

**ՀՀ ԿՐԹՈՒ ԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒ ԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒ ԹՅՈՒՆ  
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼ ԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼ ՍԱՐԱՆ**

**ՍԻԼՎԻԱՆԱ ՀԵՆՐԻԿԻ ԷԼԲԱԿՅԱՆ**

Ձեզ-երո՞ւմ Մ ԳԱԶԱՅԻՆ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒ ՄԼԵՐԻ ՄԱՔՐՄԱՆ  
ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒ ՄԸ ԵՎ  
ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ՏԵԽՆԻԿԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՑՈՒ ՑԱՆԻՇՆԵՐԻ  
ՎՐԱ ԴՐԱՆՑ ԱԶԴԵՑՈՒ ԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒ ՄԸ

**ԱՏԵՆԱԿՈՍՈՒ ԹՅՈՒՆ**

Ե.14.03 «Ձեք մա՛ւ է ն երգ ե տիկա» մասնագիտու էթյամբ  
տեխնիկական գիտու էթյու է ն ն երի թեկնաճու է գիտական  
աստիճանի հայցման

Գիտական ղեկավար  
Տեխնիկական գիտու էթյու է ն ն երի թեկնաճու է ,  
պրոֆեսոր Ռ.Զ. Մարու էթյան

ԵՐԵՎԱՆ 2018

# ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒ ԹՅՈՒՆ

<b>Ներածություն</b> .....	<b>4</b>
<b>ԳԼՈՒԽ 1. Էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երում գազային արտանետումների մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաների կիրառման համաշխարհային փորձի վերլուծություն</b> .....	<b>10</b>
1.1. Ձերմաեներգետիկական տեղակայանքներից դեպի մթնոլորտ արտանետվող վնասակար գազային միացությունների մաքրման կիրառվող և հեռանկարային տեխնոլոգիաների վերլուծություն ...	10
1.2. Էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երի նախագծման և շահագործման համաշխարհային փորձի ընդհանրացում .....	29
<b>ԳԼՈՒԽ 2. Ծծմբի միացություններից ծխագազերի մաքրման մեթոդների ուսումնասիրումը և ընտրությունը՝ կայանի տեխնիկաունտեսական ցուցանիշների վրա նվազագույն ազդեցության պայմանի ապահովմամբ</b> .....	<b>36</b>
2.1. Ծծմբի միացություններից ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիական սխեմաների նկարագիրը և համադրական վերլուծությունը .....	36
2.2. Ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիական համակարգի ընտրումը և կայանի տեխնիկաունտեսական ցուցանիշների վրա դրա ազդեցության բացահայտումը՝ համապատասխան ալգորիթմի մշակմամբ .....	55
<b>ԳԼՈՒԽ 3. Էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երից արտանետվող ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների հետազոտումը</b> .....	<b>60</b>
3.1. Ազոտի օքսիդների նվազեցման ներհնոցային ռեժիմաունտեխնոլոգիական միջոցառումների վերլուծությունը .....	60
3.2. Քիմիական եղանակով ծխագազերից ազոտի օքսիդների մաքրման գործընթացի վերլուծություն .....	85

3.3. Ազոտի օքսիդների արտանետումների բացառման նպատակով թթվածնային այրման կազմակերպման նախադրյալների ուսումնասիրում ..... 94

3.4. Ազոտի օքսիդների ելքի նվազեցման միջոցառման ընտրությունը՝ էկոլոգիատնտեսական հիմնավորմամբ ..... 100

**ԳԼՈՒԽ 4. Այրման արգասիքների գումարային վտանգավորության աստիճանի և թերայրման արգասիքների քանակական գնահատման հաշվարկային ալգորիթմների մշակումը ..... 103**

4.1. Այրման ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական գործընթացների փոփոխման արդյունքում թերայրման արգասիքների առաջացման պայմանների ուսումնասիրում՝ հաշվարկային ալգորիթմի և աշխատանքային ծրագրի մշակմամբ ..... 103

4.2. Այրման արգասիքների գումարային վտանգավորության աստիճանի հաշվարկային ալգորիթմի մշակումը և ծրագրային իրականացմամբ վերլուծությունը ..... 115

**ԳԼՈՒԽ 5. Էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երում ջերմոցային գազերի արտանետումների նվազեցման տեխնոլոգիական միջոցառումների վերլուծություն ..... 122**

5.1. Երկրագնդի համընդհանուր տաքացման գործընթացին ՋԷԿ-երի ունեցած ազդեցության ուսումնասիրում և այդ ազդեցության մեղմմանը նպատակաուղղված տեխնոլոգիական միջոցառումների հետազոտում ..... 122

5.1.1. Էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երում ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման տեխնոլոգիական լուծումների վերլուծություն ..... 126

5.1.2. Ջրային գոլորշիների արտանետումների նվազեցման տարբերակների հետազոտում ..... 140

**Եզրակացություններ ..... 147**

**Օգտագործված գրականության ցանկ ..... 149**

**Հավելվածներ ..... 158**

## ՆԵՐԱՃՈՒ ԹՅՈՒՆ

Անվիճարկելի է այն իրողությունը, որ մարդկային հասարակության տնտեսական առաջընթացի արդի մակարդակը ձևավորվել է Էներգետիկայի զարգացման շնորհիվ, սակայն վերջինս իր զարգացման սկզբնափուլում «որդեգրել» էր ռեսուրսների ոչ նպատակային օգտագործման և մասշեղի օրգանական Էներգակիրների չսահմանափակված սպառման ուղին, որը ցավոք, շրջակա միջավայրի պահպանության տեսանկյունից անհետևանք մնալ չէր կարող: Կասկած չի հարուցում նաև այն փաստը, որ տեղային և համընդհանուր բնույթ կրող Էկոլոգիական հիմնախնդիրների առաջացման գործընթացում Էներգետիկան ունեցել է և դեռ կշարունակի ունենալ Էական «ներդրում»: Շարադրվածը հիմնավորվում է նրանով, որ Էլեկտրական Էներգիայի արտադրման տեխնոլոգիական գործընթացը ուղղակի և անուղղակի կերպով բացասական ազդեցություն է գործում կենսոլորտի բոլոր բաղադրիչների վրա: Մթնոլորտ են արտանետվում հսկայական քանակությամբ ծծմբի, ազոտի, վանադիումի, ածխածնի օքսիդներ, մոխիր և ածխաջրածնային միացություններ (այդ թվում նաև քաղցկեղածին), ջերմություն և ջրային գոլորշիներ: Ջրոլորտի վրա ազդեցությունը դրսևորվում է ինչպես ջրային ռեսուրսների օգտագործմամբ, այնպես էլ բազմաբնույթ և տարաբաղադրիչ հոսքաջրերի արտանետման հետևանքով ջրային աղբյուրում ջրի որակական հատկությունների փոփոխությունով: Ինչ վերաբերում է հողոլորտին, ապա Էկոլոգիական բնույթ կրող հիմնախնդիրները պայմանավորված են հանածո օրգանական վառելիքի սպառմամբ, բնական կամ արհեստական երկրաբանական շերտերում մնացորդերի և թափոնների տեղակայմամբ, ինչպես նաև բնական ռելիեֆային առանձնահատկությունների փոփոխությամբ:

Երկրագնդի համապարփակ աղտոտման հիմնախնդրի լուծման նպատակով ներկայումս համաշխարհային հանրության առջև դրված է Էներգետիկական տեղակայանքների աշխատանքի արդյունքում շրջակա միջավայրին հասցված վնասը նվազագույնին հասցնելու կամ կանխարգելելու դժվար առաքելությունը: Ընդ որում, եթե շրջակա միջավայրին հասցված վնասը կարելի է նվազեցնել

տնտեսական մեխանիզմների կիրառմամբ, ապա արտադրական գործունեության իրականացման արդյունքում բացասական ազդեցության կանխման միակ ընդունելի և արդարացված տարբերակը է կոլոգիապես անվտանգ տեխնոլոգիաների նախագծումն ու շահագործումն է:

Գոյություն ունեն բազմաթիվ հետազոտություններ, որոնք վերաբերում են արդյունաբերական ձեռնարկությունների, այդ թվում նաև ջերմային էլեկտրակայանների (ՋԷԿ), հոսքաջրերի վնասազերծմանը և որպես վերջնարդյունք անհոսքաջրեր և սակավաթափոնային տեխնոլոգիական սխեմաների ստեղծմանը, մինչդեռ մթնոլորտային օդի շարունակական աղտոտման պայմաններում էներգետիկական ձեռնարկությունների գազային արտանետումների մաքրման և դեպի մթնոլորտ գրոյական արտանետումներով ՋԷԿ-երի շահագործմանը վերաբերող ուսումնասիրությունները իրապես պահանջարկված են և արդիական: Ընդ որում, անհրաժեշտ է նշել նաև այն հանգամանքը, որ գիտատեխնիկական առաջընթացի արդի պայմաններում գրոյական գազային արտանետումներով ջերմային էլեկտրակայանների շահագործումը լիովին իրատեսական է:

Շրջակա միջավայրի և տնտեսական հիմնահարցերը փոխկապակցված են և պետք է լուծվեն համատեղ՝ «աղտոտողը պետք է վճարի» սկզբունքով, որը բացի շրջակա միջավայրում աղտոտող նյութերի և արտադրական թափոնների տեղաբաշխման իրավունքի վճարումից, գործնականում իրականացվում է նաև էկոլոգիապես «կեղտոտ» արտադրանքի գնի վրա ավելացումների տեսքով՝ բերելով այդ արտադրանքի վարձահատուցմանը ոչ թե արտադրողի, այլ սպառողի կողմից: Այդ պատճառով հրատապ են ակտիվ փնտրումները բնության պահպանության «գնային» մեխանիզմի կատարելագործման ուղղությամբ, ինչը ենթադրում է, որ էկոլոգիական բաղադրիչը պետք է դառնա արտադրատնտեսական նախագծերի գնահատման կարևորագույն բաղկացուցիչներից մեկը:

Վերոնշյալ դատողություններով է պայմանավորված ատենախոսությունում մշակված հարցադրումների արդիականությունը:

Առաջնորդվելով շարադրված փաստարկներով՝ ատենախոսական աշխատանքում մանրագնին ուսումնասիրվել և վերլուծվել են գազամագուլթային ՋԷԿ-երի վնասակար գազային արտանետումների

մաքրման կիրառվող և հեռանկարային տարբերակները, ընդ որում դիտարկվել են նաև այրման գործընթացի ոչ ճիշտ ռեժիմատեխնոլոգիական կազմակերպվածության արդյունքում դեպի մթնոլորտ արտանետվող թերայրման արգասիքներին առնչվող հիմնահարցերը: Գերակա համարելով օդային ավազանի պահպանությանը և Էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երի գազային արտանետումների համար սահմանված չափորոշիչները՝ առենախոսության հիմնական նպատակն է Էկոլոգիատնտեսական հիմնավորման արդյունքում ընտրել ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիական սխեմաներ և որպես վերջնականապես վերլուծել դրանց իրականացման արդյունքում կայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների փոփոխությանը:

Առաջին գլխում կատարվել է Էլեկտրակայաններից արտանետվող այրման արգասիքների մաքրման կիրառվող և հեռանկարային տեխնոլոգիաների, ինչպես նաև մաքրման գործընթացի արդյունքում ձևավորվող ուղեկցող արգասիքների հնարավոր օգտահանման և իրացման տարբերակների ուսումնասիրում:

Վերլուծվել են գրոյական գազային արտանետումներով ՋԷԿ-երի ստեղծման հնարավորություններին նվիրված գիտական հետազոտություններ և աշխատություններ, ինչն էլ հնարավորություն է ընձեռում եզրակացնել, որ օդային ավազանին հասցված վնասը կարելի է նվազեցնել կամ կանխարգելել Էկոլոգիապես արդարացված և տնտեսական տեսանկյունից ընդունելի միջոցառումների միաժամանակյա իրականացմամբ:

Յաջվի առնելով այն հանգամանքը, որ գազային արտանետումների մաքրման տեսանկյունից Էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչների պահպանումը անխուսափելիորեն ունենալու է ազդեցություն Էլեկտրակայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա, ուստի դիտարկվել են այդօրինակ հարցադրումները:

Երկրորդ գլխում իրականացվել է ծխագազերից ծծմբի օքսիդների մաքրման մեթոդների համադրական վերլուծություն և ընտրում: Այնուհետև, որպես հաջորդ նպատակային հիմնախնդիր մշակվել է հաշվարկային ալգորիթմ, որի ծրագրային իրականացման արդյունքում վերլուծվել է ընտրված տարբերակի ազդեցությունը

արտադրվող և առաքվող էլեկտրական էներգիաների ինքնարժեքի վրա:

Նախքան այրումը վառելիքի ծծմբազերծումը բավականին բարդ, թանկ և հեռանկարային գործընթաց է, որի իրականացումը սակայն, հնարավորություն կընձեռնի միաժամանակ լուծել գազային տրակտում ծծմբի օքսիդների բացասական ազդեցության կանխման հիմնախնդիրները, կմեծացնի այրման արդյունավետությունը, կբացառի ծխազազերի մաքրման և դրա արդյունքում առաջացած երկրորդային հումքի օգտահանման անհրաժեշտությունը:

Ծծմբային անհիդրիդից ծխազազերի մաքրման առավել մանրակրկիտ ուսումնասիրված և ժամանակակից էլեկտրակայաններում լայնորեն կիրառվող միջոցառումների իրականացումը հնարավորություն է ընձեռում մի կողմից նվազեցնել օդային ավազանին հասցված փաստացի վնասը, իսկ մյուս կողմից, արտանետումների կրճատմամբ պայմանավորված, տնտեսել ֆինանսական միջոցներ հաշվետու ժամանակահատվածում և բնապահպանական վճարների գանձման գործընթացում:

Արտադրվող և առաքվող էլեկտրական էներգիաների ինքնարժեքի վրա ծծմբային անհիդրիդից թաց կրային մեթոդով այրման արգասիքների մաքրման գործընթացի ազդեցությունը որոշակիորեն մեղմվում է՝ շնորհիվ մաքրման վերջնարդյունքի՝ շինարարական գիպսի վաճառքից ստացված եկամուտի:

Երրորդ գլուխը վերաբերում է ջերմաէներգետիկական տեղակայանքներից արտանետվող ազոտի օքսիդների սահմանային թույլատրելի չափաքանակները չգերազանցելու նպատակով իրականացվող ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական (առաջնային) և ծխազազերից քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդների մաքրման (երկրորդային) միջոցառումներին: Ընդ որում, առաջնային և երկրորդային միջոցառումներից որևիցե մեկի ընտրությանը (առանձին դեպքերում հնարավոր է նաև առաջնային և երկրորդային միջոցառումների համալիր իրականացում, ինչը կապահովի ազոտի օքսիդների առավելագույն նվազեցում) նախորդել է դրանց մանրամասն վերլուծություն՝ Էկոլոգիական տեսանկյունից առավել ընդունելի և տնտեսական տեսանկյունից նպատակահարմար տարբերակների դիտարկմամբ:

Նվազագույն կապիտալ ներդրումներ են անհրաժեշտ ներհնոցային ռեժիմառեխնոլոգիական միջոցառումների իրականացման համար, մինչ դեռ հնոցային խցում այրիչների նախընտրելի տիպային հարմարադասումը հնարավորություն կընձեռի նվազագույնի հասցնել նաև շահագործման ծախսերը: Նպատակ ունենալով գնահատել այրման արգասիքներում պարունակվող ազոտի օքսիդների քանակությունը այրիչների տարբեր հարմարադասման դեպքում՝ պայմանավորված հնոցային խցում ջերման ջատման, այրման արգասիքներով հնոցային տարածության լցվածության և ջերմազանգվածափոխանակության պայմանների փոփոխությամբ, մշակվել է հաշվարկային ալգորիթմ և համապատասխան բլոկ սխեմա, որի ծրագրային իրականացման արդյունքում ստացված արդյունքները համեմատվել են Յրագրանի ՋԷԿ-ի TGM-104 շոգեկաթսայի 12 ճակատային այրիչների՝ 10 հատակային այրիչներով փոխարինման արդյունքում ստացված շահագործման տվյալների հետ: Գնահատվել է նաև ջահի հովացման արագության ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա:

Օրգանական վառելիքի այրման արդյունքում արտանետվող ազոտի օքսիդների բացառման նպատակով ուսումնասիրվել է նաև վառելիքի այրումը թթվածնային կամ թթվածնով հարստացված միջավայրում, որը միաժամանակ հնարավորություն է ընձեռում նաև բավականին հեշտությամբ կապակցել ածխածնի երկօքսիդը և շահագործել դեպի մթնոլորտ գրեթե գրոյական արտանետումներով էլեկտրակայան:

Դեպի մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների կրճատում կարելի է իրականացնել այրման գործընթացի ճիշտ կազմակերպմամբ: Այդ նպատակով պետք է անընդհատ վերահսկել հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի օպտիմալ մեծությունը, այրման անբոդիսամիկական պատկերը և կաթսայական ագրեգատից հեռացող ծխազազերի կազմը՝ թերայրման արգասիքների արտանետման հավանականությունը նվազագույնի հասցնելու նպատակով: Օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցման հետևանքով ազոտի օքսիդների ելքի կրճատումը միաժամանակ ուղեկցվում է նաև արտանետվող ծխազազերում թերայրման արգասիքների ի հայտ գալու հավանականության մեծացմամբ: Առաջնորդվելով վերը շարադրվածով՝ որոշվել է օդի ավելցուկի գործակցի նվազագույն



թուլլատրելի մեծության արժեքը և մշակված համապատասխան ալգորիթմի կիրառմամբ, կախված օդի ավելցուկի գործակցի մեծությունից, գնահատվել են դեպի մթնոլորտ արտանետվող թերայրման արգասիքների քանակությունը և դրանցով պայմանավորված տարեկան բնապահպանական վճարների աճը:

Որպես տրամաբանական վերջնարդյունք չորրորդ գլխում բացահայտվել են այրման ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական գործընթացի փոփոխման արդյունքում թերայրման արգասիքների առաջացման պայմանները: Քանի որ ծխագազերի հետդեպի մթնոլորտ արտանետված ածխածնի մոնօքսիդը (CO) միջավայրում առկա ազատ թթվածնի պայմաններում վերջնօքսիդանում է մինչև ածխածնի երկօքսիդ (CO<sub>2</sub>), որը համարվում է էկոլոգիական տեսանկյունից համեմատաբար անվտանգ միացություն և բնության և մարդկանց վրա ունի միայն անուղղակի ազդեցություն, ուստի էական ուշադրություն հատկացվել է թերայրման ամենավտանգավոր արգասիքին՝ բենզապիրենին: Մշակվել է հաշվարկային ալգորիթմ և ծրագիր, որոնք հնարավորություն են ընձեռում հաշվարկել այրման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակությունը: Օդի ավելցուկի օպտիմալ արժեքի նվազման պատճառով դեպի մթնոլորտ արտանետվող բենզապիրենի քանակական գնահատման նպատակով մշակվել և առաջարկվում է խնդրի լուծման առավել կիրառելի տարբերակ՝ մինչև այդ օգտագործվող գրաֆիկական առնչությունների մաթեմատիկական արտահայտություններով փոխարինմամբ: Որպես վերջնարդյունք դիտարկվել է նաև ազոտի օքսիդների նվազեցման նպատակով իրականացվող ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների ազդեցությունն արտանետվող բենզապիրենի քանակության վրա, քանզի վերջիններս էական ազդեցություն են ունենում ընթացող հնոցային գործընթացների վրա թե ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցման, թե թթվածնի քանակության փոփոխության տեսանկյունից: Կիրառելիության և հետագա օգտագործման դյուրինության նպատակով վերոնշյալ հաշվարկային ծրագրի աշխատանքային դաշտում մուտքագրվում են բոլոր պահանջվելիք ելակետային և ճշգրտող տվյալները և կատարվում է հաշվարկային արդյունքների արտապատկերում:

Հաշվի առնելով գլոբալ տաքացման գործընթացում որպես ջերմոցային գազ՝ ածխածնի երկօքսիդի ներդրումը՝ հիսգերորդ գլխում վերլուծվել են էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երում դրա կապակցման տեխնոլոգիական լուծումները և իրականացման հնարավորությունները: Գնահատվել է ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված և նախքան այրումը ածխի գազի ֆիկացմամբ էլեկտրակայաններում CO<sub>2</sub>-ի կրճատման և քվոտների վաճառքի ազդեցությունը կայանի տնտեսական արդյունավետության ցուցանիշների վրա: Ուսումնասիրվել են նաև դեպի մթնոլորտ ջրային գոլորշիների արտանետումների նվազեցման տարբերակները:

Այսպիսով, մշակված ալգորիթմները և համապատասխան ծրագրային փաթեթը, ինչպես նաև մաթեմատիկական արտահայտություններով բազմաթիվ հաշվարկային գրաֆիկների փոխարինումը թույլ են տալիս, միաժամանակ առաջնորդվելով և էկոլոգիական չափորոշիչների և էներգետիկական արդյունավետության և տնտեսական ցուցանիշների ապահովման պահանջներով, իրականացնել ծխագազերի մաքրման գործընթացի նպատակահարմար տարբերակի ընտրություն:

## **ԳԼՈՒԽ 1. ԷԿՈԼՈԳԻԱՊԵՍ ԱՆՎՏԱՆԳ ՁԷԿ-ԵՐՈՒՄ ԳԱԶԱՅԻՆ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐԻ ՄԱՔՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՀԱՄԱՇԽԱՐՀ ԱՅԻՆ ՓՈՐՁԻ ՎԵՐԼՈՒՄԻ ԹՅՈՒՆ**

### **1.1. Ձերմաէներգետիկական տեղակայանքներից դեպի մթնոլորտարտանետվող վնասակար գազային միացությունների մաքրման կիրառվող և հեռանկարային տեխնոլոգիաների վերլուծություն**

Ներկայումս էներգաարդյունավետությանը, կլիմայի վրա մարդածին (անտրոպոգեն) ազդեցությանը և շրջակա միջավայրի պաշտպանությանն առնչվող հիմնահարցերը միջազգային մակարդակով քննարկվում են տնտեսական և քաղաքական բոլոր վեհաժողովներում: Ընդ որում, պարբերաբար անդրադարձ է կատարվում

այն համոզմունքին, որ միայն համաշխարհային հանրության հստակ դիրքորոշումը հնարավորություն կընձեռի լուծել փոխկապակցված երեք խնդիր. Էներգետիկական անկախության և տնտեսական զարգացվածության ապահովում՝ Էկոլոգիական բաղկացուցիչի գերակայությունը:

Անկախ գաղափարախոսությունն ինչ և զարգացման մակարդակից՝ բոլոր երկրները հետապնդում են տնտեսական աճի և կենսամակարդակի բարձրացման նպատակ, իսկ վերջիններին հիմքում անվիճարկելիորեն ընկած է հուսալի և մատչելի Էներգամատակարարումը: Իհարկե, տնտեսական զարգացվածության կայուն կամ անկայուն մոդելների դիտարկման պարագայում «հուսալի» և «մատչելի» արտահայտությունները սկզբունքորեն այլ իմաստով են ընկալվում [1]: Մասնավորապես, անկայուն զարգացման մոդելի շրջանակներում տնտեսական զարգացվածությունն ապահովվում էր բնական ռեսուրսների ոչ նպատակային օգտագործմամբ և շրջակա միջավայրի աղտոտման հարցադրումների անտեսմամբ: Գիտակցելով կայուն զարգացման անհրաժեշտությունը՝ համաշխարհային հանրությունը սկսեց Եական ուշադրություն հատկացնել տնտեսության տարբեր բնագավառների ձեռնարկությունների կողմից մթնոլորտային օդի աղտոտման և շրջակա միջավայրի պաշտպանության հիմնախնդիրներին: Իհարկե, անհրաժեշտ է նշել, որ հետխորհրդային և Եվրոպական երկրներում տնտեսական շահերի և բնապահպանական ու բնօգտագործման խնդիրների բախումը սկզբունքորեն տարբեր լուծումներ էին ստանում: Մասնավորապես, նախկին Խորհրդային միությունում բնապահպանական վճարներ հասկացությունը կիրառվել է սկսած 1990-ական թվականներից (օդային ավազանի աղտոտման համար վճարները առաջարկվել են 1989թ., իսկ գործնական կիրառում են ստացել 1991թ., ՀՀ-ում «Մթնոլորտային օդի պահպանության մասին» առաջին օրենքը ընդունվել է 1994թ.-ին [2]):

Եվրոմիությունում (ԵՄ) 2001թ. նոյեմբերի 27-ին օրինական ուժի մեջ մտան երկու պաշտոնական փաստաթղթեր, որոնք սահմանափակում էին հզոր ՋԷԿ-երից դեպի օդային ավազան ծծմբի և ազոտի օքսիդների արտանետումները (մասնավորապես, փոփոխության ենթարկվեց 88/609/ԵՏՀ փաստաթղային փաթեթը) և նշում այդ միացությունների համար ազգային գումարային արտանետումների

սահմանային չափաքանակները: Համաձայն նոր փաստաթղթի (2010/75/ԵՄ), սկսած 2016թ.-ից, շահագործվող և նոր կառուցվող ՁԵԿ-երից դեպի մթնոլորտ արտանետվող 1 մ<sup>3</sup> ծխազազերում NOx-երի պարունակությունը 650 մգ-ից պետք է նվազեցնել մինչև 200 մգ [3]: Ինչ վերաբերում է ազգային գումարային արտանետումների սահմանային չափաքանակներին, ապա 2010թ.-ից սկսած ԵՄ-ի բոլոր երկրների համար ամրագրվեցին դեպի մթնոլորտ արտանետվող ծծմբի, ազոտի օքսիդների, ինչպես նաև թռչող օրգանական միացությունների և ամոնիակի տարեկան գումարային չափաքանակներ:

ԱՄՆ-ում գործում է դեպի օդային ավազան արտանետվող վնասակար միացությունների սահմանային թույլատրելի արտանետումների (ՍԹԱ) երկաստիճան համակարգ՝ պետության կողմից սահմանվում է կոնկրետ միացության համար ՍԹԱ-ի մեծությունը, սակայն որևէ նահանգի կողմից կարող է կատարվել սահմանված չափորոշիչի էլ ավելի խստացում:

[4, 5]-ում զետեղված են դեպի մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների հաշվարկման, մերձերկրյա շերտում՝ մարդու շնչառական բարձրության վրա, դրանց խտությունների գնահատման մեթոդիկաները: Ցրման գործընթացից հետո վնասակար նյութերի ստացված առավելագույն խտությունների արժեքները պետք է համեմատվեն դրանց ՍԹԱ-ների արժեքների հետ, և ըստ այդմ, հետևություններ կատարել մթնոլորտային օդի պահանջվող որակն ապահովող գազամաքիչ սարքավորումների արդյունավետության վերաբերյալ:

Վերոնշյալ փաստաթղթերը և հետազոտական նյութերը մթնոլորտի աղտոտման կանխարգելման տարբերակների փնտրման ժամանակ ընդունվում են որպես հիմնարար չափորոշիչներ: Դեպի օդային ավազան արտանետվող վնասակար նյութերի փաստացի քանակությունը, իր հերթին, կախված է ծխազազերի մաքրման տեխնոլոգիական գործընթացի կատարելության աստիճանից: Այդ իսկ պատճառով, խնդրի նման ձևակերպման պարագայում, անհրաժեշտություն է առաջանում ուսումնասիրել ծխազազերի մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաները և ներդրման նախադրյալները, ինչի արդյունքում հնարավորություն կընձեռվի շահագործել էկոլոգիապես անվտանգ էլեկտրակայան:

