետ, 2002. – 116 էջ:
9. Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Инф. сб. / Под ред. **В.Я. Путилова**. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007.- 388 с.
10. **Էլբակյան Ս.Հ.** ՋԷԿ-երում գազային արտանետումների մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաների կիրառումը և էլեկտրակայանների տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա դրանց ազդեցության հետազոտումը. Թեկ.ատեն...տ.գ.թ.-Եր., 2018.-179 էջ:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 23.10.2019:

В.З. МАРУХЯН, С.Г. ЭЛБАКЯН

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ СЕРЫ МОКРОИЗВЕСТНЯКОВЫМ МЕТОДОМ

Проведена оценка влияния качественных характеристик извести на эффективность очистки дымовых газов от оксидов серы мокроизвестняковым методом. Рассчитаны допустимое содержание различных смесей в природном известняке и степень использования известняка, при которой содержание серного ангидрида в дымовых газах соответствует критериям для экологически чистых тепловых электростанций.

Ключевые слова: серные и сернистые ангидриды, мокроизвестняковый метод, абсорбция, адсорбция, хемосорбция, раствор известняка.

V.Z. MARUKHYAN, S.H. ELBAKYAN

EVALUATING THE EFFICIENCY OF THE PURIFICATION PROCESS OF FLUE GASES FROM SULPHUR OXIDES BY THE WET LIMESTONE METHOD

The impact of the qualitative characteristics of lime on the efficiency of the flue gas purification from sulphur oxides by the wet-limestone method has been estimated. The permissible content of various mixtures in natural limestone and the degree of use of limestone are calculated, at which the content of sulphuric anhydride in flue gases meets the criteria for ecologically safe TPPs.

Keywords: sulphuric and sulphurous anhydrides, wet-limestone method, absorption, adsorption, chemical absorption, limestone solution.