Կարծր և հեղուկ վառելիքներով աշխատող ՁԷԿ-երը դեպի մթնոլորտ են արտանետում առեւելի քանակությամբ ծծմբային անհիդրիդ՝ դրանով իսկ սրելով Էկոլոգիական արդի հիմնախնդիրները: Դեպի մթնոլորտ արտանետված ծծմբային անհիդրիդը արևի ճառագայթների ազդեցության տակ օքսիդանում է մինչև ծծմբական անհիդրիդ և այնուհետև միանալով ջրային գոլորշիների հետ առաջացնում է ծծմբական թթու: Բազմաթիվ հետազոտությունների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ծծմբի միացությունների մթնոլորտում մնալու ժամանակամիջոցը կազմում է մի քանի ժամից մինչև մի քանի օր և վերջիններս օդային հոսքերով կարող են նաև տեղափոխվել մինչև 1000 կմ: Նկարագրված հանգամանքով էր պայմանավորված Եվրոպական մի քանի երկրներում ձևավորված թույր իրավիճակը, երբ Նորվեգիայի, Շվեդարիայի և Շվեդիայի տարածքում ծծմբի օքսիդների քանակությունը գերազանցում էր սեփական արտանետումները: [6,7,8]-ում առաջարկվում են Էժան ալկալիական միացություններով (կիր և կրաքար) ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման տարատեսակ տեխնոլոգիաներ, որոնց իրականացման արդյունքում որպես վերջնարգասիք ունենում ենք սուլիդ \$ատա-սուլիդ \$իտային միացություններ, որոնք միայն լրացուցիչ վերամշակումից հետո, գիսի տեսքով կարող են օգտագործվել են շինարարական նպատակներով: Սակայն մարքեթինգային ոչ ճիշտ մոտեցումների հետևանքով տեղի է ունենում շեղջակույտերում այդ սուլիդ \$ատա-սուլիդ \$իտային միացությունների բազմաառայա կուտակում և ենթադրյալ լրացուցիչ շահույթի կորուստ:

Ռուսաստանի գիտությունների ակադեմիային առընթեր բարձր ջերմաստիճանների ինստիտուտում մշակվել է էներգետիկական և մետալուրգիական ձեռնարկությունների ծխագազերից ծծմբի միացությունների մաքրման անթափոն մեթոդ, որում որպես կապակցող ազեստ օգտագործվում է քիմիապես ավելի ակտիվ հիմնային սորբենտ՝ նատրիումի կարբոնատի կամ հիդրօքսիդի ձևով: Վերոնշյալ գործընթացի հիմքում ընկած է թթվածնի առկայության պայմաններում նատրիումի կարբոնատի կամ հիդրօքսիդի հետ ծծմբի երկօքսիդի փոխազդեցության ռեակցիան՝ որպես վերջնարդյունք նատրիումի սուլիդ \$ատի կամ սուլիդ \$իտի ստացմամբ: Առաջարկվող տարբերակում SO<sub>2</sub>-ի կապակցումը իրականացվում է առանց որևիցե

բարդություն, քանզի աշխատող լուծույթի ջրածնային pH ցուցիչի ամբողջ տիրույթում ձևավորվում են հեշտ լուծելի աղեր: Այս մեթոդը տնտեսական տեսակետից կարգարացվի միայն այն դեպքում, եթե իրականացվի արսորբենտի ռեգեներացիա: Նշված հանգամանքը բացատրվում է նրանով, որ կիրառվող ռեգենտները համեմատաբար թանկ են, իսկ առաջացած հեշտ լուծելի աղերը պահպանման և հետագա օգտագործման համար ոչ պիտանի: Ռեակցիայի վերջնարգասիքները բարձր ջերմաստիճանային վերականգնումից և շոգեածխաթթվային քայքայումից հետո վերստին փոխակերպվում են նատրիումի կարբոնատի և ծծմբաջրածնի: Վերջինիցս էլ Կլաուսի ավանդական մեթոդով ստանում են տարրական ծծումբ, որն էլ կարելի է իրացնել համաշխարհային շուկաներում [9, 10]:

ԱՄՆ-ում կատարված փորձարարական տվյալները վկայում են այն մասին, որ ծխագազերից ծծմբային անհիդրիդի մաքրման 95% արդյունավետությամբ կարելի է ապահովել նաև որպես ռեգենտ օգտագործելով տեխնիկական սողակամ տրոն և նախկուրիտ:

Ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման նկարագրված մեթոդները ունեն երկու էական թերություններ՝ թանկությունը և իրականացման բարդությունը: Այս թերությունները որոշակիորեն կարելի չտկել, եթե տեխնոլոգիան ներդնել արդյունաբերական շրջանի համար՝ մի գործարանում մաքրելով տարբեր ձեռնարկությունների ծխագազեր:

Ճապոնական փորձը վկայում է այն մասին, որ նախքան այրումը վառելիքի ծծմբազերծումը բավականին բարդ, թանկ և հեռանկարային գործընթաց է, որի իրականացումը սակայն հնարավորություն կընձեռի միաժամանակ լուծել գազային տրակտում ծծմբի օքսիդների բացասական ազդեցության կանխման հիմնահարցերը, մեծացնել այրման գործընթացի արդյունավետությունը, կբացակայի ծխագազերի մաքրման և դրա արդյունքում առաջացած երկրորդային հումքի օգտահանման անհրաժեշտությունը: Մասնավորապես, կիսաարտադրական փորձարկումների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ 2...3% ծծմբապարունակությամբ մազուլթի նախքան այրումը մինչև 0.5...1% ծծմբազերծումը, հնարավորություն է ընձեռում 1...2%-ով բարձրացնել գազամազության կաթսայի արդյունավետությունը և շահագործման հոսսալիությունը: Էկոլոգիական հիմնախնդիրների

սրման սկզբնական ժամանակահատվածում ԱՄՆ-ում և Ճապոնիայում ջերմաէներգետիկական տեղակայանքներից արտանետվող ծխագազերից SO<sub>2</sub>-ի որսումը իրականացվում էր լայն կիրառություն ունեցող երկհիմնային մեթոդով, որի դեպքում ալկալիական արտորբենտը ռեգեներացվում էր հողալկալիական միացությունների միջոցով՝ վերջնարդյունքում ունենալով հետագակիրառման համար պիտանելի վերջնարդյունք՝ գիպս: Սակայն գործընթացի բարդության և մեծ արժողության պատճառով նկարագրված մեթոդն այժմ կիրառություն չունի [11,12,14]:

Ներկայումս ամբողջ աշխարհում առավել լայն կիրառություն ունի թաց կրային եղանակով ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման տարբերակը՝ իր ավելի քան 80 մոդիֆիկացիաներով (գոյություն ունեցող հավաստի տվյալները վկայում են այն մասին, որ այժմ ամբողջ աշխարհում այրման արգասիքներից ծծմբի օքսիդների մաքրման տեղակայանքների 90%-ը աշխատում են թաց արտորբցիոն մեթոդով) [13,16,17]: Ջրում կրի և կրաքարի վատ լուծելիության հետևանքով ծծմբի միացություններից ծխագազերի մաքրման տեղակայանքները աշխատում են կարծր մասնիկների պարունակությամբ սորբենտի ջրային սուզպենզիայով: Անհրաժեշտ է նշել, որ այս պարագայում մեծանում է նստվածքագոյացման և ցայտեցման փողրակների խցանման հավանականությունը (գումարային 6000 ժամ աշխատելուց հետո փողրակների 80%-ը փոխարինման կարիք ունեն): Այս խնդրի լուծման նպատակով Ֆիննական Տամպելլա ընկերությունը մշակել է հատուկ փողրակներ՝ սուզպենզիայի կաթիլների նպատակահարմար չափեր ստանալու և դրանց խցանման ժամանակահատվածը հետաձգելու համար, սակայն առավել հաջողված լուծում է համարվում Սաարբերգ-Յելտեր գերմանական ընկերության մասնագետների առաջարկը [11]: Գերմանական կայաններում իրականացվում է մրջնաթթվի ավելացում կրաքարային սուզպենզիայի մեջ, որն էլ՝

- ✓ նպաստում է ջրում կրի (կամ կրաքարի) լավ լուծմանը և SO<sub>2</sub>-ի կլանման համար կալցիումի ֆորմիատների ձևավորմանը,
- ✓ հանգեցնում է աշխատող լուծույթի ակտիվության մեծացմանը՝ ի հաշիվ կալցիումի իոնների կոնցենտրացիայի մեծացման,

- ✓ հնարավորություն է ընձեռում իրականացնել SO<sub>2</sub>-ի որսման արդյունավետ գործընթաց՝ pH=5.5...3.5 միջակայքում,
- ✓ նվազում է արտոբերում շրջանառվող լուծույթի տեսակարար ծախսը, ի համեմատություն այլ տարբերակների, ինչն էլ հանգեցնում է շահագործման ծախսերի նվազման (աշխատող լուծույթի ծախսը 1մ<sup>3</sup> ծխագազերի մաքրման համար կազմում է 1լ, մինչդեռ թաց կրային եղանակով գործող նույնատիպ տեղակայանքում նույնանուն ծախսը կազմում է 10...11լ/մ<sup>3</sup>):

Սակայն թվարկված առավելությունների հետ մեկտեղ կայանի անձնակազմը «խուսափում» է մրջնաթթվի օգտագործումից, քանի որ վերջինիս ակտիվ թթու է ինչն էլ հանգամանքը ստիպում է կիրառել պատրաստման, պահման և չափեբաժնորոշման համար հատուկ սարքավորումներ: Ծահագործման ներկայիս փուլում տեխնիկական համակազմային միջոցները թույլ են տալիս, գերակա ընդունելով մաքրման պահանջվող չափորոշիչը, ավտոմատ կերպով ճշգրտել ռեագենտների չափաբաժինները՝ ելնելով պատրաստված լուծույթների խտություններից: Ընդ որում, կրաքարը և մրջնաթթուն չափեբաժնորոշվում են հատուկ պոմպ-չափեբաժնորոշիչի միջոցով:

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 և կատարվում վերջինիս ամբողջական իրացում:

Համապատասխան հանքային կազմ ունեցող մակերևույթային ջրային ռեսուրսների տիրապետող երկրներում, որպես թաց կրային մեթոդին համարժեք այլընտրանք կարող է օգտագործվել ծծմբի օքսիդների կապակցման մեկ այլ տարբերակ, որը ստացել է արտոբեցիա ծովային ջրով անվանումը: Վերջինս ի համեմատություն թաց կրային մեթոդի պահանջում է շահագործման փոքր ծախսեր, տեխնոլոգիական գործընթացն ավելի պարզ է և բացակայում է աշխատող լուծույթի պատրաստման հանգույցը: Ծովային ջրով արտոբեցիան կիրառելի է միայն սակավածծումբ



վառելիքների այրման արգասիքների մաքրման դեպքում, քանզի առկա է ջրային միջավայրի pH-ի նվազման, ինչպես նաև թռչող մոխրով և ծանր մետաղներով աղտոտման հնարավորություն [15]:

Չամեմատաբար ավելի թանկ ալկալիական ռեագենտի՝ կրի, օգնությամբ իրականացվում է ծխագազերի մաքրում ծծմբի միացություններից թաց-չոր (կիսաչոր) տարբերակով: Շվեդական Flakt Ֆիրմայի մասնագետների կարծիքով նշված մեթոդի կիրառությունը նպատակահարմար է ելակետային վառելիքի ոչ մեծ ծծմբապարունակության դեպքում ( $S^P=0.8...1.5\%$ ), որն էլ արդեն իսկ խոչընդոտում այս մեթոդի լայն կիրառությունը: Մեկ այլ, ոչ նպաստավոր, հանգամանք է նաև որպես ռեագենտ կրի օգտագործումը, քանզի վերջինիս արժեքը 2...2,5 անգամ գերազանցում է չոր և թաց կրային մեթոդների դեպքում օգտագործվող կրաքարի արժեքը [6,18]:

Եկոլոգիական ոչ խիստ չափորոշիչների պարագայում ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման տնտեսապես ամենաանպատակահարմար տարբերակը չոր ադդիտիվ մեթոդն է, որն իրականացվում է հետևյալ տարատեսակներով.

- ✓ չոր ադդիտիվ մեթոդ (քիմսորբում), որի դեպքում ալկալիական միացություններն անմիջապես կամ վառելիքի հետմիասին մատուցվում են հնոց: Նկարագրված մեթոդը ունի փոքր արդյունավետություն և հիմնականում կիրառվում է Գերմանիայում (Bergbau Forschung) և ԱՄՆում (HOKCO),
- ✓ պղնձի օքսիդների միջոցով SO<sub>2</sub>-ի քիմսորբում (УОП-Шель),
- ✓ SO<sub>2</sub>-ի կառավարիչ օքսիդացում մինչև SO<sub>3</sub>՝ ծծմբական թթվի հետագա ստացմամբ: Այս մեթոդը մշակվել է Haldor Topse դանիական ընկերության կողմից,
- ✓ ակտիվացված ածխի կամ կոքսի օգտագործմամբ SO<sub>2</sub>-ի ադսորբցիա՝ նոսր ծծմբական թթվի կամ գիպսի ստացումով,

Haldor Topse ընկերության կողմից մշակվել է ծխագազերից ծծմբի միացությունների մաքրման WSA (Wet gas Sulphuris Acid) տեխնոլոգիան, որը հնարավորություն է ընձեռում որպես վերջնարդյունք ստանալ խիտ ծծմբական թթուն՝ մաքրման գործընթացում չօգտագործելով քիմիական ռեագենտներ [19]:

Ռուսական Դորոգոբուժսկայի ՁԵԿ-ում շահագործվում է համաշխարհային պրակտիկայում կիրառությունն չգտած ամոնիակային-ցիկլիկ սկզբունքով ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման փորձարարական տեղակայանք: Ընդ որում, ամոնիակային-ցիկլիկ մեթոդի կիրառելիությունն չունենալու պատճառը ցածր արդյունավետությունն է (այն կազմում է գրեթե 93%), այլ տնտեսապես նպատակահարմար չլինելու հանգամանքն է: Ծարարվածն առավելապես պայմանավորված է ոչ թե օգտագործվող ռեագենտի թանկությամբ, այլ թթվակայուն և մեծ չափեր ունեցող սարքավորումների կիրառման անհրաժեշտությամբ [6,11,20]:

Համաշխարհային պրակտիկայում ծխագազերից ծծմբային անհիդրիդի մաքրման լայն կիրառությունն չգտած մեկ այլ տարբերակ է մագնեզիտային-ցիկլիկ մեթոդը: Ծարարվածի հիմնական պատճառը մագնեզիումի օքսիդի ստացման նպատակով մագնեզիումի սուլֆիտի ջերմային քայքայման համար պահանջվող ջերմության մեծ ծախսն է, որն էլ հանգեցում է կայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վատացման:

Արտասահմանյան մի շարք երկրներում փորձարկման փուլում է գտնվում ծծմբի և ազոտի օքսիդներից ծխագազերի ճառագայթաքիմիական մաքրման (ռադիոլիզ) գործընթացը: Այս պարագայում հնարավոր է միաժամանակ բարձր արդյունավետությամբ (մոտ 90%), ծխագազերից հեռացնել և ծծմբի, և ազոտի օքսիդները՝ որպես վերջնարդյունք ստանալով ամոնիումի նիտրատ կամ սուլֆատ: Ի համեմատությունն նշված միացություններից ծխագազերի մաքրման անջատ տարբերակների՝ այս մեթոդի առավելությունները էապես անտեսվում են՝ պայմանավորված «ճառագայթային պաշտպանություն» հասկացության հոգեբանական ընկալման բարդությամբ [21]:

Ծխագազերից միաժամանակ և ծծմբի և ազոտի օքսիդների մաքրման մեկ այլ տարբերակ է օզոնային մեթոդը, որը հնարավորություն է ընձեռում նվազեցնել դեպի մթնոլորտ արտանետվող ծծմբային անհիդրիդը մինչև 80...90%-ով, իսկ ազոտի օքսիդները՝ 70...80%-ով: Օզոնային մեթոդի իրականացման արդյունքում, որպես վերջնարգասիք ձևավորվում է գյուղատնտեսության մեջ մեծ պահանջարկ ունեցող ամոնիումի սուլֆատ և նիտրատ, սակայն մաքրման գործընթացի իրականացման

մեծ է ներգատարությունը (էներգաբլոկի հզորության 6...10%-ը) կասեցնում է մեթոդի կիրառելիությունը [22]:

Չնայած որ, ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման տեղակայանքներով ՋԷԿ-երի կահավորումը մեծացնում է անհրաժեշտ կապիտալ ներդրումները 25...30%-ով, իսկ էլեկտրաէներգիայի սակագինը՝ 5...15%-ով, ԵՄ-ում և ԱՄՆ-ում նոր կառուցվող ՋԷԿ-երի համար դրանց առկայությունը նշում են որպես անհրաժեշտ և պարտադիր պայման: Մասնավորապես, դեռևս 1995թ.-ին Գերմանիան ավարտել է գործող ՋԷԿ-երի վերագինումը նմանատիպ տեղակայանքներով՝ ծախսելով ավելի քան 13 մլրդ. ԳՄ:

Ոչ միայն նոր կառուցվող, այլև արդեն շահագործվող ՋԷԿ-երում ազոտի օքսիդների նվազեցման համար իրականացվող միջոցառումները բաժանվում են երկու տարատեսակի: Մի դեպքում, այրման գործընթացի որոշակի կազմակերպման միջոցով ճնշվում է առաջացող ազոտի օքսիդների ելքը, իսկ մյուս դեպքում իրականացվում է ծխագազերի մաքրում ազոտի օքսիդներից [7,23]: Ազոտի օքսիդների նվազեցման նպատակով իրականացվող երկու միջոցառումներն էլ հետազոտական էական գործընթաց են անցել ԱՄՆ-ում, Ճապոնիայում, Գերմանիայում, Ռուսաստանում, ինչպես նաև այլ երկրներում: Նախկին ԽՍՀՄ-ում Ֆ.Է. Դերժինսկու անվան Չամամիոն թեմակալի ջերմատեխնիկական ինստիտուտի աշխատակիցների կողմից ևս կատարվել են բազմատարյա ուսումնասիրություններ՝ վերաբերող և ազոտի օքսիդների առաջացման մեխանիզմներին, և դրանց նվազեցման մեթոդներին: Սովետական հետազոտողներ Ա. Վնուկովի, Ի. Սիգալի, ինչպես նաև արտասահմանյան գիտնականներ Բեյկլի և Էլշոուտի աշխատությունները թույլ են տալիս բավականին մեծ ճշտությամբ գնահատել ազոտի մոնօքսիդի, մթնոլորտում ազատ թթվածնի առկայության պարագայում ծխագազերի ջահի տարածման ընթացում, ազոտի երկօքսիդի փոխակերպման աստիճանը: Չամանման վերլուծություններ են կատարվել նաև ВНИПИЭнергопром-ում՝ Մինսկովի ղեկավարությամբ:

Վերոնշյալ վերլուծությունների հոլյժ կարևորությունը պայմանավորված էր տարածաշրջանի էկոլոգիական բեռնվածության գնահատման գործընթացին ազոտի երկօքսիդի ունեցած «ներդրման» բացահայտման անհրաժեշտությամբ [24,25]:

Ազոտի օքսիդների ելքի նվազեցման նպատակով իրականացվող ռեժիմառեխնոլոգիական միջոցառումներից միայն ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչներն են՝ PM այրիչներ (PM-pollution minimum), որոնք գրեթե չեն ազդում կաթսայական տեղակայանքի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա: Արևմտյան Եվրոպայի, ԱՄՆ-ի և Ճապոնիայի նախագծային կազմակերպությունները ահռելի ներդրում ունեն այդպիսի այրիչների ստեղծման և կառուցվածքային հետազոտարգացման գործընթացներին: 1980-ական թվականների վերջին ամերիկյան Whitewater ՁԷԿ-ում ավանդական այրիչների փոխարեն ներդրվեցին փուլային այրման այրիչներ, որոնք հնարավորություն ընձեռեցին նվազեցնել ազոտի օքսիդների ելքը 40%-ով: Ժամանակակից կաթսայական ագրեգատներում կիրառվող ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչները, կախված իրենց կառուցվածքային առանձնահատկություններից և վառելիքի տեսակից, ապահովում են NOx-երի նվազեցում ընդհուպ մինչև 60% [26, 7]:

Ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման տեսանկյունից Էական նշանակություն ունեն նաև այրիչների հարմարադասման հանգամանքը, վառելիքի և օդի մատուցման արագությունները և դրանց խառնման պայմանները: Շարադրվածն առավելապես վերաբերում է այրիչների տիպային դասավորվածության դեպքում հնոցային խցում ջերման ջառման, այրման արգասիքներով հնոցային տարածության լցվածության և ջերմազանգվածափոխանակության պայմաններին [27]: Վերջին հաշվով այս գործոններն են պայմանավորում ազոտի օքսիդների քանակական ելքը: Մասնավորապես, այրիչների հատակային հարմարադասման դեպքում հնարավորություն է ընձեռվում իրականացնել NOx-երի ելքի նվազեցում: Նման փորձ կատարվել է նաև Յրազդանի ՁԷԿ-ում:

Այրիչների բազմաշարք (բազմայարուս) դասավորվածության դեպքում ազոտի օքսիդների արտանետումների նվազման կարելի է հասնել կազմակերպելով ոչ ստեխիոմետրիկ այրում: Այս մեթոդի կազմակերպման նպատակով ամերիկյան և Ճապոնական ՁԷԿ-երի որոշ կաթսայական ագրեգատների վրա կատարվեցին փորձարկումներ: Մասնավորապես, երկրորդային օդը բաժանվում էր մի քանի ոչ հավասար մասերի (ըստ այրիչների յարուսների քանակի) և այնուհետև մատուցվում հնոց: Յարավային Կալիֆոռնիայի Edison

Էներգետիկական կազմակերպության աշխատակիցները BabcockWilcox ընկերության կաթսայական ագրեգատների վրա կատարած փորձարկումների ժամանակ (Խանտինգտոն և Մանդելեյ ՋԷԿ-երի 1-ին և 2-րդ էներգաբլոկներ) միայն ըստ այրիչների երկրորդային օդի վերաբաշխման շնորհիվ նվազեցրեցին հեռացող ծխագազերում ազոտի օքսիդների կոնցենտրացիան  $1.0...1.04 \text{ գ/մ}^3$  մինչև  $0.4...0.42 \text{ գ/մ}^3$ :

Չարգացնելով ըստ յարուսների երկրորդային օդի վերաբաշխման գաղափարը՝ ամերիկյան Տեխաս նահանգի համալսարանի աշխատակիցները այրիչների շուրջ մոնտաժեցին փողրակներ, որոնցով տարբեր արագության ներքով մատուցվում էին երրորդային օդը և վերաշրջանառվող ծխագազերը (վերին փողրակներով մատուցվում էր օդը, իսկ այրիչների ստորին մասում գտնվողներով՝ վերաշրջանառվող ծխագազերը): Այրման գործընթացի նմանատիպ կազմակերպումը հնարավորություն տվեց նվազեցնել ազոտի օքսիդների ելքը 45%-ով, սակայն պայմանական վառելիքի տեսակարար ծախսը աճեց մոտ 7%-ով:

Աստիճանական այրման պարագայում տեղի է ունենում ոչ միայն ազոտի օքսիդների ելքի կրճատում, այլ ձևավորված օքսիդներից մոլեկուլյար ազոտի վերականգնում: Այս մեթոդի ուսումնասիրման և ներդրման առաջատարը ճապոնիան է: Չարգացման սկզբնափուլում Mitsubishi Heavy Industries և այնուհետև HitachiZosen կազմակերպությունների կողմից ուսումնասիրվել են երկ և եռաստիճան այրման կազմակերպման նախադրյալները, ինչն էլ հնարավորություն է տվել ժամանակակից կայաններում լայնորեն կիրառել այս տեխնոլոգիան [28,29,30]:

Ազոտի վառելիքային օքսիդների արտանետումների նվազեցման նպատակով Վ.Ի. Բաբիի և իր աշխատակիցների կողմից մշակվել և ուսումնասիրվել է նախքան այրումը վառելիքի տաքացման մեթոդը [31]: Լաբորատոր դրական փորձարկումներից հետո BTI աշխատակիցների կողմից նախագծվել է ТПГ-210А կաթսայի համար նախատեսված այրիչ, որում ածխափոշու տաքացումը տեղի էր ունենում այրման արգասիքների հետ խառնման հետևանքով: Նմանատիպ հետազոտություններ հետագայում կատարվեցին նաև հեղուկ վառելիքի համար և նորից տվեցին ցանկալի արդյունք: Ներկայումս շահագործվող կայաններում ազոտի օքսիդների ելքի

նվազեցման վերը նկարագրված մեթոդը գործառնական կիրառությունն չունի:

Ծխազագերի վերաշրջանառությունը, որպես ազոտի օքսիդների ելքի նվազեցման նպատակով իրականացվող միջոցառում, առաջին անգամ փորձարկվել է 1960-ական թվականներին, երբ Esso Research-ի (ԱՄՆ) աշխատակիցներին հաջողվեց նվազեցնել NOx-երի ելքը 60%-ով՝ կազմակերպելով ծխազագերի 30% վերաշրջանառություն: Որոշ հեղինակներ վկայում են, որ վերաշրջանառվող ծխազագերի քանակության և ազոտի օքսիդների ելքի նվազեցման միջև գոյություն ունի գծային կախվածություն, սակայն վերաշրջանառվող գազերի որոշակի չափաքանակից սկսված ազոտի օքսիդների ելքի նվազման արդյունավետությունը ընկնում է, աճում է սեփական կարիքների համար էլեկտրական էներգիայի ծախսը և կաթսայական ագրեգատի ՕԳԳ-ն կարող է նվազել 0.7...1.3%-ով [32]: ВТИ-ի, САФ ВНИИПромгаз-ի, МЭИ-ի մասնագետների հետազոտությունները վկայում են այն մասին, որ ծխազագերի վերաշրջանառության կազմակերպման շնորհիվ ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման արդյունավետությունը էապես կախված է երկու հանգամանքներից.

1. NOx-երի ելքի զգալի կրճատում գրանցվում է այն պարագայում, երբ այրման ակտիվ գոտում ջերմաստիճանային մակարդակը բարձր է, ուստի մասնակի բեռնվածությունների պարագայում ծխազագերի վերաշրջանառության կազմակերպումն արտանետումների նվազեցման տեսանկյունից ունենում է գրեթե զրոյական արդյունք:
2. Ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման արդյունավետությունը պայմանավորված է ոչ միայն վերաշրջանառվող ծխազագերի քանակով և ջերմաստիճանային մակարդակով, այլ և դեպի հնոցային խուց դրանց մատուցման ձևով [33,34]:

Այրման ակտիվ գոտում ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցմամբ NOx-երի արտանետումների կրճատման կարելի է հասնել նաև հնոցային խուց խոնավության մատուցման շնորհիվ:

Կարևորելով սակավաթափոն տեխնոլոգիաների ստեղծման անհրաժեշտությունը՝ ներկայումս ջրի փոխարեն այրման ակտիվ

գոտի է մատուցվում նավթայ ուղայ ին արգասիքներով աղտոտված հոսքաջրեր, ինչն էլ հնարավորություն է ընձեռում դրանց զգալի մասը ենթարկել վնասագերծման այրման միջոցով (հոսքաջրերը կարող են կազմել կաթսայում վառելիքի ծախսի 20%-ը), լուծելով միաժամանակ էկոլոգիական երկու հիմնախնդիր [32]:

Ինչ վերաբերում է ծխագազերից քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդների մաքրմանը, ապա համաշխարհային փորձի վերլուծությունը վկայում է այն մասին, որ գործնականորեն կիրառվող տարբերակները երեքն են.

1. հոմոգեն` ազոտի օքսիդներից (NO, NO<sub>2</sub>) ամոնիակի միջոցով մոլեկուլյար ազոտի վերականգնումն է, որն անվանում են նաև բարձր ջերմաստիճանային մեթոդ,
2. կատալիտիկ` մոլեկուլյար ազոտի սելեկտիվ (ընտրողական) վերականգնում ամոնիակի միջոցով,
3. կլանման` գանազան կլանիչների միջոցով NOx-երի կլանումն է` SO<sub>2</sub>-ի միաժամանակյա աքսորեցիայով:

Վերոնշյալ տարբերակներից լայն կիրառություն են գտել վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ և ոչ կատալիտիկ մեթոդները` լայնորեն ներդրվելով եվրոպական, ամերիկյան և ճապոնական միջարք էլեկտրակայաններում: Համաշխարհային պրակտիկայում վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդով գործող առաջին տեղակայանքը, կարծր վառելիքով աշխատող էլեկտրակայանում շահագործվելու համար, մշակվել է Mitsubishi Heavy Industries կազմակերպության կողմից և 1980 թ.-ի գարնանը ներդրվել ճապոնական Simonoseki ՁԷԿ1-ում: Ներկայումս նման տեղակայանքներ շահագործվում են նաև գազամագոլթային ՁԷԿ-երում [35]:

Վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ տեխնոլոգիայով ներկայումս շահագործվում է 20 տեղակայանք Արևմտյան Եվրոպայում, 100-ից ավել` ԱՄՆ-ում և 2-ը` Ռուսաստանում (Տոլյատիի ՁԷԿ-ում): Վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ տեխնոլոգիայով շահագործվող տեղակայանքների գումարային քանակը ողջ աշխարհում 300 է, որից 2-ը` Ռուսաստանում (Մոսեթրո-ի ՁԷԿ 27-ում) [36,37,38]:

Ուսումնասիրությունների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ բարձր ջերմաստիճանային, ինչպես նաև վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ և ոչ կատալիտիկ մեթոդների իրականացման

արդյունավետությամբ խիստ կերպով կախված է ջերմաստիճանային մակարդակից, ուր մատուցվում է ամոնիակը [23]: Փոխազդեցության համար պահանջվող ջերմաստիճանային մակարդակի չափահոսման կամ գերազանցման պարագայում ի հայտ են գալիս լրացուցիչ հիմնախնդիրներ, ընդ որում ոչ միայն էկոլոգիական բնույթի: Մասնավորապես, ազոտի օքսիդների հետ չռեակցված ամոնիակը ծխագազերի հոսքման դեպքում ռեակցիայի մեջ է մտնում ծծմբային անհիդրիդի և ջրային գոլորշիների հետ՝ ձևավորելով ամոնիումի բիսուլֆիտ՝  $NH_4HSO_4$ , որն էլ խցանում է օդատաքացուցիչը (այդօրինակ միջադեպ տեղի է ունեցել ճապոնական Chitta ՁԷԿ-ում և կաթսայի բնականոն շահագործում ապահովելու համար ստիպված են եղել իրականացնել օդատաքացուցիչի բարձր ջերմաստիճանային մասի ջրային փչամաքրում): Այն պարագայում, երբ տեղի չի ունենում օդատաքացուցիչի խցանում, չռեակցված ամոնիակը ծխագազերի հետ արտանետվում է դեպի շրջակա միջավայր՝ առաջացնելով օդային և այնուհետև նաև ջրային ավազանի աղտոտվածություն:

Նախկին խորհրդային միությունում բարձր ջերմաստիճանային մեթոդով ազոտի օքսիդների էլքի նվազեցման փորձարկումներին մասնակցել են BTM-ի և Յայ Էներգոկարգաբերման և Կիրովականի ՁԷԿ-ի աշխատակիցները [39,40]: Առաջնորդվելով փորձարկումների արդյունքներով՝ БКЗ-160-100ГМ տեսակի շոգեկաթսայի հորիզոնական գազանցք մատուցվում էր ամոնիակի և շոգու խառնուրդ՝ վերջնարդյունքում ապահովելով ազոտի օքսիդների էլքի քառապատիկ կրճատում:

Վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ և ոչ կատալիտիկ մեթոդների իրականացման պարագայում՝ կատալիզատորի օգտագործումը հնարավորություն է ընձեռում նվազեցնել ազոտի օքսիդների և ամոնիակի փոխազդեցության համար պահանջվող ջերմաստիճանային մակարդակը, սակայն լրացուցիչ խնդիրներից խուսափելու համար այդ մակարդակը ևս պետք է պահպանել: Ջերմաստիճանային առաջադրված տիրույթը պահպանելու պարագայում հնարավոր է ազոտի օքսիդների էլքը նվազեցնել 90%-ով, ինչը էկոլոգիական տեսանկյունից խիստ ցանկալի արդյունք է, որը սակայն ձեռք է բերվում կապիտալ և շահագործման զգալի ծախսերով: Մասնավորապես, որպես կատալիզատորներ օգտագործվում



են թանկարժեք միացություններ՝ տիտանի և վանադիումի օքսիդներ, որոնք պարբերաբար փոխարինման են ենթարկվում, քանզի ծխագազերում  $SO_3$ -ի առկայությունը թունավորում է կատալիզատորը՝ դրա շահագործման ժամկետը նվազեցնելով մինչև 1...3 տարի [32]:

Գոյություն ունեն տեսական ուսումնասիրություններ և կիսաարդյունաբերական փորձարկումներ՝ վերաբերող ծխագազերից ազոտի օքսիդների մաքրման թաց մեթոդին, որ հնարավորություն է ընձեռում միաժամանակ ծխագազերից որսալ նաև ծծմբի օքսիդները: Մեթոդի էությունը կայանում է նրանում, որ օզոնի կամ ջրածնի պերօքսիդի միջոցով  $NO$ -ն և  $SO_2$ -ը վերջնօքսիդանում են համապատասխանաբար մինչև  $NO_2$ ,  $N_2O_5$  և  $SO_3$ , որոնք էլ լուծվելով ջրում առաջացնում են ազոտական և ծծմբական թթուներ: Նկարագրված ռեակցիաների ընթանալու արագությունը մեծացնելու նպատակով օգտագործում են կատալիզատորներ՝ երկաթի իոն և էթիլենդիամիդքառաքաղաքաթթու [41,42]: Նմանատիպ սկզբունքով Մոլդովական ՊՇԷԿ-ում իրականացվել է ծխագազերի մաքրում ծծմբի և ազոտի օքսիդներից: Ծահագործման փորձը վկայում է, որ ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիական գործընթացի էներգատար և թանկ հանգույցը օզոնատորն է, որտեղ օդից ստացվող օզոնի հաշվին թույլ ռեակցվող  $NO$ -ն և  $SO_2$ -ը փոխակերպվում են ջրում հեշտ լուծվող  $N_2O_5$ -ի և  $SO_3$ -ի: Բացի այս թերություններից թաց մեթոդով ծխագազերի մաքրման պարագայում դրանց ջերմաստիճանը խիստ կերպով ընկնում է ( $52...60^{\circ}C$ ) և հետևաբար ծխնելույզից ծխագազերի արտանետման դեպքում ջերմային վերելքը ապահովելու համար դրանք պետք է տաքացնել առանձին տաքացուցիչում՝ կատարելով լրացուցիչ ծախսեր:

Ներկայումս ճապոնիայում և ԱՄՆ-ում իրականացվում է նաև ճառագայթաբիմիական մեթոդով ծխագազերից  $NO_x$ -երի մաքրում:

Յեղուկ վառելիքի այրման արդյունքում ծխագազերում պարունակվող վնասակար միացությունների մի մասը նստում է տաքացման մակերևույթների վրա՝ հանգեցնելով ոչ միայն դրանց աղտոտման, այլ և աշխատանքային պայմանների և ցուցանիշների էական փոփոխության: Մասնավորապես, կաթսաների տաքացման մակերևույթների լվացման հոսքաջրերում պարունակվում է մեծ քանակությամբ վանադիում, որի օգտահամանը խոչընդոտում է նման հոսքաջրերի վնասազերծման արդի տեխնոլոգիաներում

գոյացող շլամում գանազան խառնուրդների բարձր պարունակությունը: Արդյունքում ջերմային էլեկտրակայաններ շահագործող երկրներում կուտակվել է մեծ քանակությամբ վանադիում պարունակող շլամ, որը, մի կողմից, մեծ վտանգ է ներկայացնում շրջակա միջավայրի համար, մյուս կողմից, հանդիսանում է թանկ հումք՝ վանադիումի հնգօքսիդ ստանալու համար: Այս ուղղությամբ կատարված աշխատանքների արդյունքները ցույց են տվել նման հոսքաջրերից և շլամից վանադիումի, նիկելի, ալյումինի, երկաթի և այլ բաղադրիչների հիմնական մասի օգտահանման հնարավորությունը [43]:

2005թ.-ին եվրոպական էներգետիկական և նավթային ընկերությունները, ոչ կառավարական էկոլոգիական և աշխարհագրական կազմակերպությունները ինչպես նաև բազմաթիվ գիտնականներ հիմնեցին եվրոպական տեխնոլոգիական ծրագիրը, որի գործունեության վերջնարդյունքն էլ պետք է լինի զրոյական արտանետումներով էլեկտրակայանների ստեղծումը (ZEP - zero emission plant): 2008թ.-ի նոյեմբերին վերոհիշատակված ծրագրի մասնակիցները ներկայացրեցին զեկույց, որից կարելի է կատարել ստորև բերված հետևությունները.

- ✓ հարկավոր են ածխածնի երկօքսիդի կապակցման և թաղման փորձարարական ծրագրեր, որոնք կստուգեն տեխնոլոգիական լուծումների ճշտությունը, կգնահատեն առկա ռիսկերի փաստացի մակարդակը և հանրությանը մատչելի կերպով կներկայացնեն ընդունված որոշումների իրավացիությունը,
- ✓ զրոյական արտանետումներով նոր ՁԷԿ-երի կառուցման համար պահանջվում է մոտ 10...12 մլրդ եվրո կապիտալ ներդրումներ և լրացուցիչ 7...10 մլրդ եվրո՝ ՕԳԳ-ի նվազեցումը փոխհատուցելու համար,
- ✓ ածխածնի երկօքսիդի կապակցման և պահման տեխնոլոգիաների ուսումնասիրում և կոմերցիոն տեսանկյունից նպատակահարմար տարբերակի ընտրություն (սկսած 2020 թ.-ից եվրոպական միության բոլոր նորակառույց ՁԷԿ-երը պետք է կահավորված լինեն CO<sub>2</sub>-ի կապակցման և պահման հանգույցով), ինչն էլ կապահովի եվրոպական միության առաջատար դերը

կլիմային վրա մարդածին ազդեցության կանխման գործընթացում [44]:

Ամփոփելով վերը շարադրվածը կարելի է նշել, որ ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցմանն առնչվող հիմնահարցերը ձեռք բերեցին արդիականություն, երբ շրջանառության մեջ մտավ Կինոտյի արձանագրությունը և զարգացած երկրները ստիպված եղան իրականացնել այդ արձանագրությամբ ստանձնած պարտավորությունները: Վերլուծելով ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման նպատակով իրականացվող միջոցառումները՝ կարելի է նշել հետևյալ հնարավոր տարբերակները.

- ✓ կայանի ՕԳԳ-ի մեծացումը,
- ✓ CO<sub>2</sub>-ի կապակցման և պահման տեխնոլոգիաներով (CCS - carbon capture and storage) կայանի վերազինումը,
- ✓ ատոմային և հիդրոէլեկտրակայանների շահագործումը,
- ✓ ոչ ավանդական և վերականգնվող էներգաբաղադրանքների օգտագործումը:

Ածխածնի երկօքսիդի կապակցմանը և պահմանն առնչվող հիմնահարցը իր հերթին պահանջում է փոխկապակցված երկու լուծում.

1. որևէ տարբերակով իրականացնել CO<sub>2</sub>-ի կապակցում,
2. CO<sub>2</sub>-ի պահում կամ թաղում սպառված նավթա - կամ գազահորերում:

Ածխածնի երկօքսիդի կապակցման ամենաուսումնասիրված և ներդրման տեսանկյունից նպատակահարմար մեթոդները կարելի է դասակարգել հետևյալ կերպ՝

- ✓ վառելիքի այրումից հետո CO<sub>2</sub>-ի արսորբցիա՝ քիմիական ռեագենտների կիրառմամբ,
- ✓ նախքան այրումը վառելիքի գազիֆիկացում և CO<sub>2</sub>-ի կապակցում,
- ✓ վառելիքի այրում թթվածնային միջավայրում (Oxyfuel տեխնոլոգիա) [45]:

Վառելիքի այրումից հետո CO<sub>2</sub>-ի կապակցման մեթոդը կիրառելի է շահագործվող շոգեգազային ՋԷԿ-երի համար, քանզի պահանջում է նվազագույն կապիտալ ներդրումներ, իսկ որպես քիմիական ռեագենտ ամինային միացությունների փոխարինումը ամոնիակով հնարավորություն է ընձեռում նվազեցնել նաև շահագործման

ծախսերը: Քիմիական ռեագենտի ընտրության ժամանակ պետք է դիտարկվեն հետևյալ առանցքային գործոնները.

1. գազային տուրբին մուտք գործող ծխագազերի ջերմաստիճանը մինչև թույլատրելի մակարդակը նվազեցնելու համար ծխագազերի վերաշրջանառության իրականացման հանգամանքը,
2. դեսուրբցիոն գործընթացի համար անհրաժեշտ պարամետրերի շոգու աղբյուրի առկայությունը:

Նախքան այրումը վառելիքի գազի ֆիկացիայի պարագայում ռեակտոր-գազի ֆիկատորում ածխից ստացվում է սինթեզ գազ, վերջինիցս էլ կատալիզատորների օգնությամբ անջատվում է ջրածին: Որպես վառելիք ջրածնի օգտագործման պարագայում լիովին կանխվում է մթնոլորտի վրա վնասակար ազդեցությունը՝ դեպի օդային ավազան արտանետելով միայն ջերմոցային էֆեկտին որոշակի ներդրում ունեցող ջրային գոլորշիներ [46]:

2009 և 2010 թթ.-ներին Չինաստանի և ԱՄՆ-ի որոշ քիմիական ձեռնարկություններում սկսվեցին շահագործվել գազի ֆիկատորներ: 2009-թ.ին գերմանական Staudinger ածխափոշային ՋԷԿ-ի 5-րդ էներգաբլոկում սկսեցին իրականացնել ամինային աղերի միջոցով CO<sub>2</sub>-ի կապակցում: 2008 թ.-ին կանադական TransAlta էներգետիկական ընկերությունը Alstom կազմակերպության հետ ստորագրեց պայմանագիր Ալբերտա արվարձանում գտնվող ՋԷԿ-ը ածխածնի երկօքսիդի կապակցման և պահման տեխնոլոգիաներով կահավորելու համար:

Թթվածնային միջավայրում այրման կազմակերպման համար նախորև մեթոդով պետք է իրականացնել օդից թթվածնի զատում և ապա վերջինիս օգտագործում որպես օքսիդիչ [47]:

ՋԷԿ-երի կողմից մթնոլորտ արտանետվող միացություններից է նաև ջրային գոլորշին, որն ուղղակիորեն բացասաբար չի ազդում մարդու օրգանիզմի, կենդանական և բուսական աշխարհի վրա, սակայն ինչպես ցանկացած եռատոմ գազ այն ունի իր ուրույն տեղը ջերմոցային էֆեկտի առաջացման գործընթացում, ուստի էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-ի շահագործման պարագայում պետք է միջոցառումներ իրականացնել նվազեցնելու համար նաև վերջիններիս արտանետումները: Դեպի օդային ավազան ջրային գոլորշիներ արտանետվում են թաց աշտարակահովացուցիչներից՝

կոնդենսատորում տաքացած շրջապտուտային համակարգի ջրի հովացման հետևանքով և ծխնելույզից՝ հեռացող ծխագազերի հետ: Չատկապես շատ ջրային գոլորշիներ են պարունակվում բնական գազի, համեմատաբար ավելի քիչ մազուլթի և գրեթե աննշան հանածո ածխի այրման արգասիքներում: Ընդ որում, ծխագազերի հետ կամ հովացման համակարգից արտանետվող ջրային գոլորշու մասնաբաժինը խիստ փոփոխվում է, կախված էլեկտրակայանի տեսակից (ԿԷԿ, ՁԷՑ, ԾԳՏՏ) [48]:

Արտասահմանյան գրականության վերլուծության ընթացքում հայտնի են հեռացող ծխագազերում պարունակվող ջրային գոլորշիներից ջրի ստացման մի շարք տեխնոլոգիական լուծումներ: Ամենապարզ և կիրառելի լուծումն է գտած տարբերակում, դա կարելի է իրականացնել մակերևույթային կամ կոնտակտային ջերմափոխանակիչների արտաքին մակերևույթին տեղի ունեցող կոնդենսացման շնորհիվ: Նման տեխնոլոգիաները կարող են կիրառվել ոչ միայն նվազեցնելու համար տեխնիկական ջրի ծախսը, այլև վերադարձնելու համար հնոցում ջրի գոլորշիացման վրա ծախսված ջերմության մի մասը [49,50,51]:

Աշտարակահովացուցիչներից արտանետվող ջրային գոլորշիներին նվազեցմանը նպաստակառնողված հետազոտություններն արտացոլվում են տարաբնույթ տեխնոլոգիական և կառուցվածքային խնդիրների լուծմանն ուղղված առաջարկություններում: Մասնավորապես, տուրբինում աշխատած շոգու կոնդենսացման (կոնդենսատորի ուղղակի օդային հովացում կամ շրջապտուտային ջրի անուղղակի չոր հովացում) և չոր ու կիսաչոր աշտարակահովացուցիչներում (բնական կամ արհեստական քարշով) շրջանառու ջրի հովացման սխեմաների կիրառումը էապես կրճատում են ջրային գոլորշիների արտանետումները՝ նվազեցնելով տարածաշրջանի միկրոկլիմայի և համընդհանուր կլիմայական համակարգի վրա վերջիններիս ունեցած բացասական ազդեցությունը: Իհարկե, անհրաժեշտ է նշել այն հանգամանքը, որ վերոնշյալ տարբերակների իրականացման արդյունքում ջրային գոլորշիների արտանետումների կրճատումը որոշ դեպքերում կարող է հանգեցնել էներգետիկական արդյունավետության նվազման: Ծարադրվածն առավելապես վերաբերում այն փաստին, որ օդային հովացմամբ կոնդենսատորների շահագործման

պայմաններում աշխատած գոլորշու ճնշումը տուր-բինի ելքում ստացվում է բավականին բարձր և կարող է հասնել 15...24 կՊա՝ սովորական 3...5 կՊա-ի փոխարեն, ուստի դրանք նպատակահարմար է կիրառել միայն խիստ ջրասակավ երկրներում:

Ընդհանրացնելով վերը շարադրվածը հարկ է ընգծել, որ ծխագազերի մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաների ներդրումը կանխարգելում է շրջակա միջավայրի աղտոտումը՝ նվազագույնի հասցնելով կամ բացառելով դրա առանձին բաղադրիչներին ՋԷԿ-երի շահագործմամբ պատճառված վնասը:

Ժամանակակից գիտատեղագրության և նախագծավորձարարական աշխատանքների գործնական իրացումը հնարավորություն է ընձեռում կատարելագործել ՋԷԿ-երի արտանետումների մաքրման տեխնոլոգիական գործառույթը և շահագործել զրոյական գազային արտանետումներով էլ եկտրակայան:

## **1.2. Էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երի նախագծման և շահագործման համաշխարհային փորձի ընդհանրացում**

Էներգետիկայի զարգացման հիմնական գրավականը նախագծվող և շահագործման փուլում գտնվող ՁԷԿ-երի էկոլոգիական անվտանգության բարձրացումն է: Էկոլոգիական չափորոշիչների անընդհատ խստացումը, ինչպես նաև արտանետումների և շրջակա միջավայրին հասցված վնասի փոխատուցման համար գանձվող վճարների աճը և սահմանային թույլատրելի արտանետումների գերազանցման պարագայում ձեռնարկության սեփական շահույթից վճարվող տուգանքների պատիկայնության սկզբունքը ստիպում են մշակել և կիրառել արտանետումների մաքրման արդյունավետ մեթոդներ՝ բարելավելով էներգատեղակայանքների էկոլոգիական բնութագրերը [52, 53]: Անվտանգության ներկայիս չափանիշները ենթադրում են, որ Էլեկտրակայանը, որին կարելի է անվանել «էկոլոգիապես անվտանգ» դեպի շրջակա միջավայր չպետք է արտանետի մաքրման չենթարկված այրման արգասիքներ և հոսքաջրեր, ինչպես նաև պինդ թափոններ: Ուստի և վերականգնվում, նախագծվում և շահագործման են հանձնվում գրոյական գազային արտանետումներով, անհոսքաջուր և սակավաթափոն էներգետիկական տեղակայանքներ: Ոլորտում ստեղծված իրավիճակն ավելի լավ պատկերացնելու համար հարկ է վերլուծել էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երի նախագծման և տեխնոլոգիական իրականացման համաշխարհային փորձը, որից և պարզորոշ կլինի, որ ժամանակակից նորագույն տեխնոլոգիաները հնարավորություն կընձեռեն շահագործել տնտեսական և բնապահպանական առավել բարձր ցուցանիշներով Էլեկտրակայաններ [54,55]:

Այն երկներում, որտեղ էներգետիկ ոլորտի զարգացման հեռանկարները ենթադրում են օրգանական վառելիքի նկատմամբ որոշակի հովանավորչական քաղաքականության իրականացում, նոր նախագծվող ջերմային Էլեկտրակայաններում հիմնականում նախատեսում են ածխափոշային վառելիքի կիրառումը:

Վերոնշյալը առավել ապես վերաբերում է Գերմանիային, Չինաստանին և Յնդկաստանին, որտեղ ածխի արդյունահանման զարգացման համար առկա են անհրաժեշտ նախադրյալներ և

տնտեսական աճի բարձր տեմպեր ապահովելու հնարավորություն: Էներգետիկական նպատակներով ածխի և այնածավալ կիրառման հիմնական կաշկանդիչները կլիմայի համընդհանուր տաքացման դեմ ուղղված միջոցառումների շրջանակներում ընթացող գործառնություններն են: Ածխի՝ որպես վառելիքի առանձնահատկությունն այն է, որ ածխափոշային ՁԷԿ-ում արտադրված էլեկտրական էներգիայի յուրաքանչյուր միավորին, ի համեմատություներ հեղուկ և գազային վառելիքով աշխատող էլեկտրական կայանների, բաժին են ընկնում վնասակար միացություններով աղտոտված ծխազազերի զգալիորեն ավելի մեծ արտանետումներ:

➤ *Ճոգետուրբի նային էներգաբլոկներում Էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներն ապահովվում են 2 ձևով.*

- ✓ ծխազազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերի ներդրմամբ,
- ✓ շրջանառվող եռացող շերտով կաթսաների կիրառմամբ:

Մասնավորապես, Ալտբախ-Դեյցիգաու գերմանական ՁԷԿ-ի №5 էներգաբլոկը կարծր վառելիքով աշխատող Էկոլոգիապես անվտանգ էներգահամալիր է, որտեղ իրականացվում է ծխազազերի մաքրում բոլոր վնասակար միացություններից: Մասնավորապես, ծխազազերում պարունակվող մոխրի մասնիկների որսումը կատարվում է հնգադաշտ էլեկտրազտիչների կիրառմամբ՝ ապահովելով մաքրման մինչև 99.74% արդյունավետություն: Ծծմբի երկօքսիդից ծխազազերի մաքրումն իրականացվում է թաց կրային մեթոդով՝ պիտանելի և իրացման ենթակա վերջնարդյունքի՝ գիպի, ստացումով: Ինչ վերաբերում է ազոտի օքսիդների ելքի կրճատմանը, ապա իրականացվում է այրման ռեժիմատեխնոլոգիական գործընթացի փոփոխություն՝ աստիճանական այրման կազմակերպումով, որը նվազեցնում է ազոտի թերմիկ օքսիդների առաջացումը, իսկ անհրաժեշտ Էկոլոգիական չափորոշիչը բավարարվում է վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդի կիրառմամբ՝ ազոտի օքսիդներից մոլեկուլը ար ազոտի վերականգնումով: Մթնոլորտ արտանետվող ջրային գոլորշիների նվազեցման նպատակով շահագործվում է համակցված կիսաչոր ստիպողական քարշով աշտարակահովացուցիչ: Գլոբալ տաքացման գործընթացին քանակական տեսանկյունից ամենամեծ ներդրում ունեցող ածխաթթու գազի արտանետումների կրճատման տեխնոլոգիական սարքավորումներով կայանը



կահավորված չէ, սակայն էլ եկտրական և ջերմային էներգիաների համատեղ արտադրության իրականացմամբ որոշ չափով մեղմում է այդ իրողությունը:

Շվեյցարական Vattenfall ընկերությունը ընդունեց որոշում աշխարհում առաջին փորձնական 30 ՄՎտ հզորությամբ Schwarze Pumpe «մաքուր» ածխափոշային էլեկտրակայանի կառուցման վերաբերյալ, որի հիմքում դրված էր մաքուր թթվածնային միջավայրում այրման կազմակերպումը: Վերջինիս իրականացման պարագայում գրեթե բացակայում են դեպի մթնոլորտ արտանետվող ազոտի օքսիդները, իսկ մոխրի մասնիկներից և ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրումից հետո, իրականացվում էր ածխաթթու գազի հեղուկացում և պահում:

Vattenfall ընկերությունը հետազոտում է նաև 2 այլ տեխնոլոգիաներ`

- ✓ այրումից հետո ծխագազերից ածխաթթու գազի որսումը (postcombustion մեթոդ): Այս մեթոդի կիրառման դեպքում ածխափոշին այրվում է սովորական շոգեկաթսայում, որպես օքսիդիչ օգտագործելով մթնոլորտային օդը, ապա վնասակար միացություններից ծխագազերի մաքրումից հետո հեղուկ արտորբենտի միջոցով հեռացվում է ածխաթթու գազը:
- ✓ մինչ այրումը ածխածնի կապակցում (precombustion մեթոդ): Մեթոդի առանձնահատկությունը կայանում է նրանում, որ նախքան այրումը ածուխը ենթարկվում է գազի ֆիկացման` սինթեզ գազի ստացումով, իսկ արտորբված ածխաթթու գազը սեղմվում է և հեղուկ տեսքով ենթարկվում թաղման մեծ խորությունների վրա [56]:

Օրգանական վառելիքի օգտագործման առավել հետաքրքիր լուծումներից մեկը ամերիկյան Foster Wheeler ընկերության մշակված գերկրիտիկական ճնշմամբ եռացող շրջանառվող շերտով կաթսան է, որը թույլ է տալիս նվազագույն շահագործման ծախսերով և ապես բարելավել կայանի էկոլոգիական անվտանգությունը: Ծրջանառվող եռացող շերտով կաթսայով 460 ՄՎտ հզորությամբ առաջին էներգաբլոկը շահագործման է հանձնվել 2009թ-ին Լոգիժեոնում (Լեհաստան): Էկոլոգիական անվտանգության պահանջների բավարարման նպատակով նախատեսված է կրային չոր ադրիտիվ

մեթոդով արտանետվող ծծմբի օքսիդների նվազեցում, իսկ շնորհիվ իրականացվող տեխնոլոգիական լուծման այրման ակտիվ գոտում ջերմաստիճանը չի գերազանցում 859 °C, ինչի հետևանքով անհրաժեշտություս չի առաջանում իրականացնել ազոտի օքսիդների ելքի կրճատում: Ծրջանառվող եռացող շերտով կաթսայի նախագծման ընթացքում Foster Wheeler ընկերության մասնագետները իրականացրեցին վերջինիս և ածխափոշու ավանդական այրման կաթսայական տեղակայանքի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների համեմատություն, ընդ որում ածխափոշու ավանդական այրման տարբերակում կայանում իրականացվում էր ծխագազերի մաքրում ծծմբի օքսիդներից և վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդով ազոտի օքսիդների ելքի կրճատում: Արդյունքների վերլուծությունը վկայում էին այն մասին, որ էկոլոգիական միևնույն չափորոշիչների ապահովման պարագայում, ավանդական ածխափոշային կաթսայի արժեքը կգերազանցեր շրջանառվող եռացող շերտով կաթսայի արժեքին` մոտ 21%-ով, մինչ դեռ էներգաբլոկի նետտո ՕԳԳ-ն բարձր կլիներ ընդամենը 0.2%-ով: Բացի նշված առավելությունից շրջանառվող եռացող շերտով կաթսայի շահագործման պարագայում`

- ✓ անհրաժեշտություս չի առաջանում իրականացնել գազային կամ մազոթային բոցավառում, անգամ ցածրորակ վառելիքի այրման դեպքում,
- ✓ հնարավորություն է ընձեռվում իրականացնել ու տարբերորակի վառելիքների այրում միևնույն կաթսայում,
- ✓ դյուրինանում է վառելիքի նախապատրաստման սխեման,
- ✓ գիշերային ժամերին բեռի անկման պայմաններում հնարավոր է իրականացնել էներգաբլոկի խորը բեռնաթափում և արագ գործարկում տաք վիճակից:

Babcock-Wilcox ընկերության տեխնոլոգիաներով արդեն 2011թ.-ին ամբողջ աշխարհում շահագործվում էին 15 շրջանառվող եռացող շերտով շոգեկաթսաներ, որոնցից 11-ը` Յնդկաստանում [57, 58, 59]:

➤ *Շոգեգազատու ըրբիսային տեղակայանքներով (ՇԳՏՏ) էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչները և սապահովվում են 2 ձևով.*

- ✓ կարծր վառելիքի ներցիկլային գազիֆիկացմամբ ՇԳՏՏ,

- ✓ ճնշման տակ եռացող շերտով էներգետիկական կաթսայական ագրեգատներով ՇԳՏՏ:

Ածխափոշային էլեկտրակայանների մրցունակության և արդյունավետության բարձրացման հնարավորություններից մեկը ածխի գազիֆիկացման շնորհիվ դրա ապրանքային պոտենցիալի համալիր օգտագործումն է [60]: Մյուս կողմից էներգաբլոկի տնտեսական և էկոլոգիական անվտանգության ցուցանիշների բարձրացման հիմնական սկզբունքներից մեկը վերջինիս օգտակար գործողության գործակցի մեծացումն է կամ էլ վառելիքի տեսակարար ծախսի նվազեցումը, ինչով էլ կկանխարգելվի մթնոլորտային օդի աղտոտումը:

Շարադրված իրականացման ամենանպատակահարմար տարբերակը ածխի ներցիկլային գազիֆիկացմամբ շոգեգազատու ռեֆինային տեղակայանքների շահագործումն է: Ածխի ներցիկլային գազիֆիկացմամբ շոգեգազային ցիկլի (IGCC) աշխատանքների կատարելագործման և վերլուծության արդյունքները վկայում են, որ ածուխը կարող է դառնալ ոչ միայն էկոլոգիապես մաքուր վառելիք, այլ նաև արժեքավոր հումք՝ տարբեր անհրաժեշտ ապրանքների ստացման համար [61, 62]:

Ներկայումս շահագործվող ածխի գազիֆիկացմամբ շոգեգազային կայանի ամենաարդյունավետ տարբերակը 335 ՄՎտ գումարային հզորությամբ (ԳՏՏ-ի հզորությունը 200 ՄՎտ է, իսկ ՇԳՏ-ի հզորությունը՝ 135 ՄՎտ) Իսպանիայի Puertollano էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-ն է: Գազիֆիկատորում ստացված սինթեզ գազը գտումից և ջրային լվացումից հետո տրվում է ծծմբի միացություններից մաքրման հանգույց, որտեղից էլ մատուցվում է գազային տուրբին և այնուհետև օգտահանիչ կաթսա: Դեպի մթնոլորտ արտանետվող ծծմբային անհիդրիդի, ազոտի օքսիդների և կարծր մասնիկների պարունակությունը կազմում են համապատասխանաբար 125, 150 և 7.5 մգ/մ<sup>3</sup>: Ընդ որում, այս ցուցանիշները Եականորեն ավելի ցածր են, քան էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երին գազային արտանետումների տեսանկյունից ներկայացվող չափորոշիչները: Puertollano էներգաբլոկի էլեկտրական էներգիայի արտադրության ՕԳԳ-ն, գազիֆիկատորի անկատարյալության և քիմիական փոխակերպման ցածր արդյունավետության հետևանքով, կազմում է ընդամենը 42.2%: Puertollano նախագծի հաջողության համար Եական ներդրում են

ուևնեցել էվրոպայի էլեկտրաէներգետիկական արդյունաբերության մասնագետները: Նախագծին աջակցում են Thermie EC ծրագիրը, ինչպես նաև Empresa Nacional De Electricidad, Electricite de France, Iberdrola SA, Compania Sevilliana de Electricidad, Hidroelectrical del Cantabrico, Comanhia Portuguesa de Procucao de Electricidade, ENEL SpA և National Power Ltd. Էներգաընկերությունները [63]:

Ածխի ներցիկլային գազիֆիկացման տեխնոլոգիան արդեն յուրացվել է Tampa Electric Co. (TEC) ամերիկյան ընկերությանը պատկանող Polk ՁԵԿ-ում: Վերջինս ածխային վառելիքի օգտագործման էկոլոգիապես մաքուր տեխնոլոգիայի ցուցադրական նախագիծ է՝ հաստատված ԱՄՆ-ի Էներգետիկայի նախարարության հատուկ ծրագրով, ընդ որում էլեկտրակայանը ծածկում է բեռի գրաֆիկի բազիսային հատվածը [64]:

Ածխի ներցիկլային գազաֆիկացմամբ շոգեգազային տեղակայանքների բարձր ՕԳԳ-ին և վնասակար նյութերի նվազագույն արտանետումների հանգամանքին զուգահեռ Polk ՁԵԿ-ն ունենում է չորս տեսակի ուղեկցող արտադրանքների ստացում ու առևտրային իրացում: Իրականում այսպիսի օբյեկտում սկզբունքորեն ձևավորվում է յուրօրինակ «ածխի համալիր մշակման» հայեցակարգը, այսինքն, ձեռնարկությունն, որում ածխից ստանում են շուկայում պահանջարկ ունեցող մի քանի նյութեր:

Կարծր վառելիքի գազիֆիկացմամբ աշխատող ՇԳՏՏ-ները, թույլ կտան բարձրացնել շահագործվող էլեկտրակայանների ՕԳԳ-ն՝ միաժամանակ նվազեցնելով վնասակար միացությունների արտանետումները դեպի շրջակա միջավայր [65]: ԱՄՆ-ում Էներգետիկայի նախարարության իրականացրած ծրագրերի շրջանակներում Clean Coal ընկերությունը կառուցել է ածխով աշխատող 3 IGCC տեղակայանք: Նման տեղակայանքներ կառուցվել են նաև Նիդերլանդներում, Իսպանիայում և Ճապոնիայում:

Կարծր վառելիքով աշխատող էկոլոգիապես անվտանգ ՇԳՏՏ-ի հազվադեպ կիրառվող տարբերակ է ճնշման տակ եռացող շերտով շոգեկաթսաներով էներգաբլոկի շահագործումը: Ճնշման տակ եռացող շերտում ածխի այրումը և սորբենտի օգնությամբ արտանետվող ծծմբի միացությունների որսումը կատարվում է 1.2...1.6 ՄՊա ճնշման և 850...870°C ջերմաստիճանային պայմաններում: Վերոնշյալ տարբերակով կարծր վառելիքի այրման պարագայում

քվադրիտերոկայացման շերտի շարժման արագությունը կազմում է 1 մ/վ, իսկ եռացող շերտի բարձրությունը՝ 3...4 մ: Թերմոդինամիկական տեսանկյունից նման մեթոդով այրման գործընթացի իրականացումն արդյունավետ է, քանզի վառելիքի այրման ջերմության զգալի մասը օգտագործվում է ՇՏՏ-ում, որտեղ էլ արտադրվում է էներգաբլոկի գումարային հզորության մոտ 80%-ը [66]:

Նմանատիպ ամենահզոր էներգաբլոկը ներկայումս շահագործվում է ճապոնական Կարիտա ՋԷԿ-ում (արտադրող Harima Heavy Industries ընկերություն): Էներգաբլոկի հզորությունը 360 ՄՎտ է, էլեկտրական էներգիայի արտադրման ՕԳԳՆ՝ 42.8 %: Դեպի շրջակա միջավայր արտանետվող վնասակար միացությունների քանակությունը ճիշտ է գերազանցում է Puertollano ՋԷԿ-ի համանուն ցուցանիշները՝ կազմելով SO<sub>2</sub>-ի և NO<sub>x</sub>-երի համար 200 մգ/մ<sup>3</sup>, կարծր մասնիկների համար 9 մգ/մ<sup>3</sup>, սակայն բավարարում է էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող պահանջներին [67]:

Ճնշման տակ եռացող շերտով էներգետիկական կաթսայական ագրեգատներով ՇԳՏՏ-ների տեսակարար կապիտալ ներդրումները կազմում են մեծ 2000 եվրո/կՎտ՝ արգելակելով այս տեխնոլոգիայի համընդհանուր կիրառությունը: Սակայն, որպես առավելություն անհրաժեշտ է նշել, որ ճնշման տակ եռացող շերտում ածխի այրման պարագայում, ի համեմատություն գազիֆիկացման, կորուստները ավելի փոքր են:

Ընդհանրացնելով վերը շարադրվածը՝ կարող ենք եզրակացնել, որ էկոլոգիապես անվտանգ էլեկտրակայաններում ծխազագերի մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաների կիրառումը, ոչ միայն հնարավորություն է ընձեռում արտադրել էլեկտրական և ջերմային էներգիաներ՝ առանց շրջակա միջավայրում անհակադարձելի փոփոխությունների առաջացման, այլև, շնորհիվ մաքրման արդյունքում ձևավորվող երկրորդային հումքի կամ վերջնարգասիքի իրացման, ապահովել բնական ռեսուրսների նպատակային օգտագործում և կայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա ծխազագերի մաքրման գործընթացի ունեցած ազդեցության մեղմում:

Չաշվի առնելով այն փաստարկը, որ էներգետիկական ձեռնարկությունները համընդհանուր էկոլոգիական հիմնախնդիրների առաջացման և հետագա բարդացման գործընթացում

ուկնեցել են Էական ներդրում, ուստի գրոյական գազային արտանետումներով, ինչպէս նաև անհոսքաջուր և սակավաթափոն տեխնոլոգիաներով ՋԷԿ-ների շահագործումը կդառնա վերոնշյալ հիմնախնդրի, գիտատեխնիկական տեսանկյունից, ամենատրամաբանական և արդարացված լուծումը:

Այսպիսով, արդի պայմաններում մաքրման գոյություն ուկնեցող տեխնոլոգիական գործառույթների իրագործմամբ, որոնց բնորոշ է ոչ միայն այրման արգասիքների, այլ նաև հոսքաջրերի և թափոնների վնասագերծումը, հնարավոր է նախագծել և շահագործել Էկոլոգիապէս մաքուր Էլեկտրակայան:

**ԳԼՈՒԽ 2. 'ՃՃՄԲԻ ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻՑ 'ՃԽԱԳԱԶԵՐԻ ՄԱՔՐՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ԵՎ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ` ԿԱՅԱՆԻ ՏԵԽՆԻԿԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՎՐԱՆՎԱԶԱԳՈՒՅՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆԻ ԱՊԱՅՈՎՄԱՄԲ**

**2.1. 'ՃՃՄԲԻ միացու թյ ու ն ներից ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիական սխեմաների նկարագիրը և համադրական վերլուծությունը**

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 վերջիններիս 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 ագրեսիվությամբ պատճառով: Իրականացված են գիտահետազոտական բնույթի մի շարք աշխատություններ [68], որոնց նպատակն էր պարզել, թե ինչպես է ստեփոմետրիկ այրման կազմակերպումը հանգեցնում առաջացող  $SO_3$ -ի քանակական կրճատման: Ստացված արդյունքները վկայում էին այն մասին, որ օդի ավելցուկի գործակցի փոքրացմանը զուգընթաց առաջացող ծծմբական անհիդրիդի քանակությունը նվազում էր` իսպառ բացակայելով միայն  $\alpha < 1$  արժեքների դեպքում, մինչդեռ էներգետիկական արդյունավետության նկատառումներից ելնելով օդի ավելցուկի գործակցի ստեփոմետրիկ նշանակությունից ցածր արժեքների դեպքում այրման գործընթաց չի կազմակերպվում:

Շարադրվածից ակնհայտ է, որ 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:

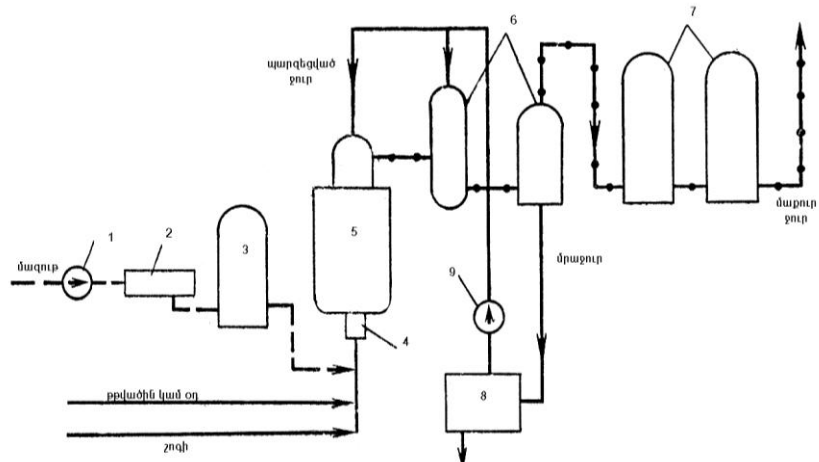
Էներգետիկ տեղակայանքներից արտանետվող ծծմբի միացությունների կրճատման գոյություն ունեցող տարբերակները կարելի է տարանջատել հետևյալ տեսակների՝

1. նախքան այրումը վառելիքի ծծմբազերծում,
2. հատուկ տեղակայանքներում ծխագազերի մաքրում ծծմբի օքսիդներից:

Յեղուկ վառելիքի ծծմբապարունակության նվազեցման համար վերջինիս օքսիդիչի առկայության (գազիֆիկացում), կամ դրա բացակայության դեպքում (պիրոլիզ) ենթարկում են բարձր ջերմաստիճանային փոխազդեցության [69]:

Նկար 2.1-ում պատկերված է նախքան այրումը վառելիքի ծծմբազերծման տեղակայանքի սկզբունքային սխեման, որտեղ շոգեթթվածնային միջավայրում, ճնշման տակ տեղի է ունենում մազութի գազիֆիկացման գործընթաց: Վերջինիս իրականացման արդյունքում առաջանում է 90% ջրածին և մոտ 10% ածխածնի օքսիդներ պարունակող գազ: 1000...1300°C ջերմաստիճանային պայմաններում 1 կգ մազութի գազիֆիկացիայի համար շոգու ծախսը կազմում է 0.4 կգ, իսկ թթվածնինը՝ 0.75 կգ: Գազգեներատորից դուրս եկող գազը սկրոբերում «լվացվում է» ջրով և մուտք գործում հատուկ տարողություն, ուր տեղի է ունենում վերջինիս մրից գատում: Պարզարանում հովացնող ջուրը մաքրվում է մրից և վերստին տրվում օգտագործման:

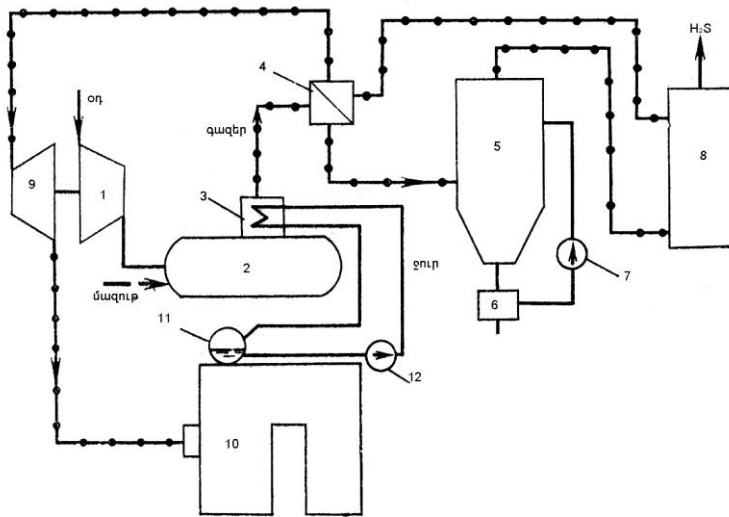




Նկ. 2.1. Ծոզեթթված նային միջավայրում, ճնշման տակ մազուր թի գազիֆիկացման տեղակայ անքի սկզբում նքային սխեմա (ВНИИИП)  
 1. մազուր թի պոմպ, 2. տաքացուցիչ, 3. ճնշման տակ գտնվող տարողողոթյուն, 4. ֆորսոն նկա,  
 5. գազեներատոր, 6. մրից գատման տարողողոթյուն, 7. սկրոբեր, 8. պարզարան, 9. պոմպ

Նկար 2.2-ում պատկերված է օդային միջավայրում մազուր թի գազիֆիկացման տեխնոլոգիական սխեման:

Կոմպրեսորից 0.8 ՄՊա ճնշմամբ և 300°C ջերմաստիճանով օդի որոշակի քանակություներ (այրման համար անհրաժեշտ օդի տեսական քանակության՝ 40%-ը) մատուցվում է ռեակտոր-գազիֆիկատոր, որտեղ տրվում է նաև մազուր թ: Ռեակտորից գազիֆիկացիայի արգասիքները մատուցվում են օգտահանիչ կաթսա, ուր հովանում են մինչև 500...550°C՝ տաքացնելով կաթսան սնող ջուրը: Գազիֆիկացիայի արգասիքների լրացուցիչ հովացում տեղի է ունենում գազազազային ջերմափոխանակիչում: Վերջիններս տաքացնելով մաքրված այրելի գազը՝ մուտք են գործում մրից և մոխրից մաքրման տեղակայանք, որտեղից էլ ծծմբաջրածնից (H<sub>2</sub>S) մաքրման հանգույց: Գազազազային ջերմափոխանակիչում տաքացած 0.45 ՄՊա ճնշմամբ այրելի գազը մուտք է գործում գազային տուրբին, որն էլ իր հերթին կաթսայի այրիչներին մատուցվող օդի սեղման կոմպրեսորի շարժաբերն է: Ինչպես արդեն նշվել է տեխնոլոգիական սխեմայում նախատեսվում է մրից և մոխրից գազի մաքրման թաց համակարգ՝ պարզեցված ջրի շրջապտույտային տարբերակով օգտագործմամբ: Պարզեցված ջրից դուրս բերված մրի կոշտ ֆրակցիաները վերստին տրվում են գազիֆիկացիայի և արտախչման հետ մասամբ դուրս բերվում տեխնոլոգիական սխեմայից: Վանադիումով հարուստ մազուր թի մոխիրը օգտագործում են որպես հումք՝ վանադիումի ստացման համար:



Նկ. 2.2. Օդային միջավայրում մազուքի գազիֆիկացման տեխնոլոգիական սխեմա  
 1. կոմպրեսոր, 2. ռեակտոր-գազիֆիկատոր, 3. օգտահանիչ կաթսա, 4. գազազազային ջերմափոխանակիչ, 5. մրից և մոխրից մաքրման տեղակայանք, 6. պարզարան, 7. պոմպ, 8. ծծմբաջրածնից մաքրման հանգույց, 9. գազային տուրբին, 10. կաթսա, 11. կաթսայի թմբուկ, 12. պոմպ

Վերը նկարագրված եղանակով ստացված այրելի գազը պարունակում է զգալի քանակությամբ ազոտ, որն էլ զցում է դրա այրման ջերմությունը՝ դարձնելով  $4000 \text{ կՋ/մ}^3$ : Տեղակայանքում ջերմության կորուստները կազմում են էլակետային վառելիքի ջերմության 7%-ը՝ պայմանավորված գազերի հովացման և դրանց մաքրման համար նախատեսված սորբենտի լուծույթի ռեգեներացիայի անհրաժեշտությամբ, սակայն գազիֆիկացիայի արդյունքում ստացված ծծմբի և վանադիումի իրացումը մասնակիորեն փոխհատուցում են դրանք [14]:

Մազուքի համալիր օգտագործման տեսանկյունից առավել նպատակահարմար է իրականացնել պիրոլիզ՝ քիմիական հումքի և մաքուր էներգետիկական վառելիքի ստացմամբ: ՅՈՒՆԿ-ի մեթոդով բարձր ջերմաստիճանային պիրոլիզի դեպքում մազուքը անմիջական կոնտակտի մեջ է դրվում մանրհատիկավոր կամ փոշեկերպկվարցիտի, նավթային կոքսի, ինչպես նաև ջրային գոլորշու հետ՝ ձևավորելով թեթև և ծանր ֆրակցիայի խեժանյութեր և  $11700 \text{ կՋ/մ}^3$  այրման ջերմությամբ մաքուր էներգետիկական վառելիք:

Ըստ տեխնոլոգիական գործընթացի կազմակերպման՝ ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման գոյություն ունեցող տարբերակները կարելի է դասակարգել .

✓ **Աքսորբցիոն**

***SO<sub>2</sub>-ի ակսորբցիալ կալիական միացություններով*** (NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>): Այս գործընթացի արդյունքում SO<sub>2</sub>-ի

կապակցումը ուղեկցվում է հեշտ լուծելի աղերի ձևավորմամբ: Այս մեթոդը տնտեսական տեսակետից արդարացվում է միայն արտորբենտի ռեգեներացիայի դեպքում, ինչն էլ բացատրվում է նրանով, որ կիրառվող ռեգենտները համեմատաբար թանկ են, իսկ առաջացած հեշտ լուծելի աղերը պահպանման և հետագա կիրառման համար ոչ պիտանի [70]:

**SO<sub>2</sub>-ի արտորբցիա հողալ կալիական միացություններով** (Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>): Այս գործընթացի արդյունքում SO<sub>2</sub>-ի կապակցումը կատարվում է սուլֆատների օգնությամբ, քանզի վերը նշված միացությունների լուծելիությունը էականորեն կախված է pH-ի մեծությունից: Հողալ կալիական միացություններով SO<sub>2</sub>-ի որսման արտորբցիոն տեղակայանքներում հաճախ առաջանում են դժվար հեռացվող նստվածքազոյացումներ, որոնք բարդացնում են շահագործումը: Նշված մեթոդի կիրառման դեպքում որպես վերջնարդյունք ունենում ենք գիպսային մնացորդի ձևավորում:

**SO<sub>2</sub>-ի արտորբցիա երկհիմնային մեթոդով**, երբ ալկալիական արտորբենտը ռեգեներացվում է հողալ կալիական միացություններով՝ վերջնարդյունքում ունենալով գիպս: ԱՄՆ-ում և ճապոնիայում այս մեթոդը նախկինում ուներ լայն կիրառություն, սակայն իրականացման բարդության, ռեգենտների մեծ ծախսի և արժողության պատճառով այժմ չի իրականացվում:

**SO<sub>2</sub>-ի արտորբցիա ամոնիումային միացություններով** (NH<sub>4</sub>OH և (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>): Գործընթացի վերջնարգասիքներ են ծծումբը և ծծմբական թթուն [71]:

✓ **Արտորբցիոն**, որի արդյունքում 100...400 °C ջերմաստիճանային պայմաններում տեղի է ունենում ծծմբային անհիդրիդի կապակցում արտորբենտի մակերևույթին՝ զուտ ֆիզիկական ուժերի ազդեցության տակ: Որպես արտորբենտներ կիրառվում են սիլիցիումային ցեոլիտներ, տարբեր մետաղների (ալյումին, երկաթի, կալցիումի, մագնեզիումի, ալյումինի) երկ և հիդրօքսիդներ, մանգան և երկաթ պարունակող բնական

ադսորբենտներ, ինչպես նաև ալկալիական հատկություններով կավային միացություններ: Ծխազագերից SO<sub>2</sub>-ի մաքրման առավել արդյունավետ տարբերակ է CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ադսորբենտի կիրառումը, որն ապահովում է ընդհուպ մինչև 1ppm մաքրման արդյունավետություն, ինչին ներկայումս իրականացվող ոչ մի մեթոդով հնարավոր չէ հասնել: Ներկայումս ադսորբցիոն մեթոդները շահագործվող էլեկտրակայաններում կիրառություն չունեն և հիմնականում գտնվում են լաբորատոր փորձարկումների փուլում [72,73]:

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

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

1. ***սեխնուլ ոգիական***՝ ծխազագերում SO<sub>2</sub>-ի կոնցենտրացիան, ջերմաստիճանային միջակայքը, ծխազագերի խոնավապարունակությունը, ուղեկցող այլ արգասիքների առկայությունը,

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

3. ***տարածաշրջանային***՝ էկոլոգիական չափորոշիչների խտությունը, բնապահպանական վճարների դրույքաչափերը, ֆոնային աղտոտվածություն և մակարդակը, վնասակար միացությունների ցրման գործընթացի վրա ազդող պայմանները, բնակլիմայական առանձնահատկությունները:

Ժամանակակից էլեկտրակայաններում, հաշվի առնելով գործող էկոլոգիական խիստ չափորոշիչների պահպանման անհրաժեշտությունը, լայն կիրառություն են գտել ալկալիական լուծույթներով ծծմբային անհիդրիդի կապակցման թաց աբսորբցիոն մեթոդները, երբ որպես սորբենտ օգտագործում են

Էժան և մատչելի նյութեր (կիր և կրաքար), չնայած շահագործման պայմանների բարդեցմանը և որոշ հանգույցների ընթացիկ վերանորոգման կամ փոխարինման հաճախականության աճին: Ուսումնասիրելով թաց կրային եղանակով ծխագազերի մաքրման տեղակայանքների տարաբնույթ մոդիֆիկացիաները [6,11,14,74] բոլորի համար կարելի է առանձնացնել հետևյալ սկզբունքային հանգույցները`

- ✓ կրակաթի կամ կրային սուզաֆեկայի պատրաստման, լուծույթի կուտակման և չափորոշման հանգույց,
- ✓ աբսորբցիոն հանգույցը, որը կազմված է ցայտեցնող փողրակներով և կաթիլորսիչներով ներկահավորված աբսորբերից, հիդրոփականից, կուտակիչ տարողություններից և շրջանառության արմպերից,
- ✓ գիպսի ստացման, ջրազրկման և վերամշակման հանգույց, որը ներառում է խտացուցիչ, խտացված պուլպայի կուտակման տարողություն, ռեպուլպատոր, ավտոկլավ, վակուում-գտիչ, թմբուկային չորանոց, տեղափոխման համակարգ և գնդիկավոր աղացներ,
- ✓ հոսքաջրերի մաքրման հանգույց:

Ինչպես ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման թաց կրային, այնպես էլ հաջորդիվ ներկայացվող տեխնոլոգիական գործընթացներից յուրաքանչյուրն ունի իր առավելությունները և թերությունները, ուստի դրանց վերլուծությունը հնարավորություն կընձեռի դիտարկվող կոնկրետ խնդրի շրջանակներում, այն է բնապահպանական չափորոշիչի ապահովում` կայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա նվազագույն ազդեցությամբ, կատարել է կոլոգիապես և տնտեսապես արդարացված տարբերակի ընտրություն:

Ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման թաց կրային մեթոդի առավելություններն են`

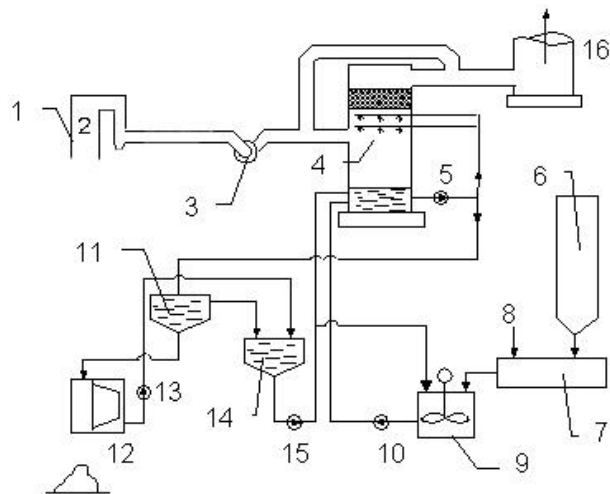
- ✓ որպես ռեագենտ համեմատաբար էժան և մատչելի նյութերի օգտագործումը,
- ✓ մաքրման մեծ արդյունավետությունը (95...98%),
- ✓ հետագա կիրառման համար պիտանելի վերջնարդյունքի ստացումը, որը կամ 10...15% խոնավություն պարունակող

չվերամշակված գիպսի ձևով ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) կարող է բեռնառաքվել, պահեստավորվել և պահվել, կամ էլ  $100^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանային պայմաններում չորացվել ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ), հատկավորվել և որպես կապակցող նյութ օգտագործվել շինարարության մեջ:

- ✓ համեմատաբար փոքր կապիտալ ներդրումները:  
Որպես թերություն են ներկայացնել՝
- ✓ մինչև հագեցման ջերմաստիճան ծխագազերի հովացումը, ուստի ջերմային վերելքի և մթնոլորտային օդում ցրման արդյունավետ գործընթացի կազմակերպման համար պահանջվում է լրացուցիչ ծախսերով հատուկ տաքացուցիչում հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի բարձրացում,
- ✓ մաքրման ենթակահոսքաբերի առկայություն,
- ✓ տեղակայանքի մեծ չափերը:

Էկոլոգիական ոչ խիստ չափորոշիչների դեպքում կարելի է իրականացնել նկար 2.3-ում պատկերված տեխնոլոգիական սխեման, որի առանձնահատկությունն է կայանում է նրանում, որ մինչև արտորբեր մատուցվելը ծխագազերը բաժանվում են երկու հոսքի՝ 80%-ը մուտք են գործում արտորբեր, իսկ մնացած 20%-ը՝ շրջանցիկ գծով ուղղվում են գազատար: Վերջին հանգամանքը պայմանավորված է արտորբերից հետո «հովացած» ծխագազերի ջերմաստիճանի բարձրացման անհրաժեշտությամբ:  $\text{SO}_2$ -ի որսման համար պահանջվող կրաքարային լուծույթը պատրաստվում է հատուկ տարողությունում և մատուցվում է արտորբերի ստորին հատվածամաս, որտեղից էլ պոմպի օգնությամբ տրվում է վերևի մասում տեղակայված ցայտեցնող փողրակներին: Մաքրման գործընթացի արդյունքում ձևավորված կալցիումի սուլֆիտի սուլֆատների մասամբ ջրազրկվում է խտացուցիչում և ապա մատուցվում է ցենտրիֆուգներին, որտեղից էլ հետագա օգտագործման համար ոչ պիտանի վերջնարգասիքը կուտակվում է կայանի տարածքում գտնվող հատուկ շեղակույտերում: Ծխագազերի մասնակի մաքրման և հետագա օգտագործման համար վերջնարգասիքի ոչ պիտանի լինելու հանգամանքները սահմանափակում են նկարագրված մեթոդի կիրառումը: Արտասահմանյան արակտիկայում այս մեթոդը

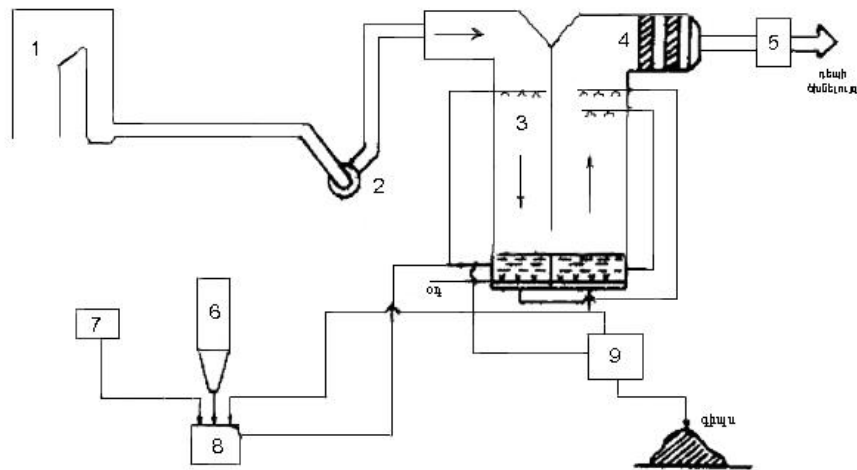
կիրառվում է միայն ԱՄՆ-ի որոշ ՋԷԿ-երում և Մագնիտոգորսկի մետալուրգիական գործարանում:



Նկ. 2.3 Ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման սկզբունքային սխեմա  
 1. կաթսա, 2. ծխագազեր, 3. ծխածուծ, 4. արսորբեր, 5, 10, 13, 15. պոմպեր, 6. կրաքարի բունկեր,  
 7. կրի հանգեցման տարողոց ուն, 8. ջուր, 9. կրաքարային սուղափնզիայի տարողոց ուն, 11. խտացուցիչ, 12. ցենտրիֆուգ, 14. պարզարան, 16. ծխնելույզ

Ի տարբերություն վերը նկարագրված մեթոդի, որի իրականացման արդյունքում ապրանքային վերջնարդյունք չի ստացվում, գերմանական ՋԷԿ-երում կիրառությունն գտած ծխագազերից  $SO_2$ -ի մաքրման տեխնոլոգիական այս լուծումը հնարավորություն է ընձեռում որպես վերջնարդյունք ստանալ բարձր որակի ապրանքային գիպս՝ որպես սորբենտ կիրառելով կրաքար ( $CaCO_3$ ) կամ կալցիումի հիդրօքսիդ ( $Ca(OH)_2$ ): Դիտարկվող տարբերակում կրի և կրաքարի լուծելիության,  $SO_2$ -ի կապակցման աստիճանի մեծացման, ինչպես նաև նստվածքազոյացման և ցայտեցման փոդրակների խցանման հավանականության նվազեցման նպատակով սուղափնզիային ավելացվում է մրջնաթթու: Անտեսելով մրջնաթթվի ակտիվ թթու լինելու հանգամանքով պայմանավորված շահագործման բարդությունները՝ այն հնարավորություն է տալիս մոտ 10 անգամ կրճատել  $1m^3$  ծխագազերի մաքրման համար պահանջվող սուղափնզիայի քանակությունը, ինչի արդյունքում փոքրանում են պոմպով դրամման ծախսերը և տեղակայանքի չափերը: Մեթոդի մեկ այլ առանձնահատկություն է երկաստիճան արսորբերի կիրառումը: Կրաքարային լուծույթի և մրջնաթթվի թարմ լուծույթը տրվում է արսորբերի առաջին աստիճանի ցայտեցման համակարգ, իսկ երկրորդ աստիճան տրվում է առաջին աստիճանում աշխատած, ապա պարզեցված

լ ու ծ ու յ թ ը: Գիպսային սուլֆատների հետ աշխատած լ ու ծ ու յ թ ի մի մասը արտորբերի երկրորդ աստիճանի պարզարանից տրվում է գառման հանգույց, որտեղ ցենտրիֆուգների միջոցով կատարվում է աշխատած լ ու ծ ու յ թ ից գիպսի բյուրեղների գատում: Լ ու ծ ու յ թ ը վերստին մատուցվում է արտորբեր, իսկ վերջնարգասիք հանդիսացող երկչուր գիպսը ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )՝ միջանկյալ պահեստարան: Տեղակայանքի սկզբունքային սխեման բերված է նկար 2.4-ում: Այս տարբերակում, նախքան ծխնելույզով դեպի մթնոլորտ արտանետվելը, ծխագազերն անցնում են կաթիլորսիչով և գազագազային տաքացուցիչով, սակայն իրատեսական է մեկ այլ տարբերակ, որի դեպքում մաքրված ծխագազերը հատուկ գրադիրայնով արտանետվում են մթնոլորտ՝ առանց դրանց ջերմաստիճանի լրացուցիչ բարձրացման:

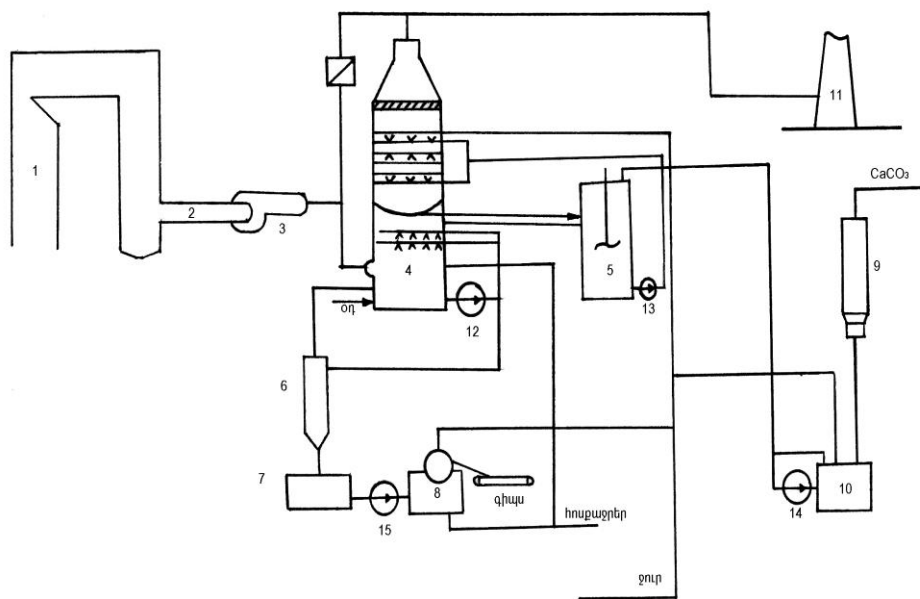


Նկ. 2.4. Կրաքարային լ ու ծ ու յ թ ի ն մրջնաթթվի ավելացմամբ ծխագազերից ծծմբային անհիդրիդի մաքրման տեղակայանքի սկզբունքային սխեմա  
 1. կաթսա, 2. ծխածուծ, 3. արտորբեր, 4. կաթիլորսիչ, 5. գազագազային տաքացուցիչ, 6. կրաքարի պահման տարողոց ու ն, 7. մրջնաթթվի տարողոց ու ն, 8. թարմ լ ու ծ ու յ թ ի պարտատման տարողոց ու ն, 9. գիպսի ջրազրկման հանգույց

Նկար 2.5-ում պատկերված է ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիական մեկ այլ սխեմա (Knauf-Research-Cottrell մեթոդ), որի կառուցվածքային առնձնահատկությունը բաժանիչ ձաքարով արտորբերի կիրառությունն է: Շահագործման փորձը վկայում է այն մասին, որ կառուցվածքային այդօրինակ լ ու ծ ու յ թ ը կրաքարի գրեթե ստեխիոմետրիկ ծախսի պարագայում ապահովում է ռեագենտի օգտագործման բարձր արդյունավետություն: Մաքրման ենթակա ծխագազերը մատուցվում են արտորբերի ստորին հատվածամաս և, բարձրանալով դեպի վեր, հաջորդաբար անցնում են արտորբեցիոն երկու աստիճան: Արտորբերի վերին աստիճանում  $\text{SO}_2$ -ի



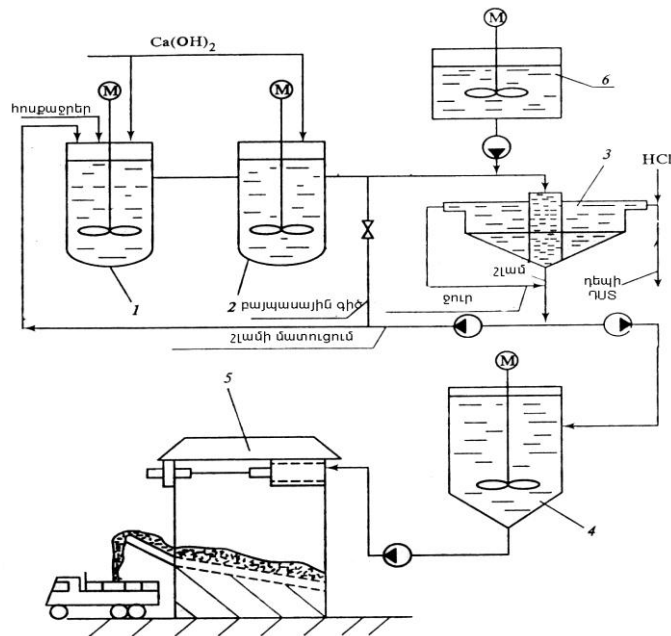
կապակցումը, ի համեմատությամբ  $SO_2$ -ից մասամբ մաքրված ծխազագերի, ընթանում է  $pH=6.0...7.0$  պայմաններում, իսկ ստորին աստիճանում կապակցման գործընթացը կատարվում է կրաքարի անբավարար պայմաններում ( $pH=4.0...5.0$ ): Աբսորբերից հետո ծխազագերն անցնում են կաթիլորսիչով (ազատվում են սուղափենզիայի կաթիլներից), գազազազային տաքացուցիչով և ծխնելույզով արտանետվում մթնոլորտ: Նկարագրված գործընթացը աբսորբենտի պատրաստման, վերջնարդյունքի ստացման և վերամշակման գործառնություններով, չի տարբերվում թաց կրային մնացած մեթոդներից:



Նկ. 2.5. Knauf-Research-Cottrell մեթոդով ծխազագերից ծծմբի երկօքսիդի մաքրման տեղակայ անքի սկզբունքային սխեմա  
 1. կաթսա, 2. մաքրման ենթակա ծխազագեր, 3. ծխածուծ, 4. աբսորբեր, 5. միջանկյալ տարողություն, 6. հիդրոցիկլոն, 7. գիպսի կուտակման տարողություն, 8. թմբուկային զտիչ, 9. կրաքարի բուկեր, 10. սուղափենզիայի պատրաստման տարողություն, 11. ծխնելույզ, 12, 13, 14, 15. պոմպեր

Ինչպես արդեն նշվել է էկոլոգիապես անվտաղ ՁԷԿ հասկացությանը համապատասխանելու համար պահանջվում է նաև կայանային բոլոր հոսքաջրերի վնասազերծում և բազմակի օգտագործում: Ընդ որում, շարադրվածը վերաբերում է ոչ միայն տեխնոլոգիական ցիկլի իրականացման արդյունքում ձևավորվող, այլև էկոլոգիական չափորոշիչների բավարարման նպատակով իրականացվող մաքրման ցանկացած գործընթացին ուղեկցող հոսքաջրերին: Մասնավորապես, ծծմբային անհիդրիդից ծխազագերի

մաքրման թաց կրային մեթոդի կիրառման արդյունքում գոյացող հոսքաքրերի չեզոքացումը կատարվում է հատուկ տարողություներում կրակաթով և տևում է մոտ 100 րոպե, ինչից հետո չեզոքացված ջուրը մատուցվում է խտացուցիչ, որտեղ տեղի է ունենում շլամի նստեցում: Խտացուցիչ մատուցվող արլիելեկտրոլիտը նպաստում է շլամագոյացմանը, որն էլ կուտակվում է խտացուցիչի ստորին՝ ձագարած և մասում: Այստեղից շլամը հեռացվում է շլամակուտակիչ, որտեղից էլ անցնելով գոյացներով՝ կուտակվում է բեռնաթափման հանգույցում: Ստացված շլամի խոնավություները կազմում է 25...30%: Նկարագրվածի արդյունքում ևս հնարավոր է լինում ստանալ շինարարական նյութերի արտադրման համար պիտանի գիպսային մնացորդ: Վնասազերծված հոսքաքրերը, pH-ի կորեկցիայից հետո, վերստին ուղղվում են համակարգ կամ արտանետվում [75]:



Նկ. 2.6. Թաց կրային մեթոդով ծծմբային անհիդրիդից ծխազագերի մաքրման տեղակայանքի հոսքաքրերի չեզոքացման սխեմա  
 1, 2. հոսքաքրերի չեզոքացման տարողուչներ, 3. խտացուցիչ, 4. շլամակուտակիչ, 5. գոյաց, 6. խառնիչ

Ծծմբի միացություններից ծխազագերի մաքրման կիսաչոր (թաց-չոր) մեթոդը, ի համեմատություներում թաց կրային եղանակի, դեռևս չունի լայն կիրառություն, սակայն գտնվում է անընդհատ կատարելագործման փուլում: Հիմնական պատճառը, որը կասեցնում է կիսաչոր մեթոդի կիրառությունը, վառելիքի մեծ

ծծմբապարունակության դեպքում, մաքրման փոքր արդյունավետությունն է: Գործընթացի հիմքում ընկած է կրային լուծույթի փոքր կաթիլներով ծխագազերից ծծմբային անհիդրիդի կապակցումը: Ծխագազերի մեջ մատուցվող կրային լուծույթի չափաբաժինը ընտրվում է այնպես, որպեսզի տեղի չունենա մաքրվող գազերի խոնավացում և ծխագազերի ջերմությունը բավարար լինի ալկալիական սորբենտում առկա խոնավության գոլորշացման համար [18]:

Կիսաչոր մեթոդի առավելություններն են՝

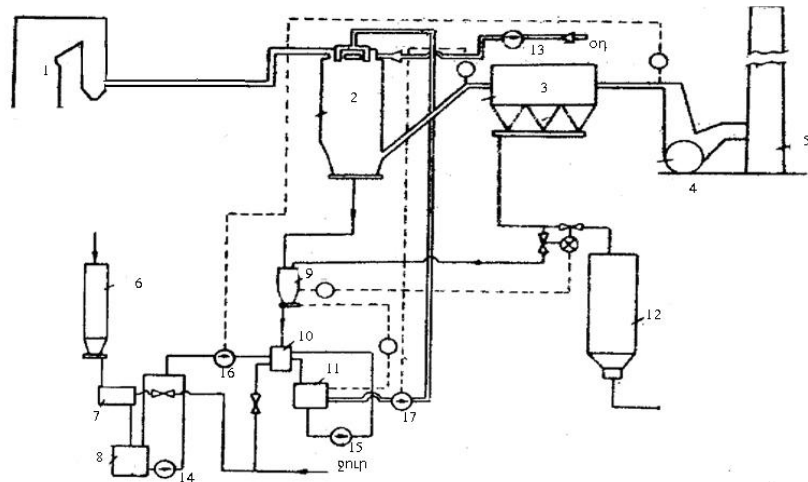
- ✓ ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման 90% արդյունավետություն,
- ✓ մաքրման արդյունքում առաջացող հոսքաջրերի բացակայություն,
- ✓ չոր վերջնարգասիքի ստացման հնարավորություն,
- ✓ մաքրման գործընթացին ծխագազերի «նախապատրաստման» անհրաժեշտության բացակայություն,
- ✓ ռեագենտի օգտագործման բարձր արդյունավետություն,
- ✓ շահագործման պարզություն և մեծ հուսալիություն,
- ✓ շահագործման փոքր ծախսեր (ի համեմատություն թաց կրային մեթոդի հետմոտ՝ 25%):

Կիսաչոր մեթոդի թերություններն են՝

- ✓ որպես սորբենտ զգալի քանակությամբ և համեմատաբար ավելի թանկ ռեագենտի՝ կրի օգտագործումը,
- ✓ վերջնարգասիքի սահմանափակ օգտագործումը,
- ✓ աբսորբերի զգալի չափերը (ինչի արդյունքում բարդանում է կաթսայական ագրեգատին կից դրանց տեղադրումը):

Նկար 2.7-ում պատկերված է Շվեդիական «Drypack» տեխնոլոգիայով ծխագազերից ծծմբային անհիդրիդի մաքրման տեղակայանքի սկզբունքային սխեման: Մաքրման ենթակա ծխագազերը մատուցվում են աբսորբցիոն ռեակտոր, ուր միաժամանակ տրվում է նաև փոշիացված կրային լուծույթը: Աբսորբցիոն ռեակտորում, ծխագազերի ջերմության հաշվին, տեղի է ունենում կապակցող լուծույթի կաթիլների գոլորշացում՝ ծծմբային անհիդրիդի կապակցմամբ և կարծր ֆազում գտնվող ռեակցիայի վերջնարգասիքների ձևավորմամբ: Ռեակցիայի վերջնարգասիքների և

չ ռեակցված կրի մի մասը հավաքվում են արսորբցիոն ռեակտորի ստորին մասում, սակայն դրանց հիմնական մասը շարունակում է մնալ ծխագազերում: Նշված հանգամանքով է պայմանավորված նախքան մթնոլորտ արտանետվելը Էլեկտրագտիչում կամ մանրաթելային գտիչում ծխագազերի վերջնամաքման անհրաժեշտությունը: «Drypack» մեթոդով ծծմբի միացություններից ծխագազերի մաքրման առանձնահատկությունը դեպի արսորբցիոն ռեակտոր ծխագազերի և փոշիացված կրային սուլֆատների մատուցման կազմակերպումն է: Դեպի արսորբցիոն ռեակտոր ծխագազերի մատուցումը ապակենտրոնացված է և իրականացվում է արսորբերի կախարիչին տեղադրված կլոր կտրվածք ունեցող կցախողովակներով: Կրային սուլֆատների փոշիացումն իրականացնում է հատուկ ֆորսունկաներով, որոնցում որպես փոշիացող ագենտ ծառայում է սեղմված օդը: Ծխագազերի մատուցման յուրաքանչյուր կցախողովակում ներկառուցված է մեկ ֆորսունկա, որի անխափան և հուսալի աշխատանքը 18 ամիսների ընթացքում երաշխավորում է դրանք արտադրող Flakt ընկերությունը:



Նկ. 2.7. «Drypack» մեթոդով ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման տեղակայանքի սկզբունքային սխեմա  
 1. կաթսայ ական ագրեգատ, 2. արսորբցիոն ռեակտոր, 3. Էլեկտրագտիչ, 4. ծխածուծ, 5. ծխնեղույց,  
 6. կրի պահման տարողություն, 7. կրի հանգեցման տարողություն, 8. պատրաստի կրային սուլֆատների տարողություն, 9. ռեակցիայի վերջնարգասիքների և չ ռեակցված կրի կոլ տակման տարողություն, 10. խառնարան, 11. չ ախորոշման հանգույց, 12. ռեակցիայի վերջնարգասիքների պահման տարողություն, 13. կոմպրեսոր, 14, 15, 16, 17. պոմպեր

Ծխագազերից ծծմբի երկօքսիդի մաքրման չոր ադորիտիվ մեթոդի դեպքում մանր փոշիացված կրաքարն մատուցվում է անմիջապես

հնոց, ինչի արդյունքում այն կալցիեացվում է՝ կալցիումի օքսիդի և ածխաթթու գազի ձևավորմամբ: Ծխագազերում 500...900°C ջերմաստիճանային պայմաններում կալցիումի օքսիդը փոխազդում է ծծմբային անհիդրիդի հետ՝ կապակցելով այն: Կալցիեացման գործընթացի իրականացման համար պահանջվող ջերմաստիճանային մակարդակը պահպանելու համար ռեագենտի մատուցումը հնոց կարելի է իրականացնել մի քանի եղանակներով՝

- ✓ վառելիքի մեջ ավելացնելու ճանապարհով,
- ✓ ներմուծելով վերջահային տարածություն,
- ✓ այրիչների միջոցով ջահի ծայրամասային տիրույթ մատուցելով:

Ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման չոր մեթոդի առավելություններն են՝

- ✓ տեխնոլոգիական գործընթացի պարզություն,
- ✓ նվազագույն կապիտալ և շահագործման ծախսեր,
- ✓ հոսքաջրերի բացակայություն:

Որպես թերություններ կարելի է առանձնացնել՝

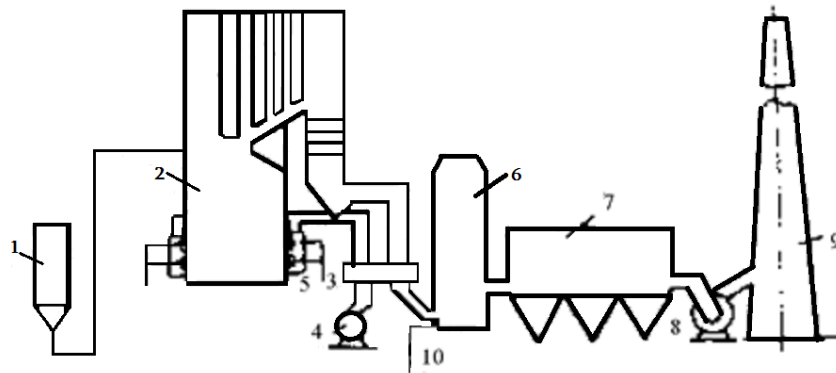
- ✓ սարքավորումների հղկանյութային մաշվածքի հավանականությունը,
- ✓ ծխագազերի մաքրման փոքր արդյունավետությունը (30...40%):

Վերոնշյալ առավելությունների օգտագործման և թերությունների մեղմման նպատակով Ֆիննական Tampella ֆիրմայի կողմից առաջարկվում է «Lifac» մեթոդը, որը ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման չոր ադորտիվ և թաց-չոր մեթոդների համադրությունն է (սկ. 2.8): Կրաքարը, դիսպերս փոշու տեսքով (մասնիկների 80%-ի չափերը չեն գերազանցում 32 մկմ-ը), ներմուծվում է 950...1100°C ջերմաստիճան ունեցող ծխագազերի մեջ: Այս պայմաններում տեղի ունենում կրաքարի կալցիեացում, ապա ծծմբի երկօքսիդի որսում՝ մոտ 30...35% արդյունավետությամբ: Մաքրման որոշակի գործընթաց անցած ծխագազերը կաթսայական ագրեգատից հետո մատուցվում են ակտիվացիոն ռեակտոր, ուր սրսկվում է նաև ջուր: Ջրի կաթիլների նպատակահարմար չափերի ստացումը ապահովվում է Tampella ֆիրմայի աշխատակիցների կողմից մշակված հատուկ փողրակների միջոցով: Ռեակտորում հանգած կիրը ջրի հետ ռեակցվելու հետևանքով փոխակերպվում է  $\text{Ca(OH)}_2$ -ի, որն էլ

միանալով  $\text{SO}_2$ -ի հետ, առաջացնում է կարծր ֆազում գտնվող կալցիումի սուլֆիտ և սուլֆատ (կալցիումի սուլֆիտի թթվածնի հետ փոխազդման հետևանքով): Վերջիններիս որսման համար իրականացվում է ծխազագերի լրացուցիչ մաքրում մանրաթելային զտիչում կամ էլ եկտրազտիչում:

Վերը նկարագրված մաքրման գործընթացը հեռակառավարվում է ղեկավարման վահանից՝ ըստ ստորև բերված դրույթների՝

- ✓ ծխազագերի մեջ ներմուծվող կրաքարի քանակությունը չափեք աժնորոշվում է կախված վառելիքի ծախսից և ծխազագերում  $\text{SO}_2$ -ի կոնցենտրացիայից,
- ✓ ռեակտոր սրսկվող ջրի քանակությունը կարգավորվում է կախված ծխազագերի վերջնական ջերմաստիճանից (այնպես է գերազանցիցողի կետի ջերմաստիճանը  $10...15^\circ\text{C}$ -ով):



Նկ. 2.8. Ծխազագերից ծծմբային անհիդրիդի մաքրման չոր և կիսաչոր մեթոդների համալիր իրականացման սկզբունքային սխեմա («Lifac» մեթոդ)

1. կրաքարի պահման տարողություն, 2. կաթսա, 3. ռեզերվուարով օդատաքացուցիչ, 4. փչող օդամուղ,
5. այրիչ ներ, 6. ակտիվացիոն ռեակտոր, 7. էլեկտրազտիչ, 8. ծխածուծ, 9. ծխնելույզ,
10. ջրի մատուցում,
11. կրաքարի մատուցում հինգ

Համաշխարհային պրակտիկայում, ծխազագերից վնասակար միացությունների համալիր մաքրման տեսանկյունից, հեռանկարային ներդրման ամենալավ նախադրյալներ ունեցող մեթոդներից մեկը էլեկտրոնաճառագայթային մեթոդն է, որի դեպքում իրականացվում է  $\beta$  մասնիկներով (էլեկտրոններով) ծխազագերի ճառագայթում: Ծառագայթափմիական ռեակցիաների ընթանալու հետևանքով ձևավորվում են ռեակցիոն ակտիվ այնպիսի տարրեր, որոնք փոխազդում են  $\text{NO}$ -ի և  $\text{SO}_2$ -ի հետ՝ ձևավորելով ազոտի և ծծմբի ավելի բարձր օքսիդներ: Վերջիններս էլ ջրային գոլորշու

հետ ռեակցվելով առաջացնում են ազոտական և ծծմբական թթուներ: Մինչև ծխագազերի ճառագայթումը գազանցք ներմուծում են ամոնիակ, որն էլ ռեակցվելով ծխագազերում առկա ազոտի և ծծմբի օքսիդների հետ, ձևավորում է ամոնիումի սուլֆատ և նիտրատ: Էլետրոնաճառագայթման մեթոդի կիրառությունը հնարավորություն է ընձեռում իրականացնել ծխագազերի մաքրում ազոտի և ծծմբի օքսիդներից մինչև 90%:

Էլետրոնաճառագայթային մեթոդի առավելություններն են՝

- ✓ ծխագազերի միաժամանակյա մաքրում  $\text{NO}_x$ -ից և  $\text{SO}_2$ -ից,
- ✓ մաքրման գործընթացի իրականացման արդյունքում առաջացող թափոնների բացակայություն,
- ✓ սարանքային վերջնարտադրանքի ստացում,
- ✓ գործող էլեկտրակայաններում տեղակայանքի հարմարադասման հնարավորություն:

Որպես թերություններ կարելի է նշել՝

- ✓ զգալի կապիտալ ներդրումները,
- ✓ ամոնիումի նիտրատի և սուլֆատի կարծր մասնիկներից ծխագազերի լրացուցիչ մաքրման անհրաժեշտությունը,
- ✓ «ճառագայթային պաշտպանություն» հասկացության հոգեբանական ընկալման բարդություն:

Արտասահմանյան երկրներում էլեկտրոնաճառագայթային մեթոդը դեռևս գտնվում է փորձարկման փուլում:

Օզոնային մեթոդը նույնպես հնարավորություն է ընձեռում միևնույն տեղակայանքում կազմակերպել ծխագազերի մաքրում ծծմբի և ազոտի օքսիդներից: Նշվածի իրականացման համար արսորբցիոն տեղակայանք մատուցվում է օզոնով հագեցած լուծույթ, որի շնորհիվ ծխագազերում պարունակվող  $\text{SO}_2$ -ը և  $\text{NO}_x$ -ը վերջնօքսիդանում են մինչև  $\text{SO}_3$  և  $\text{N}_2\text{O}_5$ : Վերջիններս լուծվում են ջրում՝ ձևավորելով ծծմբական և ազոտական թույլ թթուների խառնուրդ, որն էլ չեզոքացվում է ամոնիակային միացություններով՝ վերջնարդյունքում ստանալով գյուղատնտեսության մեջ որպես պարարտանյութ լայն կիրառություն գտած ամոնիումի սուլֆատ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  և նիտրատ  $(\text{NH}_4\text{NO}_3)$  [41,42]:

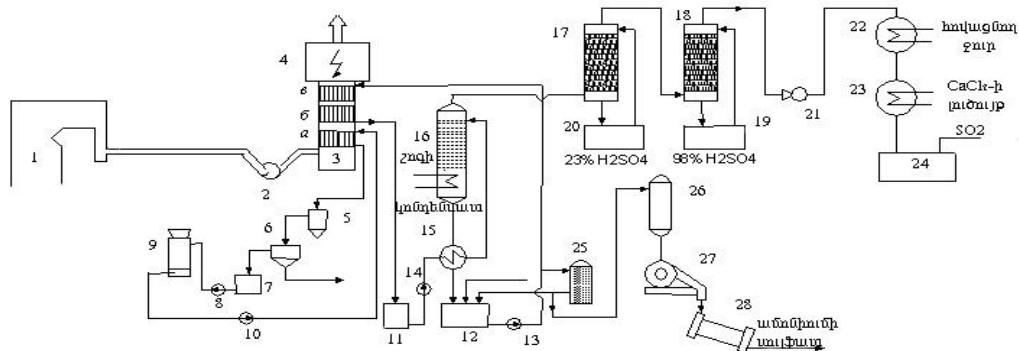
Օզոնային մեթոդի առավելություններն են՝

- ✓ ծխագազերի մաքրում ծծմբային անհիդրիդից 80...90%-ով,
- ✓ ազոտի օքսիդներից էլքի կրճատում 70...80%-ով:

Որպես թերու թյ ու ններ կարող ենք նշել՝

- ✓ մեծ էներգատարող թյ ու նը, որը կազմում է էներգաբլ ոկի ընդհանուր հզորու թյ ան մոտ 6...10%-ը,
- ✓ ազոտակաև և ծծմբակաև թթու ների կոռոզիոն մեծ ալտիվու թյ ու նը:

Ծծմբի միացու թյ ու ններից ծխագազերի մաքրման միև չ այ ժմ դիտարկված բուլ ուր մեթոդներում ուրպես կապակցող ռեագենտ օգտագործվող միացու թյ ու ններն անընդհատ կամ պարբերաբար թարմացվում էին: Ամոնիակայ ին-ցիկլ իկ և մագնեզիտայ ին-ցիկլ իկ մեթոդներով ծխագազերի մաքրման պարագայ ու մ կիրառվող ռեագենտ-ները վերականգնվում են և վերստին օգտագործվում: Ամոնիակայ ին-ցիկլ իկ մեթոդով ծծմբայ ին անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման սկզբու նբայ ին սխեման բերված է նկար 2.9-ու մ:



Նկ. 2.9. Ամոնիակայ ին-ցիկլ իկ մեթոդով ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման տեղակայ անթի սկզբու նբայ ին սխեմա (Դորոգորու ժսկայ ի ԶԷԿ)  
 1. կաթսա, 2. ծխածու ծ, 3. արսորբեր, 4. "թաց" էլ եկտրագտիչ, 5. չեզոքացու ցիչ տարողու թյ ու ն,  
 6. պարզարան, 7. պարզեցված ջրի տարողու թյ ու ն, 8, 10, 13, 14. պոմպեր, 9. գրադիրնյ ա, 11. հագեցած լ ու ծ ու յ թի կ ու տակման տարողու թյ ու ն, 12. վերականգնված լ ու ծ ու յ թի կ ու տակման տարողու թյ ու ն, 15. ջերմափոխանակիչ, 16. դեսորբեր, 17, 18. չորացու ցիչ աշ տարակներ,  
 19, 20. ծծմբակաև թթվի կ ու տակման տարողու թյ ու ն, 21. վակու ու մայ ին պոմպ, 22, 23. ջերմափոխանակիչ, 24. հեղու կ ծծմբայ ին անհիդրիդի կ ու տակման տարողու թյ ու ն, 25. գտիչ,  
 26. գոլ ուրջացու ցիչ տեղակայ անթ, 27. ցենտրիֆու գ, 28. թմբու կ-չ ուրացու ցիչ

Ծխածու ծի միջոցով ծխագազերը մատուցվում են եռաստիճան արսորբերի ստորին հատվածամաս, որտեղ հովանում միև չ և 28°C՝ այ դափսով «նախապարաստվել ով» վերին երկու աստիճաններում ամոնիակայ ին միացու թյ ու նների հետ ռեակցման գործընթացին: SO<sub>2</sub>-ից մաքրված ծխագազերը արսորբերից հետո մատուցվում են "թաց" էլ եկտրագտիչ՝ ամոնիումի աղերից ազատվել ու նպատակով և ապա արտանետվում մթնուլ ուրտ: Ամոնիումի սուլ Ֆիտ-բիսուլ Ֆիտ



պարունակող աշխատած կլանիչ լուծույթը 96...97°C ջերմաստիճանի և 210 մմ. սնդիկի սյուն նոսրացման պայմաններում ենթարկվում է քայքայման և վերադարձվում ցիկլ, սակայն մինչ դավերականգնված լուծույթին ավելացվում է գազային վիճակում գտնվող ամոնիակ՝ վերջինիս կլանիչ հատկությունների պահպանման նպատակով: Աշխատած լուծույթի ռեգեներացման ժամանակ անջատված խոնավ, գազային վիճակում գտնվող ծծմբային անհիդրիդը համապատասխան հանգույցներում չորացման, խոնավազերծման և հեղուկացման գործընթացներ անցնելուց հետո տրվում է սպառման: Ցիկլում շրջանառություն կատարող վերականգնված լուծույթի մի մասը պարբերաբար դուրս է բերվում ցիկլից և տրվում մաքրման գտիչ, որտեղից էլ զտվածքի մի մասը գոլորշացուցիչ տեղակայանքում վեր է ածվում ամոնիումի բյուրեղային սուլֆատի, անցնում ցենտրիֆուգով, թմբուկ-չորացուցիչով և կուտակվում պատրաստի արտադրանքի պահեստարանում [38,39,71]:

- Այս մեթոդի համար որպես առավելություններ կարելի է նշել՝
  - ✓ ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման 93% արդյունավետությունը,
  - ✓ հետագա կիրառման համար պիտանելի վերջնարդյունքի՝ հեղուկացված ծծմբային անհիդրիդի և ամոնիումի սուլֆատի, ստացումը:

Որպես թերություններ կարելի է առանձնացնել՝

- ✓ ծխագազերի նախնական խորը հովացման անհրաժեշտությունը,
- ✓ աշխատած լուծույթի ռեգեներացման և ամոնիումի սուլֆատի տաքացման համար վառելիքի լրացուցիչ ծախսը (հավասար կայանում օգտագործվող վառելիքի ծախսի մոտ 10%-ին),
- ✓ տեղակայանքի մեծ չափերը և թանկությունը:

Ծծմբային անհիդրիդի կապակցման մագնեզիտային-ցիկլիկ եղանակը բավականաչափ ուսումնասիրված, բայց տարածում չգտած մեթոդներից մեկն է, որի հիմքում ընկած է մագնեզիումի օքսիդի կախույթի միջոցով SO<sub>2</sub>-ի կապակցման ռեակցիան: Վերջինիս արդյունքում առաջացած մագնեզիումի սուլֆիտը վերստին փոխադրում է SO<sub>2</sub>-ի և ջրի հետ, առաջացնելով մագնեզիումի բիսուլֆիտ, որի չեզոքացման նպատակով ներմուծվում է մագնեզիտ:

Վերջնարդյունքում ստացված մազնեզիումի սուլֆիտը 800...900°C ջերմաստիճանի պայմաններում ենթարկվում է ջերմային քայքայման՝ առաջացնելով ելակետային արգասիքները՝ մազնեզիումի օքսիդ, որը կրկին վերադարձվում է ցիկլ և կոնցենտրիկ ծծմբի երկօքսիդ, որը վերամշակվում է ծծմբաթթվի կամ տարրական ծծմբի:

Այս մեթոդի համար որպես առավել ություններ կարելի է նշել՝

- ✓ ծխագազերի մաքրման բարձր արդյունավետությունը (90...92%) առանց դրանց ջերմաստիճանի նախապես նվազեցման,
- ✓ մազնեզիումի սուլֆիտի ջերմային քայքայման իրականացում ՁԷԿ-ից դուրս՝ որևէ քիմիական ձեռնարկությունում, քանզի բյուրեղային վիճակում գտնվող վերջնարգասիքը բավականին հարմար է տեղափոխման համար:

Որպես թերություններ կարելի է առանձնացնել՝

- ✓ ծծմբաթթվային արտադրության առկայությունը,
- ✓ կարծր նյութերի (սուլֆիտի բյուրեղներ, մազնեզիումի օքսիդ) հետ կատարվող բազմաթիվ գործողությունները, որոնք հանգեցնում են սարքավորումների հղկանյութային մաշվածության:

Ամփոփելով ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման կիրառվող և հեռանկարային մեթոդների համարական վերլուծությունը՝ դրանցից յուրաքանչյուրի առավել ությունների և թերությունների բացահայտմամբ, կարող ենք փաստել, որ գրոյական գազային արտանետումներով էլեկտրակայանների նախագծման և շահագործման համատեքստում, այրման արգասիքներից SO<sub>2</sub>-ի մաքրումը հանդիսանում է պարտադիր և կարևորագույն գործընթացներից մեկը: Ինկատի ունենալով նաև 21-րդ դարում բնապահպանական հիմնախնդիրների հրատապությունը և էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ հասկացության առաջնայնությունը՝ եզրակացնում ենք, որ մաքրող սարքավորումներով էլեկտրակայանների կահավորումը պետք է դառնա վերջիններիս գործունեության հիմնական ռազմավարությունը՝ չնայած տեխնոլոգիական գործընթացի բարդացմանը և սկզբնական կապիտալ ներդրումների ու տարեկան շահագործման ծախսերի ավելացմանը:

**2.2. Ծծմբայ ին անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիական համակարգի ընտրումը և կայ անի տեխնիկան տեսական ցուցանիշների վրա դրա ազդեցությունը և բացահայտումը՝ համապատասխան ալգորիթմի մշակմամբ**

Ընդհանրացնելով § 2.1.-ում շարադրվածը, ուսումնասիրելով համաշխարհային փորձը և համեմատելով ծծմբի միացություններից ծխագազերի մաքրման կիրառվող և հեռանկարային տարբերակները՝ իրականացվել է SO<sub>2</sub>-ից ծխագազերի մաքրման մեթոդի ընտրությունը՝ Էկոլոգիական պահանջների գերակայությունը, ինչպես նաև խնդրի լուծման տնտեսական հիմնահարցերի կարևորությունը: Առաջնորդվելով դեպի մթնոլորտ գրոյական գազային արտանետումներով և անթափոն համակարգերով կահավորված ՋԷԿ-ի ստեղծման գաղափարով՝ իրականացված համադրական վերլուծության արդյունքում ընտրվել է ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման թաց կրային մեթոդը: Առաջարկված խնդրի լուծման շրջանակներում Էկոլոգիական պահանջների գերակայությունն ապահովվել է.

1. մաքրման բարձր արդյունավետությունը (95% և ավելի),
2. ստացվող վերջնարդյունքի պիտանելիությունը (ջերմային մշակումից հետո շինարարական որակի գիպի ստացում):

Խնդրի տնտեսական հիմնահարցերը քննարկելիս հաշվի են առնվել՝

1. տեղակայանքի ձեռք բերման համար պահանջվող կապիտալ ներդրումները,
2. տարեկան շահագործման ծախսերը,
3. արտանետումների կրճատմամբ պայմանավորված տնտեսված բնապահպանական վճարների մեծությունը,
4. վերջնարդյունքի վաճառքից ստացվող եկամտը:

Վերոնշյալ վերջին երկու գործոնների միաժամանակյա իրագործումը հնարավորություն է ընձեռում նվազեցնել արտադրվող և առաքվող Էլեկտրական էներգիաների ինքնարժեքի վրա մաքրման տեղակայանքի ձեռք բերման կապիտալ ներդրումների և

շահագործման ծախսերի ազդեցությունը, ինչն էլ հաշվարկվել է համապատասխան ալգորիթմի մշակմամբ: Սույն ալգորիթմի կառուցման անհրաժեշտությունը հիմնավորվում է նրանով, որ միայն էկոլոգիական տեսանկյունից արդարացված որևէ միջոցառման ընտրությունը և ներդրումը կհանգեցնեին էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի զգալի մեծացման (հաշվարկների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ միայն ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրումը հանգեցնում է ինքնարժեքի մոտ 10...12% աճի): Մի տեսանկյունից շարադրվածը կարելի է դիտել որպես լրավճարում բարենպաստ շրջակա միջավայրում ապրելու համար, սակայն մյուս կողմից արտադրատեխնոլոգիական ողջ գործընթացի ճիշտ կազմակերպումը հնարավորություն է ընձեռում ոչ միայն պահպանել ինքնարժեքի մակարդակը՝ շրջակա միջավայրին հասցված նվազագույն վնասով, այլ և մարքեթինգային ճիշտ լուծումներով նվազեցնել այն:

Ալգորիթմը հիմնված է հետևյալ դրույթների վրա.

1. ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման տեղակայանքի ներդրման համար անհրաժեշտ կապիտալ ներդրումների և շահագործման ծախսերի հաշվարկ: Ընդ որում, շահագործման ծախսերի գնահատման ժամանակ հաշվի են առնվել՝
  - ✓ օգտագործվող ռեագենտի (կրաքարի) ձեռք բերման նպատակով պահանջվող գումարի քանակը,
  - ✓ արսորբերում սուղափեղկայի մղման համար պոմպերի աշխատանքով պայմանավորված կայանի սեփական կարիքների գործակցի մեծության աճը,
  - ✓ ընդհանուր կայանային և ընթացիկ վերանորոգման ծախսերի աճը՝ պայմանավորված կրակաթի վատ լուծելիության հանգամանքով արսորբերում ցայտեցնող փողրակների խցանման հավանականության մեծացումը և փոխարինման անհրաժեշտությունը:
2. Մթնոլորտային օդի կանխված վնասի հաշվարկ՝ SO<sub>2</sub>-ի արտանետումների նվազեցման հետևանքով տնտեսված բնապահպանական վճարների գնահատմամբ:
3. Գիպսի իրացման արդյունքում ստացվող եկամտի հաշվարկ: Ընդ որում, ելնելով շինարարական գիպսի նկատմամբ

շուկայական պահանջարկի փոփոխման հանգամանքից՝ իրական եկամտի մեծություները հաշվարկվել է գիպսի տարբեր ծավալների իրացման պարագայում:

4. Էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի հաշվարկ՝ տարեկան շահագործման ծախսերում հաշվի առնելով և գիպսի իրացման արդյունքում ստացված եկամուտը (փաստացի քանակության վաճառքից ստացված) և տնտեսված բնապահպանական վճարները:

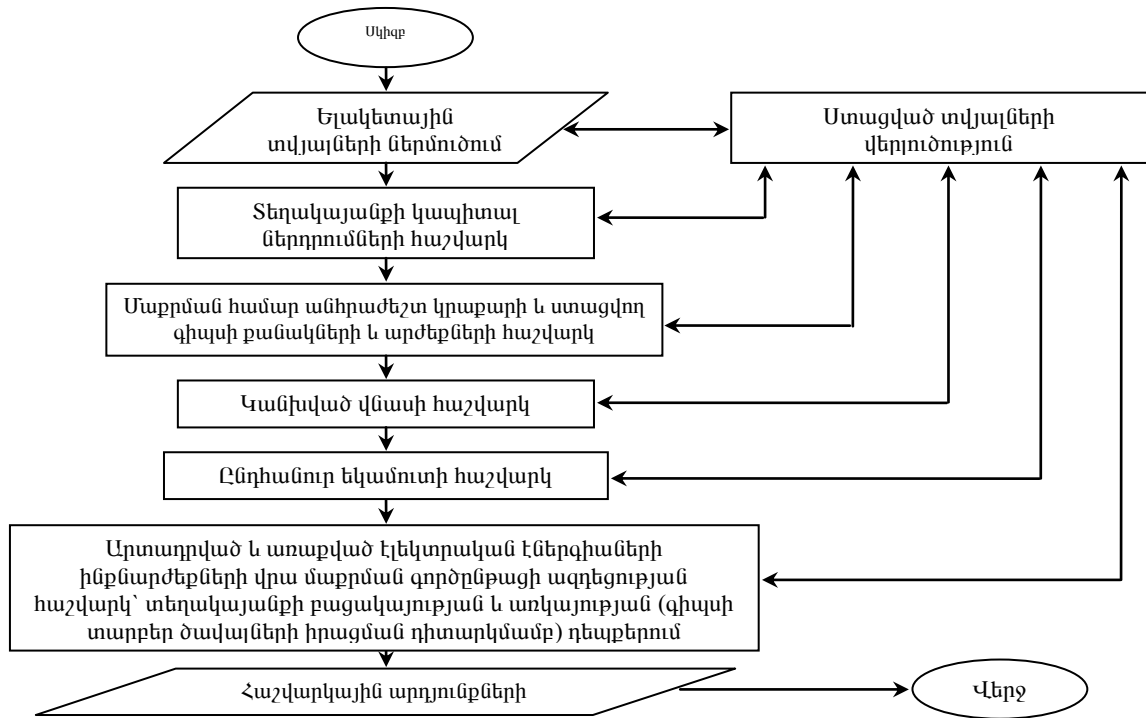
**Էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի վրա ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման գործընթացի ազդեցության հաշվարկային պահանջ**

1. Իրականացվում է էլակետային պարամետրերի մուտքագրում: Էլակետային պարամետրերն են.
  - 1.1. Ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման տեղակայանքի ձեռք բերման կապիտալ ներդրումներ և շահագործման ծախսեր, այդ թվում՝
    - ✓ տեղակայանքի տեսակարար կապիտալ ներդրումներ՝  $K_{SO_2}$ , դր/կՎտ,
    - ✓ տեղակայված էլեկտրական հզորությունն՝  $N_{EL}$ , կՎտ,
    - ✓ աշխատող լուծույթի պատրաստման համար անհրաժեշտ կրաքարի գինը՝  $k_{CaCO_3}$ , դր/տ,
    - ✓ իրացվող գիպսի շուկայական գինը՝  $k_{CaSO_3 \cdot 1/2H_2O}$ , դր/տ,
    - ✓ իրացվող գիպսի քանակությունն՝  $E_{գիպս}$ , %,
  - 1.2. Կանխված վնասի հաշվարկման նպատակով մուտքագրվող էլակետային տվյալներ.
    - ✓ վառելիքի բանվորական կազմում ծծմբապարունակությունը՝  $S_p$ , %,
    - ✓ վառելիքի ծախսը՝  $B_{24}$ , գ/վ,
    - ✓ կաթսայի գազանցքում թռչող մոխրի կողմից որսվող ծծմբի օքսիդների մասը՝  $\eta_{SO_2}$ , մաս,
    - ✓  $SO_2$ -ի արտանետումների համար գանձվող բնապահպանական վճարը՝  $i_{SO_2}$ , դր/տ,

Հաշվարկների իրականացումից հետո արտապատկերվում են արտադրված և առաքված էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքների մեծություները՝ ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման

բացակայ ու թյան դեպքում, մաքրման առկայ ու թյան՝ սակայն վերջնարդյունքի (շինարարական գիպսի) գրոյական իրացման դեպքում և ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման առկայ ու թյան ու վերջնարդյունքի տարբեր ծավալների իրացման դեպքում:

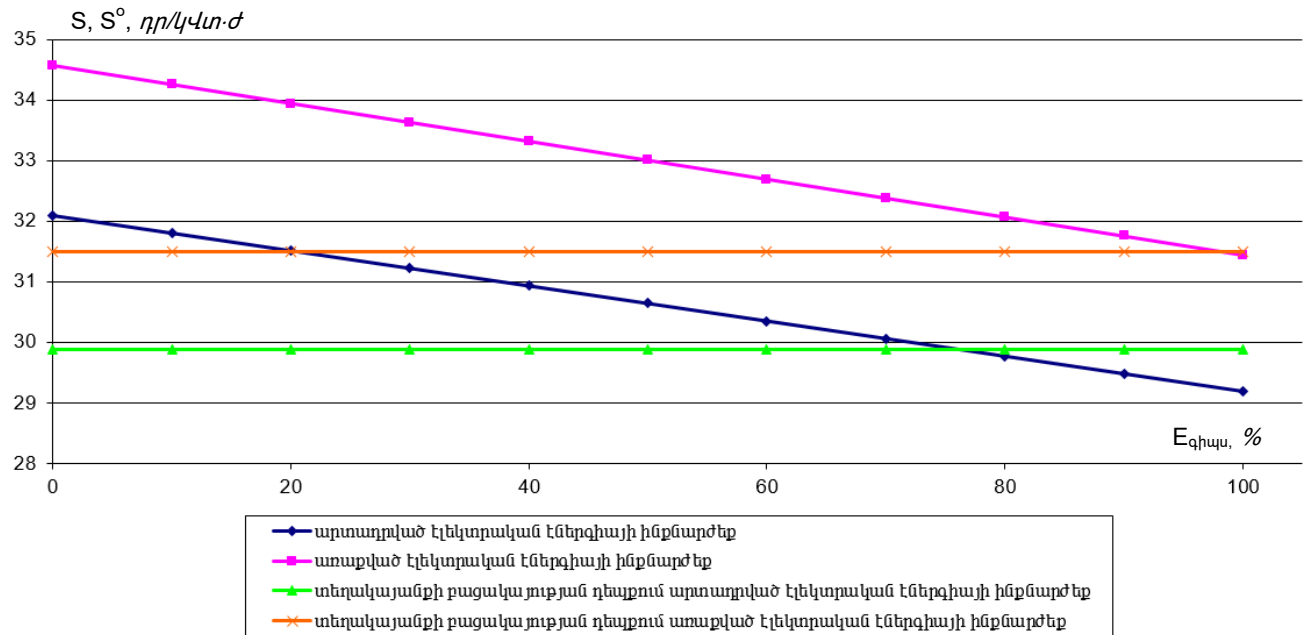
Մշակված ալգորիթմի հիման վրա կառուցված բլոկ-սխեման կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով.



Նկ. 2.10. Էլեկտրական էներգայի ինքնարժեքի վրա ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման գործընթացի ազդեցության հաշվարկային ալգորիթմի բլոկ-սխեմա

Բերված բլոկ-սխեման բաղկացած է հինգ առանձին պայմանական բլոկներից, որոնցից առաջին չորսում ներառված բանաձևային արտահայտությունները միջոցով ստացված արդյունքները օգտագործվում են էլեկտրական էներգիաների ինքնարժեքի մեծության գնահատման համար: Հաշվարկների կատարման ժամանակ, որպես ուսումնասիրման օբյեկտ, ընտրվել է 200 ՄՎտ հզորությամբ էներգաբլոկներով կահավորված կայան, որի համար ըստ մշակված ալգորիթմի կատարված հաշվարկների իրականացումից հետո (հավելված 1) արտադրվում են արտադրված և առաքված էլեկտրա-էներգիայի ինքնարժեքի մեծությունները՝ ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման բացակայության, մաքրման առկայության՝ սակայն վերջնարդյունքի գրոյական իրացման և ծծմբային

անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման առկայության ու վերջնարդյունքի տարբեր ծավալների իրացման դեպքերում (նկ. 2.11):



Նկ. 2.11. Գիպսի իրացման քանակության ազդեցությունը արտադրվող և առաքվող էլեկտրական էներգիաների ինքնարժեքի վրա

Ստացված գրաֆիկական առնչությունը վկայում է այն մասին, որ իրացվող գիպսի քանակության մեծացմանը զուգընթաց էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքը նվազում է և իրացման որոշակի ծավալից սկսած մաքրման տեղակայանքի առկայության դեպքում արտադրվող և առաքվող էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքները ավելի փոքր են ստացվում, քան տեղակայանքի բացակայության դեպքում: Ընդ որում, գիպսի գրոյական իրացման դեպքում էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքն աճում է մոտ 10%-ով, իսկ գիպսի 100%-ով իրացման դեպքում ինքնարժեքի նվազումը կազմում է 5% [76]:

Ընտրված մեթոդի հիմնական թերությունը մթնոլորտում ծխագազերի արդյունավետ ցրման գործընթացի կազմակերպման նպատակով դրանց ջերմաստիճանի լրացուցիչ բարձրացման անհրաժեշտությունն է: Նշված խնդիրը կարելի է լուծել կամ գազագազային տաքացուցիչում մաքրման ենթական ծխագազերի ջերմության հաշվին հեռացող ծխագազերի (մաքրված) տաքացմամբ, կամ էլ ազոտի օքսիդներից ծխագազերի մաքրումից հետո ցրման գործընթացը կազմակերպել աշտարակահովացուցիչից: Վերջին դեպքում կարելի է խուսափել ծխնելույզի կառուցման համար

կատարվող ծախսերից: Թաց կրային եղանակով ծխագազերի մաքրման արդյունքում տարեկան առաջանում է 239250 տ գիպս, որի ամբողջական իրացումը ներքին շուկայում բավականին բարդ է, ուստի որպես մարքեթինգային լուծում կարելի է դիտարկել նաև ավելցուկային գիպսի արտահանման նպատակահարմարությունը:

### **ԳԼՈՒԽ 3. ԷԿՈԼՈԳԻԱՊԵՍ ԱՆՎՏԱՆԳ ԶԵԿ-ԵՐԻՑ ԱՐՏԱՆԵՏՎՈՂ ԱՉՈՏԻ ՕՔՍԻԴՆԵՐԻ ՆՎԱՉԵՑՄԱՆ ՄԻՋՈՑԱՌՈՒ ՄԼԵՐԻ ՅԵՏԱՉՈՏՈՒ ՄԸ**

#### **3.1. Ազոտի օքսիդների նվազեցման ներհնոցային ռեժիմառեխնուլ ոգիական միջոցառումների վերլուծությունը**

Ազոտի օքսիդներ ( $\text{NO}_x$ ) առաջանում են օրգանական վառելիքի այրման գործընթացի կազմակերպման համար անհրաժեշտ մթնոլորտային օդում պարունակվող ազոտի (ձևավորվում են ազոտի թերմիկ և արագ օքսիդներ՝ համապատասխանաբար Չելդովիչի և Ֆենիմորի մեխանիզմներով) և վառելիքային ազոտի (ձևավորվում են ազոտի վառելիքային օքսիդներ) օքսիդացման արդյունքում [7]: Ազոտի օքսիդների առաջացման մեխանիզմների վերլուծությունն ից հետևում է, որ դրանց ելքի ճնշում կարելի է իրականացնել հետևյալ միջոցառումներով՝

- ✓ այրման ակտիվ գոտում (ԱԱԳ) ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցմամբ,
- ✓ բարձր ջերմաստիճանային գոտում այրման արգասիքների մնալու ժամանակամիջոցի կրճատմամբ,
- ✓ վերականգնիչ միջավայրով գոտու ստեղծումով (1-ից փոքր օդի ավելցուկի գործակցի պայմաններում), որտեղ բացակայում են վառելիքային ազոտի օքսիդացման նպաստավոր պայմանները և ազոտի օքսիդների վերականգնումը ընթանում է մինչև մոլեկուլային արագոտի մակարդակ:

Նշված միջոցառումների ազդեցությունը ազոտի օքսիդների ելքի վրաներկայացված է ստորև բերված աղյուսակում (աղ. 3.1):





Աղյուսակ 3.1. Ազոտի օքսիդների առաջացման վրա ազդող հիմնական գործոնները

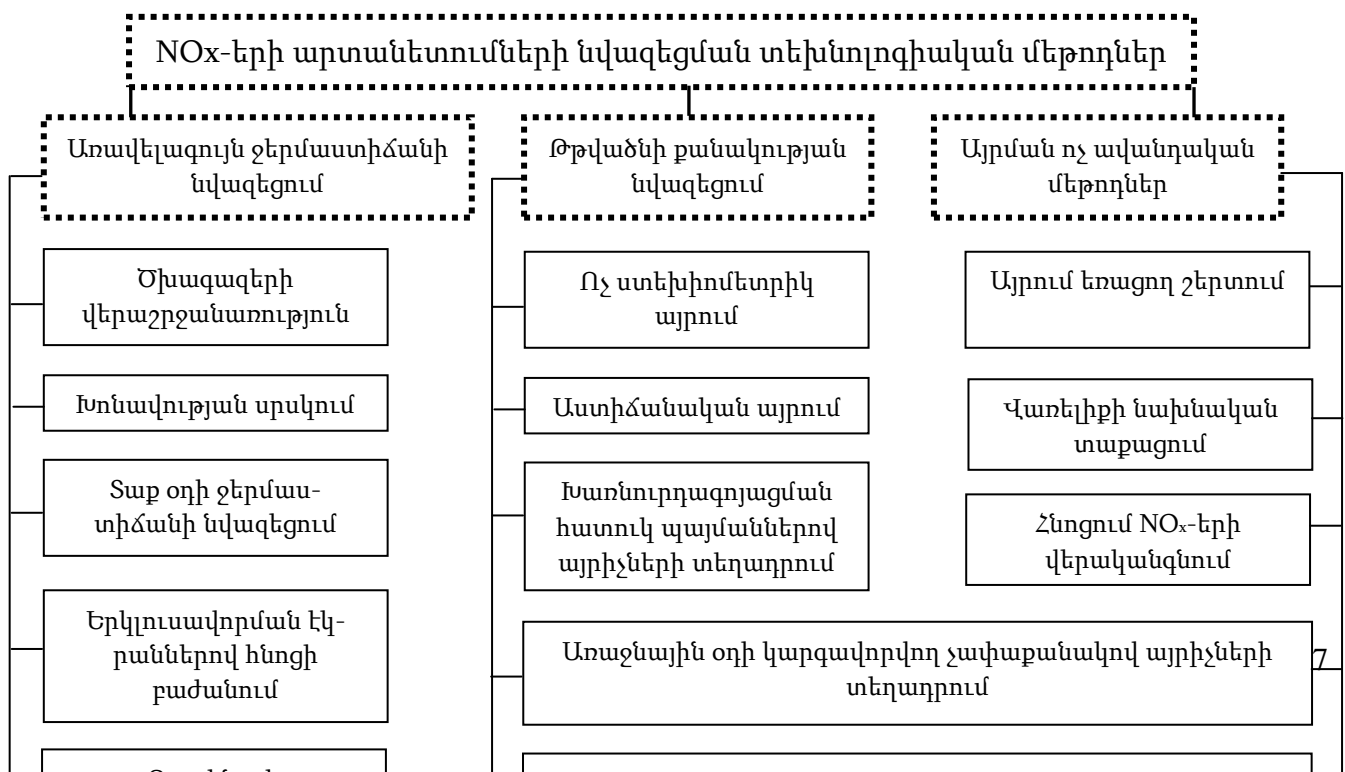
NO <sub>x</sub> -երի տեսակը	Ազոտի օքսիդների առաջացման վրա ազդող հիմնական գործոնները		
	Ջերմաստիճանային մակարդակ	ԱԱԳ-ում թթվածնի քանակություն	Բարձր ջերմաստիճանային տիրույթում այրման արգասիքների մնալու ժամանակահատվածը
<b>Թերմիկ օքսիդներ</b>	<p>Առաջանում են օդի մոլեկուլային ազոտի օքսիդացման արդյունքում՝ սկսած 1300°C ջերմաստիճանից: ԱԱԳ-ում 1500°C-ից բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում թերմիկ օքսիդների առաջացումն ինտենսիվանում է: Ազոտի թերմիկ օքսիդների ճնշող մեծամասնությունն առաջացումը ջերմաստիճանային համեմատաբար փոքր տիրույթում՝ <math>T_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{max}}</math>-ից մինչև <math>T_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{max}} - \Delta T_{\text{NO}}</math></p>	<p>Հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի մեծությունն ինչ կախված ազոտի օքսիդների ելքը ունի էքստրեմալ բնույթ: Օդի ավելցուկի գործակցի մեծությունն որոշակի արժեքների դեպքում հեռացող ծխազագերում NO<sub>x</sub>-երի կոնցենտրացիան ստանում է իր առավելագույնը՝ Նշանակությունը: Օդի ավելցուկի գործակցի հետագա մեծացումը, ի հաշիվ ջահում ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցման, հանգեցնում է NO<sub>x</sub>-երի ելքի կրճատման: Դիֆուզիոն ջահում կինետիկ այրման դեպքում օդի ավելցուկային մեծություն էքստրեմալ արժեքը աճում է խառնուրդագոյացման պայմանների վատացմանը գույքը:</p>	<p>Հնոցում առաջացող ազոտի թերմիկ օքսիդների հավասարակշռված կոնցենտրացիան ուղիղ համեմատական է ռեակցիայի գոտում փոխազդող բաղադրիչների մնալու տևողությանը: Որքան մեծ է առավելագույն ջերմաստիճանային գոտում ռեակցիայի բաղադրիչների մնալու ժամանակամիջոցը, այնքան մեծ է այրման արգասիքներում ազոտի օքսիդների կոնցենտրացիան:</p>
<b>Վառելիքային օքսիդներ</b>	<p>Վառելիքի բանվորակակազմում առկա ազոտ պարունակող միացությունները (ամոնիակ, ջրածնի ցիանիդային միացություններ) 700...1100°C ջերմաստիճանային պայմաններում օքսիդանում են՝ առաջացնելով ազոտի վառելիքային օքսիդներ:</p>	<p>Օդի ավելցուկի գործակցի ազդեցությունը ազոտի վառելիքային օքսիդների ելքի վրա կախված է էքստրեմալ բնույթ: Դրա մեծացումը հանգեցնում է հակադարձ հոսքերի տիրույթում ջերմաստիճանային մակարդակի իջեցման, ազոտ պարունակող վառելիքային մասնիկների տաքացվածությունը նվազեցման, տեղաշարժում են վառելիքի գազի-ֆիկացման և ազոտային միացությունների ելքի տիրույթները: Ջահի սկզբնամասում թթվածնի քանակությունը նվազեցմամբ կարելի է ճնշել ազոտի օքսիդների</p>	<p>Ազոտի վառելիքային օքսիդների ելքը գրեթե կախված է բարձր ջերմաստիճանային գոտում ծխազագերի մնալու ժամանակամիջոցից:</p>

<p><b>Արագ օքսիդներ</b></p> <p>Ազոտի արագ օքսիդները առաջանում են ջահի սկզբնամասում՝ ջերմաստիճանային տիրույթում:</p>	<p>առաջացումը:</p> <p>Արագ օքսիդների առաջացման գործընթացի վրա էական ազդեցություն ունեն վառելիքի ջերմային քայքայման արդյունքում ձևավորվող CH, HCN, NH, NH<sub>2</sub> և այլ ռադիկալները:</p>	<p>Ազոտի արագ օքսիդների էլքը գրեթե կախած է բարձր ջերմաստիճանային գոտում ծխագազերի մնալու ժամանակամիջոցից:</p>
---	---	---

Անդրադառնալով ազոտի օքսիդների արտանետումների նվազեցման նպատակով իրականացվող ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումներին՝ նշենք որ ժամանակակից էլեկտրակայաններում իրականացնում են հետևյալ միջոցառումները [25,77]

- ✓ ազոտի օքսիդների ցածր էլքով այրիչների տեղադրում (NO<sub>x</sub>-երի նվազեցում մինչև 60%),
- ✓ վառելիքի աստիճանական այրում՝ վառելիքի և օդի աստիճանական մատուցմամբ (NO<sub>x</sub>-երի նվազեցում 35...45%-ով),
- ✓ ծխագազերի վերաշրջանառություն (NO<sub>x</sub>-երի նվազեցում մինչև 30%),
- ✓ ջահի միջուկ ջրի (կամ ջրամազուրայն էմուլսիայի), շոգու սրսկում (NO<sub>x</sub>-երի նվազեցում 25...40%),
- ✓ առաջնային միջոցառումների համալիր իրականացում (NO<sub>x</sub>-երի նվազեցում մինչև 90%):

Ստորև բերված նկարում (նկ. 3.1) սխեմատիկորեն պատկերված է, թե վերոնշյալ տեխնոլոգիական միջոցառումներից յուրաքանչյուրը ինչ մեխանիզմով է ազդում ազոտի օքսիդների էլքի ճնշման վրա:



*Նկ. 3.1. Ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների ազդեցությունը նրա ազդեցիկ  
օբյեկտների ելքի վրա*

Մասնավորապես, ԱՄՆ-ում բնապահպանության նախարարության հրահանգմամբ շահագործվող շոգեկաթսաներում կիրառվում են գոյություն ունեցող լավագույն տեխնոլոգիաները՝ BAT (Best Available Technologies), որոնք ներառում են՝

- օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցումը (LEA),
- օդի աստիճանակալ մատուցումը, որը ենթադրում է ոչ միայն աստիճանակալային (OFA), այլև ոչ ստեխիոմետրիկային (BBF) և վերին շարքի մի կամ մի քանի այրիչների անջատում (BBOS),
- վառելիքի աստիճանակալ մատուցումը՝ եռաստիճանային կազմակերպմամբ (reburning-process),
- ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչների տեղադրում (LNB)՝ օդի, վառելիքի և վերաշրջանավորվող գազերի աստիճանակալ մատուցմամբ (այսինքն reburning-process-ի կազմակերպում առանձին վերցված ամեն այրիչի շահում),
- ԱԱԳ շոգու և ամոնիակային լուծույթի սրսկումը (NOx-երի վերականգնման N<sub>2</sub>):

Ստորև բերված աղյուսակում (աղ. 3.2) ամփոփված են վերոնշյալ գործառնությունների իրականացման արդյունքում NOx-երի նվազեցման չափը, իրականացման սահմանափակումները և հնարավոր խնդիրները՝ բնականոն շահագործման խաթարման տեսանկյունից [78]:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ ըստ էության, ազոտի օքսիդների առաջացման գործընթացը ԱԱԳ-ում ավարտվում է, ուստի վերջինիս բնութագրերը էական ազդեցություն են ունենում կաթսայի էկոլոգիական ցուցանիշների վրա: ԱԱԳ-ի հիմնական բնութագրերը, որոնք ուշագրավ են NOx-երի ձևավորման գործընթացի տեսանկյունից, հետևյալն են.

- ✓ անդրադարձած ջերմային հոսքերի մեծությունը՝  $q_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{անդ}}$ ,
- ✓ ջառի միջին ինտեգրալային ջերմաստիճանը՝  $\bar{T}_{\text{ԱԱԳ}}$ ,
- ✓ բարձր ջերմաստիճանային գոտում ծխազազերի մնալու ժամանակամիջոցը՝  $\tau_{\text{ԱԱԳ}}$ ,
- ✓ ԱԱԳ-ում օդի ավելցուկի գործակցի մեծությունը՝  $\alpha_{\text{ԱԱԳ}}$ :

Այրման գործընթացի կազմակերպվածության ազդեցությունը ԱԱԳ-ի հիմնական բնութագրերի և ազոտի օքսիդների ելքի վրա ամփոփված է աղյուսակ 3.3-ում:

Աղյուսակ 3.2. Ներհնացային ռեժիմառեխնով ոգիական միջոցառումների ազդեցությունը NO<sub>x</sub>-երի ելքի վրա

Տեխնոլոգիական միջոցառում	NO <sub>x</sub> -երի նվազեցման չափը	Վառելիքի տեսակը	Իրականացման սահմանափակումները	Հավելում
1-ին ցվոթք օդի ավելցուկի գործակցի պայմաններում վառելիքի այրում	10...44%	Կիրառելի է բոլոր տեսակի վառելիքների համար	Թերայրման հավանականության աճ, հեռացող ծխազագերում թերայրման արգասիքների քանակության մեծացում, վառելիքի ծախսի աճ:	NO <sub>x</sub> -երի նվազեցումը պայմանավորված է նախքան մեթոդի իրականացումը արտանետումների չափաքանակից: Այդ դեպքում հնարավոր է միայն հնոցի քիմացում՝ օդի ավելցուկի նվազեցման համար
Օդի աստիճանական մատուցում հնոց 1. այրիչների անջատում	10...65%	Կիրառելի է գազային և հեղուկ վառելիքների համար	Թերայրման հավանականության աճ, հեռացող ծխազագերում թերայրման արգասիքների քանակության մեծացում, վառելիքի ծախսի աճ:	Հնարավոր է դեպի հնոց վառելիքի մատուցման հետ պայմանավորված խնդիրներ, քանզի նույն քանակությամբ վառելիքը պետք է տրվի ավելի քանակությամբ այրիչներով:
2. ստեխոմետրիկ այրում		Կիրառելի է բոլոր տեսակի վառելիքների համար	-	-
3. երկաստիճանայրում		-	-	Օդային փողոկների տեղակայման համար անհրաժեշտ է իրականացնել էկրանային խողովակների տեղադրում:
ԱԱԳ շոգու և ամոնիակի մատուցում	20...30%	Կիրառելի է գազային և հեղուկ վառելիքների համար	-	-
Ծխազագերի վերաբրջանառություն	20...50%	Կիրառելի է բոլոր տեսակի վառելիքների համար	Ջահի անկայունություն:	Այս մեթոդը կարելի է իրականացնել օդի աստիճանական մատուցման հետ, վերաբրջանավոր ծխազագերը և րացուցիչ ծխածուծերով դեպի հնոց մատուցելու համար պահանջվում է էլեկտրական էներգիայի ծախս:
Վառելիքի աստիճանական մատուցում	50...60% (առաջնային գոտում վերականգնված NO <sub>x</sub> -երի քանակը կազմում է 70...80%)	Կիրառելի է բոլոր տեսակի վառելիքների համար	-	Reburning-process-ը կարելի է իրականացնել այլ առաջնային միջոցառումների հետ համատեղ: Տեխնոլոգիական գործընթացը պարզ է, և րացուցիչ էներգիայի սպառումը՝ քիչ:
Ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչներ	25...30%	Կիրառելի է բոլոր տեսակի վառելիքների համար	Ջահի անկայունություն և թերայրում:	Ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչները համատեղելի են այնպիսի առաջնային միջոցառումների հետ:

1. օդի աստիճանակալան մատուցմամբ		ներհամար		ներհետ ինչպիսիք են OFA, FGR և reburning-process:
2. ծխագազերի վերաշրջանառությամբ	մինչև 20%	Կիրառելի է բոլոր տեսակի վառելիք-ներհամար	Ջահի անկայունություն:	OFA-ի հետ համատեղ ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչ ներքապահովում են մինչև 70% NOx-երի կրճատում:
3. վառելիքի աստիճանակալան մատուցմամբ	50...60%	Կիրառելի է բոլոր տեսակի վառելիք-ներհամար	Ջահի անկայունություն և թերայրում:	Ջահի առանձնացման համար տարածականության օգտագործում:

Աղյուսակ 3.3. ԱԱԳ-ի հիմնական բնութագրերի ազդեցությունը NOx-երի ելքի վրա

Միջոցառում	$q_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{անդր.}}$ *	$\bar{T}_{\text{ԱԱԳ}}$	$\tau_{\text{ԱԱԳ}}^*$	$\alpha_{\text{ԱԱԳ}}^*$	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...60%-ով
Խոնավություն 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
Երկաստիճանայրում $\delta=20\%$	նվազում է 15...40%-ով (իրականացման տարբերակից 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
Երկլուսավորման էկրանների տեղակայում	նվազում է 15...20%-ով	փոքր-ինչ նվազում է	գրեթե չի փոփոխվում	չի փոխվում	նվազում է 15...30%-ով

\* զազամազու թայ ին կաթսաների մեծամասնության համար  $q_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{անդր.}}=0.8...1.3 \text{ ՄՎտ/մ}^2$ ,  $\alpha_{\text{ԱԱԳ}}=0.8...1.1$ ,  $\tau_{\text{ԱԱԳ}}=0.3...1.2 \text{ վ}$ .

Ներհնոցային ռեժիմառեխնոլոգիական միջոցառումները չեն պահանջում մեծ կապիտալ ներդրումներ, ուստի ազոտի օքսիդների արտանետումների ոչ խիստ չափորոշիչների պահպանման նպատակով վերջիններս ստացել են առաջնահերթություն:

Վառելիքի այրման գոտում օքսիդիչի քանակության նվազեցման արդյունքում, ցանկացած տեսակի վառելիքի այրման դեպքում, ճնշվում է թերմիկ և վառելիքային NOx-երի առաջացումը: Կախված այրվող վառելիքի տեսակից, կաթսայի առանձնահատկություններին և աշխատանքային ռեժիմի պայմաններից կարելի է այրիչներում օդի ավելցուկի գործակիցը նվազեցնել  $\Delta\alpha_{\text{այր}}=0.02...0.1$  չափով: Այս դեպքում, համաձայն փորձերի արդյունքների, ազոտի օքսիդների քանակության նվազեցումը կկազմի 10...40%: Բացի նշվածից փոքր-ինչ նվազում են նաև հեռացող ծխագազերի հետ ջերմության կորուստները՝  $q_2$ , և սեփական կարիքների վրա



Էլեկտրական էներգիայի ծախսը, այսինքն մեծանում է բրուտտո ՕԳԳ-ն: Օդի ավելցուկի նվազեցում թույլ է տրվում այնքան ժամանակ, քանի դեռ հեռացող ծխազագերում թերայրման արգասիքների քանակը չի գերազանցում թույլատրելի չափորոշիչները: Գազային վառելիքի այրման դեպքում, ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատման նպատակով, օդի ավելցուկի գործակիցը տնտեսական, էներգետիկական և էկոլոգիական նկատառումներից ելնելով կարելի է իջեցնել մինչև սահմանային նվազագույն մեծություներ, սակայն հեղուկ վառելիքի դեպքում բենզապիրենի արտանետումների աճը ստիպում է օպտիմալ համարել  $\alpha_h=1.05$  արժեքը [7]:

Չափարկային և շահագործման արդյունքները վկայում են այն մասին, որ մինչև 300ՄՎտ հզորությամբ գազամագուլթային կաթսաներում, գազային վառելիքի այրման դեպքում ազոտի օքսիդների տեսակարար արտանետումները ավելի փոքր են, քան մագուլթի դեքում, իսկ 300ՄՎտ-ից մեծ հզորությամբ կաթսաներում՝ ընդհակառակը: Ծարադրվածը բացատրվում է նրանով, որ մինչև 300ՄՎտ հզորությամբ կաթսաներում օդի տաքացման չափը փոքր է, իսկ ջափի հովացման արագությունը մեծ, ինչի արդյունքում էլ նվազում է այրման առավելագույն ջերմաստիճանը:

Ազոտի օքսիդների ցածր ելքով, կամ էլ, ինչպես դրանց անվանում են նաև սակավատքսիկ այրիչները, ունեն լայն կիրառություն ողջ աշխարհում: Նրանք ավելի հուսալի են և արդյունավետ բոլոր այն ներհնոցային միջոցառումներից, որոնք նպատակաուղղված են ազոտի օքսիդների ելքի նվազեցմանը: Ծահագործող անձնակազմի որակավորումից անկախությունը ապահովում է այրիչի աշխատանքի հուսալիությունը, իսկ արդյունավետությունն ապահովվում է մեկ սարքում ազոտի օքսիդների նվազեցմանն ուղղված այնպիսի միջոցառումների ներառմամբ, ինչպիսիք են վառելիքի աստիճանական այրումը, վերաշրջանառվող գազերի մուտքը այրման գոտի, օդի աստիճանական մատուցումը և այլն:

Ներկայումս հայտնի են ազոտի օքսիդների ցածր ելքով բազմաթիվ այրիչներ, որոնք կառուցվածքային և այրման գործընթացի առանձնահատկություններից ելնելով, բաժանվում են.

1. ոչ ստեխիոմետրիկ այրման այրիչներ,
2. աստիճանական այրման այրիչներ,
3. փուլային այրման այրիչներ,
4. համակցված այրիչներ:

Այրման գործընթացի ոչ ստեխիոմետրիկ կազմակերպման ժամանակ ստեղծվում են այրման երկու առանձին գոտիներ՝ վերականգնող և օքսիդացնող, պահպանելով հնոցի ելքում օդի ավելցուկի գործակցի ավանդական արժեքը: Վերականգնող տեղամասում տեղի է ունենում ազոտի թերմիկ և վառելիքային օքսիդների առաջացման ճնշում, իսկ օքսիդացնող տեղամասում թերմիկ NO<sub>x</sub>-երի առաջացումը կասեցվում է պայմանավորված այրման ջերմաստիճանի նվազեցումով՝ ի հաշիվ ավելցուկային օդի մեծ ծավալների: Ոչ ստեխիոմետրիկ այրման այրիչների ջահում վերականգնող և օքսիդացնող տեղամասերը առաջանում են ի հաշիվ այրիչի կանալներում վառելիքաօդային փոխարարություն հավասարակշռության խախտման, որն էլ իրականացվում է հետևյալ 3 տարբերակներից որևիցե մեկով՝

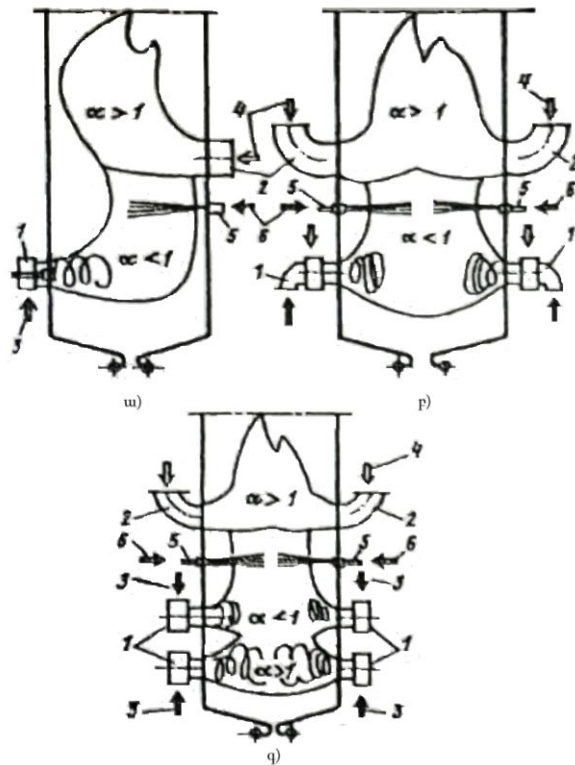
1. վառելիքի հավասարաչափ մատուցման դեպքում՝ օդի քանակական վերաբաշխում (օդային հավասարակշռության խախտում),
2. օդի հավասարաչափ մատուցման դեպքում վառելիքի քանակական վերաբաշխում (վառելիքային հավասարակշռության խախտում),
3. վերը նշված երկու տարբերակների համակցում:

Աստիճանական և փուլային այրման այրիչների տարբերությունները պայմանական են: Աստիճանական այրման ժամանակ այրման պրոցեսը կազմակերպվում է այնպես, որ այրիչով վառելիքի հետ կազմակերպված տրվում է միայն այրմանը անհրաժեշտ օդի մի մասը: Օդի մնացած մասը, որն անհրաժեշտ է վառելիքի վերջնային համար, մատուցվում է հնոցային խուց հատուկ փողրակների կամ էլ տուփախողովակների օգնությամբ, որոնք սովորաբար տեղադրված են լինում այրիչների ծայրամասերին: Այս դեպքում անմիջապես այրիչով տրվող օդի քանակությունը տեսականորեն միշտ փոքր է անհրաժեշտ ծավալից ( $\alpha_{այր} < 1$ ): Փուլային այրման ընթացքում վառելիքի այրումը

բաժանվում է մի քանի վառ արտահայտված փուլերի՝ օդի ավելցուկի գործակցի տեղային տարբեր արժեքներով ( $\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < 1$ ): Վերջինիս հասնում են ըստ ջահի երկարության օդի որոշակի բաշխված մատուցմամբ [7,26]:

Կաթսայի էկոլոգիական բնութագրերի բարելավման համար լայնորեն իրականացնում են վառելիքի երկ - կամ եռաստիճանայրում: Վառելիքի աստիճանական այրման դեպքում ջահի միջուկում ջերմաստիճանային մակարդակը իջնում է, ընդ որում, միաժամանակ տեղի է ունենում «աղբատ» և «հարուստ» օդավառելիքային խառնուրդների առանձին-առանձին այրում, որոնցում ջերմաստիճանը միշտ ավելի ցածր է, քան քիմիական թերայրման բացառման նպատակով օդի ավելցուկի գործակցի օպտիմալ արժեքով մեկաստիճանայրման դեպքում: Էներգետիկական շոգեկաթսաներում առավել լայն կիրառություն է գտել երկաստիճանայրումը, քանզի չի պահանջում այրիչների վերակառուցում, ընդամենը ստորին յարուսի այրիչներին մատուցվում է ստեխիոմետրիկ քանակից քիչ օդ՝ ապահովելով վերականգնիչ միջավայրով գոտու ստեղծում, իսկ վերին յարուսի այրիչներին տրվում է օդի ավելցուկի հաշվարկային քանակություն՝ վառելիքի վերջնայրում ապահովելու համար: Տեխնիկապես հնարավոր է նաև նկարագրված մեթոդի «հակառակ» իրականացումը, որը ապահովում է NOx-երի ելքի կրճատում՝ ի հաշիվ ջերմաստիճանային մակարդակի նվազման: Երկաստիճանայրումը, որպես վառելիք բնական գազի այրման դեպքում, ապահովում է ազոտի օքսիդների արտանետումների նվազեցման 40...50% արդյունավետություն: Ծծմբառատ վառելիքի այրման դեպքում առավել լավ արդյունք է տալիս եռաստիճանայրումը, քանզի նվազում է Էկրանային խողովակների գազային կոռոզիայի ենթարկման հավանականությունը: Հնոցի առաջին գոտում (ստորին) այրվում է վառելիքի հիմնական մասը (70...85%)  $\alpha = 0.95...1$  օդի ավելցուկի գործակցի պայմաններում: Երկրորդ յարուսի այրիչներին տրվում է վառելիքի մնացած մասը (15...30%) օդի այնպիսի քանակությամբ ( $\alpha = 0.6$ ), որ հնոցի այդ մասում առաջանում է վերականգնիչ միջավայրով գոտի և արդեն իսկ առաջացած ազոտի օքսիդները վերականգնվում են մինչև մոլեկուլյար ազոտ: Այս գոտուց վերև կազմակերպվում է

թերայ ռված արգասիքների վերջնայրում, երրորդային օդի մասնակցությամբ, որը տրվում է հատուկ փողրակներով՝ բարձր ճնշման տակ (նկ. 3.2.):



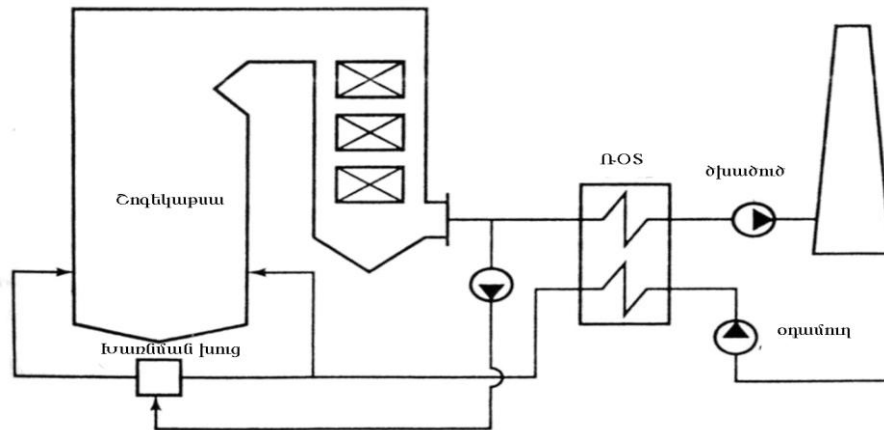
Նկ. 3.2. Վառելիքի երկ (ա, բ), եռաստիճան (գ) այրման կազմակերպման սկզբունքային սխեմա

1. այրիչ, 2. օդի մատուցման տուփախողովակ, 3. վառելիք/օդ, 4. օդ, 5. ազոտ պարունակող միացություն մատուցում, 6. ազոտ պարունակող միացություն

Վառելիքի աստիճանական այրումը հանգեցնում է կաթսայի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների նվազեցման՝ հնոցային խցի ելքում օդի ավելցուկի գործակիցի մեծացման, և միաժամանակ (հնոցի ելքում) հեռացող ծխազազերի ջերմաստիճանի 4...5 °C-ով աճի պատճառով: Վերջնարդյունքում կաթսայի ՕԳԳ-ն նվազում է 0.2...0.5%-ով: Բացի նշվածից էլեկտրաէներգիայի ծախսի մեծացման հետևանքով աճում է սեփական կարիքների գործակիցը՝ լրացուցիչ նվազեցնելով շոգեկաթսայի նետտո ՕԳԳ-ն՝ 0.1...0.8%-ով [28,79,80]:

Ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման առավել տարածված և արդյունավետ միջոցառում է ծխազազերի վերաշրջանառությունը, որը ոչ միայն լավացնում է շոգեկաթսայի էկոլոգիական բնութագրերը, այլև իրականացնում է ռեժիմային պարամետրերի (հնոցի ելքում ծխազազերի, գերտաք գոլորշու ջերմաստիճանների նշված տիրույթում պահպանում) կարգավորման գործառնություն: Ընորհիվ ծխազազերի վերաշրջանառության նվազում են ջահում

առավելագույն և միջին ջերմաստիճանները, տեղի է ունենում ջերմաստիճանային դաշտի հավասարեցում և այրման ակտիվ գոտում օքսիդիչի քանակության նվազում: Վերջիններս էլ հանգեցնում են ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի նվազման (նկ. 3.3):



Նկ. 3.3. Ծխագազերի վերաշրջանառության սկզբունքային սխեմա ՌՕՏ-նեղեներատիվ օդատաքացուցիչ

Ներկայումս, շահագործվող գազամազուլային շոգեկարսաների մեծամասնության համար, ջերմատեխնիկական պարամետրերի պահպանման տեսանկյունից վերաշրջանառվող ծխագազերի առավելագույն չափաքանակը կազմում է 15...20%, իսկ էկոլոգիական նկատառումներից ելնելով՝ 25%:

Վերաշրջանառվող ծխագազերի առավելագույն թույլատրելի չափաքանակի գերազանցման պարագայում՝ կարող են ի հայտ գալ ստորև շարադրված անցանկալի երևույթները.

1. այրման ակտիվ գոտում ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման համար պահանջվող ջերմաստիճանների պահպանման համար, վերաշրջանառվող ծխագազերով կատարվում է ջախի ծայրամասային գոտու չափից ավելի հովացում, ինչն էլ հանգեցնում է այրման պրոցեսի անկայունության,
2. ծխագազերի վերաշրջանառության հետևանքով մեծանում է կարսայական տեղակայանքի սեփական կարիքների գործակիցը,
3. մեծանում են հեռացող ծխագազերի հետ ջերմության կորուստները:

Չեղուկ կամ գազային վառելիքների այրման դեպքում վերաշրջանառվող ծխագազերը նպատակահարմար է բաժանել երկու հոսքի: Դրանցից մեկը՝ վերաշրջանառվող ծխագազերի ընդհանուր

քանակություն 20...35%-ի չափով պտուտած և մատուցվում է ջահի արմատ, իսկ մնացած մասը տրվում է այրիչներին՝ օդի կենտրոնական և ծայրամասային հոսքերի միջև: Ծնորհիվ ջահի արմատ վերաշրջանառվող ծխազազերի մատուցման, դրանում ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցումը տեղի է ունենում առավել արդյունավետ՝ ապահովելով ազոտի օքսիդների ցածր ելք:

Ծխազազերի վերաշրջանառության էկոլոգիան տեսական արդյունավետության գնահատման համար կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքների վերլուծության հից կարելի կատարել հետևյալ եզրահանգումները.

- ✓ վերաշրջանառության միևնույն աստիճանի դեպքում որքան հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի արժեքը բարձր է, այնքան NOx-երի ելքի ճնշումը փոքր է, ինչը պայմանավորված է հնոցից հեռացող ծխազազերում օքսիդիչի կոնցենտրացիայի աճով,
- ✓ ծխազազերի վերաշրջանառության շնորհիվ ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատման արդյունավետությունը էապես կախված է վերաշրջանառվող ծխազազերի քանակությունից, դրանց ջերմաստիճանից, ջահում այրման արգասիքների հետ խառնման ինտենսիվությունից, դեպի հնոց մատուցման ձևից և այրիչում վերաշրջանառվող գազերի և օդի արագությունների հարաբերակցությունից:
- ✓ մասնակի բեռնվածությունների ռեժիմներում ծխազազերի վերաշրջանառության արդյունավետությունը նվազում է,
- ✓ 25%-ից ավել վերաշրջանառության աստիճանի դեպքում յուրաքանչյուր 1%-ը հանգեցնում է կաթսայի ՕԳԳ-ի 0.03...0.06% նվազման,
- ✓ պահանջում է այրիչների վերակառուցում և հատուկ ծխածուծերի տեղակայում [33,34]:

Ջահի միջուկ չրի կամ ջրամագուլթային էմուլսիայի սրսկումը նվազեցնում է դրանում առավելագույն ջերմաստիճանը՝ թույլ չտալով ազոտի թերմիկ օքսիդների առաջացում: Այս մեթոդը հիմնականում կիրառվում է անբարենպաստ օդերևութաբանական պայմանների դեպքում՝ վնասակար նյութերի բարձր ֆոնային

խտությունը տարածաշրջանում: Կաթսայի հնոց սրսկվող ջրի քանակությունը մոտավորապես հավասար է վառելիքի ծախսի 10%-ին: Դիտարկվող մեթոդը կրճատում է NOx-երի արտանետումները 25%-ով, սակայն միաժամանակ նվազում է նաև շոգեկաթսայի ՕԳԳ-ն մոտ 0.7%-ով: Ջրի սրսկման արդյունավետությունը նվազում է, եթե իրականացվում է ծխագազերի վերաշրջանառություն կամ վառելիքի աստիճանական այրում: Նշված հանգամանքներով է պայմանավորված այս մեթոդի կիրառման սահմանափակումը: Կատարված հետազոտությունների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ մթնոլորտային օդի և ջրային ավազանի պաշտպանությունը ջերմաէներգետիկական սարքավորումներից արտանետվող այնպիսի վնասակար միացություններից, ինչպիսիք են NO<sub>x</sub>, CO, մուր, բազմացիկլիկ ածխաջրածիններ, նավթամթերքներ և այլն, կարելի է իրականացնել ջրամազության էմուլսիայի (ՋՄԷ) այրման շնորհիվ: Այս հարցին առնչվող ուսումնասիրությունների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ՋՄԷ-ն պետք է լինի միատար խառնուրդ, որում պարունակվում են մի քանի միկրոմետր տրամագծով կաթիլներ: Միայն այս պայմանները պահպանելու և ջրամազության էմուլսիայի 20% խոնավության դեպքում է տեղի ունենում հուսալի բոցավառում և վառելիքի լրիվ այրում: ՋՄԷ-ի այրման պրոցեսի արդյունավետությունը (անգամ օդի ավելցուկի գործակցի փոքր արժեքների դեպքում) պայմանավորված է դրամազութի կաթիլի միկրոպայթյունով, որը տեղի է ունենում վերջինիս և ջրի եռման ջերմաստիճանների տարբերության պատճառով: Անհրաժեշտ խոնավության, դիսպերսայնության և մածուցիկության ՋՄԷ ստանալու համար կիրառում են հատուկ սարքավորումներ՝ էմուլգատորներ [81, 82]:

Որպես լրասնման ջուր, հոսքաջրերի օգտագործումը հնարավորություն է ընձեռում դրանց զգալի մասը ենթարկել վնասազերծման այրման միջոցով (հոսքաջրերը կարող են կազմել կաթսայում այրվող վառելիքի 20%-ը): Դա թույլ է տալիս ՋԷԿ-երում անցում կատարել ավելի սակավաթափոն տեխնոլոգիաների՝ նավթային արգասիքներով աղտոտված հոսքաջրերի օգտահանման շնորհիվ: ՋՄԷ-ի այրումը հանգեցնում է ազոտի օքսիդի առավելագույն գեներացման գոտում ջերմաստիճանի մակարդակի նվազեցման և ծխագազերում դրանց կոնցենտրացիայի զգալի կրճատման (25...44%):

Ռուսական ՆԻՏՐՅՈՒՄ ֆիրման մշակել և Мосэнерго-ի մի շարք ՁԵԿ-երում ներդրել է վնասակար գազային արտանետումների կրճատման և նավթայուղային արգասիքներով աղտոտված հոսքաջրերի օգտահանման տեխնոլոգիաներ: Վերջիններիս շահագործման փորձը թույլ է տալիս կատարել ստորև բերված հետևությունները`

1. վերանում են նավթայուղային արգասիքներով աղտոտված հոսքաջրերին առնչվող հիմնախնդիրները, քանզի առաջնահերթ հենց դրանք են էմուլգացվում, իսկ պատրաստի ՁՄԵ-ի պահումը համապատասխան բաբերում չի ուղեկցվում դրանց շերտավորմամբ,
2. բարձրանում է վառելիքամատակարարման հուսալիությունը, քանի որ մագնիսաթաղանթներով բացակայում են ջրային խցանումները,
3. դյուրինանում է գազի այրման գործընթացից մագնիսաթաղանթային գործընթացին անցումը,
4. կախված կոնկրետ պայմաններից NO<sub>x</sub>-երի կրճատումը կարող է կազմել 25...44%,
5. օդի ավելցուկի նույն գործակցով այրման գործընթացի կազմակերպման դեպքում (ինչ որ ոչ էմուլգացված մագնիսաթաղանթային ժամանակ) նվազում են CO-ի արտանետումները, կամ պահպանվում է CO-ի արտանետման նույն կոնցենտրացիան` օդի ավելցուկի գործակցի փոքր արժեքների դեպքում:

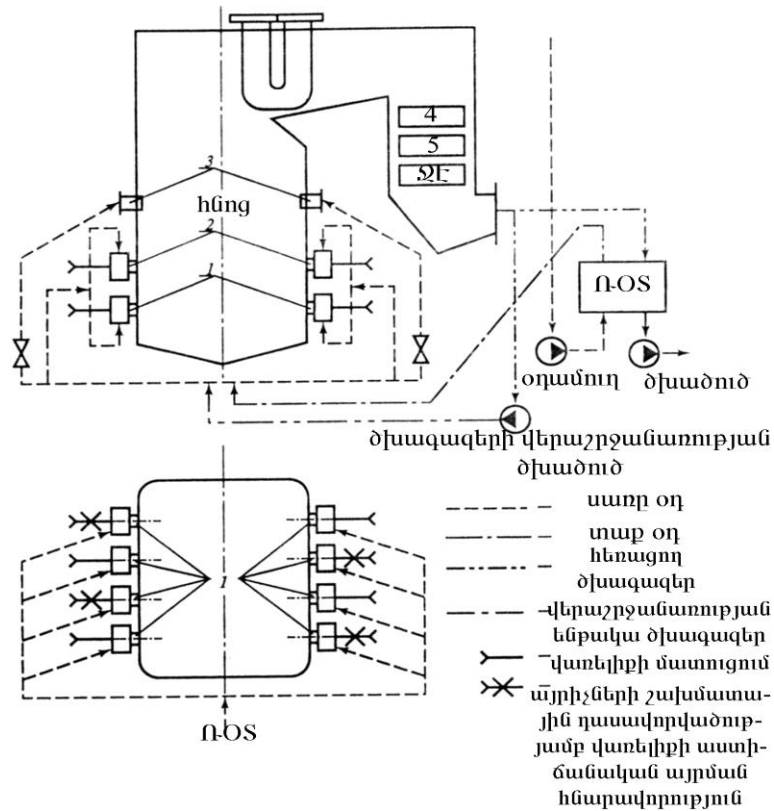
Մշակված տեխնոլոգիան մի կողմից հնարավորություն է ընձեռում իրականացնել նավթայուղային արգասիքներով աղտոտված հոսքաջրերի օգտահանում, իսկ մյուս կողմից` «բարելավել» արտանետվող գազային միացությունների կազմը:

Ազոտի օքսիդների արտանետման չափորոշիչների պահպանման նպատակով իրականացվում է առաջնային միջոցառումների համալիր կիրառում: Որպես կանոն, գազամագնիսային կաթսաներում կիրառվում է հետևյալ առաջնային միջոցառումների համակցում`

1. վառելիքի աստիճանական այրում և ծխազագերի վերաշրջանառություն,
2. հատակային այրիչների տեղադրում, վառելիքի աստիճանական այրում և ծխազագերի վերաշրջանառություն:



Նկ. 3.4-ում պատկերված է այրիչների հանդիպակած դասավորված ությամբ գազամագուղային կաթսայում վառելիքի աստիճանական այրման և ծխագազերի վերաշրջանառության գործընթացների կազմակերպման սխեման: Նախքան այրիչներ մատուցվելը Ռ-ՕՏ-ում տաքացած օդը խառնվում է վերաշրջանառության ենթակա ծխագազերին:



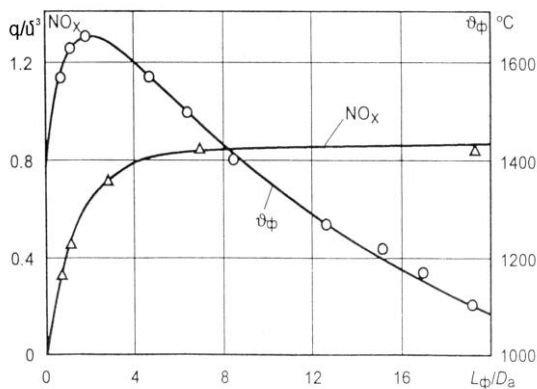
Նկ. 3.4. Գազամագուղային կաթսայում վառելիքի աստիճանական այրման և ծխագազերի վերաշրջանառության գործընթացների համալիր կազմակերպման սխեմա  
 1. ստորին յարուսի այրիչներ, 2. վերին յարուսի այրիչներ, 3. լրացուցիչ օդի մատուցում,  
 4, 5. բարձր և ցածր ճնշման կոնվեկտիվ շոգեգերտաքացուցիչներ, ՋԷ-ջրային էկոնոմայզեր

Դեպի մթնոլորտ ազոտի օքսիդների արտանետումների վնասակար հետևանքներից խուսափելու համար հաճախ շատ ավելի նպատակահարմար ու առավել կիրառելի է առաջացող NO<sub>x</sub>-երի ճնշումը անմիջապես այրման ընթացքում՝ այրիչների հարմարադասման և կառուցվածքային առանձնահատկությունների օգտագործմամբ: Ներկայումս նախագծվում և տեղադրվում են ժամանակակից այնպիսի այրիչներ, որոնք թույլ են տալիս էականորեն կրճատել ՋԷԿ-երի վնասակար արտանետումները դեպի շրջակա միջավայր՝ միաժամանակ

մեծացնելով օգտագործվող օրգանական վառելիքի արդյունավետությանը: Այրիչներում առաջնային և երկրորդային օդի արագությանների հարաբերությունը՝  $\frac{w_2}{w_1}$ , կամ էլ դրանց տարբերությունը՝  $(w_2 - w_1)$ , էականորեն ազդում է ջահում ազոտի օքսիդների առաջացման վրա: Սակայն այդ ազդեցությունը միանշանակ չէ և կախված է ոչ միայն այրիչի կառուցվածքից, այլև առաջնային և երկրորդային օդի տրման եղանակից: Տաք օդի ջերմաստիճանի նվազեցումը միանշորեն առաջացնում է հնոցում ջահի ջերմաստիճանային մակարդակի իջեցում, ընդ որում գազամագուլթային կաթսաների մեծամասնության մոտ տաք օդի ջերմաստիճանի 40...50°C իջեցումը հանգեցնում է հնոցում առավելագույն ջերմաստիճանների 15...20°C նվազման, ինչն էլ, որոշ պայմանների դեպքում, կարող է բերել թերմիկ NO<sub>x</sub>-երի ելքի նվազման: Շարադրվածը բացատրվում է նրանով, որ ազոտի օքսիդների ելքը կախված է ոչ միայն հնոցում ջերմաստիճանային մակարդակից, այլև ջահի զարգացման սկզբնամասում առաջնային և երկրորդային օդի պոտման պարամետրերի հարաբերությունից:

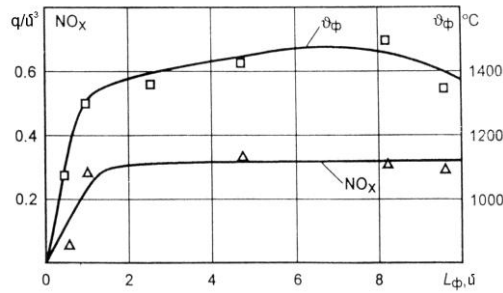
Այրիչների հարմարադասման և կառուցվածքային առանձնահատկությունների կիրառումը հնարավորություն է ընձեռում փոքր կապիտալ ծախսերով գտնել տեխնիկական լուծումների համալիր, որն ապահովում է առաջացող NO<sub>x</sub>-երի նվազեցում, իսկ որոշ դեպքերում նաև առաջացած ազոտի օքսիդների վերականգնում: Հիմնականում սպասվելիք արդյունքը կախված է ջահի սկզբնամասում թթվածնի քանակության նվազեցումից: Էական ազդեցություն ունեն նաև խառնուրդագոյացման պայմանները: Որքան լավ է տեղի ունենում վառելիքի և օքսիդիչի խառնումը այրիչում, այնքան բարձր են այրման միջուկում առավելագույն ջերմաստիճանները, ինչը նպաստում է առաջացող NO<sub>x</sub>-երի քանակության աճին: Հարկ է նշել, որ նման պարագայում NO<sub>x</sub>-երի առավելագույն քանակությունը համապատասխանում է օդի ավելցուկի այն արժեքին, որի դեպքում, տրված պայմաններում, առկա է վառելիքի նվազագույն մեխանիկական թերայրում (q<sub>4</sub>): Անդրադառնալով այրիչների տեսակի, հարմարադասման և կառուցվածքային առանձնահատկությունների ազդեցությանը՝ նշենք, որ

հատկապես, մրրկային այրիչների ջահը բնութագրվում է վաղ բոցավառմամբ և այրման մեծ ինտենսիվությամբ: Շնորհիվ օդի և վառելիքի լավ խառնման, բարձր ջերմաստիճաններին և տեղային ջերմային բեռնվածքների ազոտի օքսիդների հիմնական մասը (մոտ 80%) առաջանում է ջահի սկզբնամասում՝ այրիչի կտրվածքից 2...3 տրամաչափ ( $L_0/D_a$ ) հեռավորության վրա: Միաժամանակ այս պայմանները նպաստում են նաև վառելիքի մեխանիկական և քիմիական թերայրման նվազեցմանը:  $NO_x$ -երի առավելագույն քանակությունը հաստատվում է միջուկից 5...6 տրամաչափ հեռավորության վրա, այնուհետև, ըստ ջահի երկարության, դրանց քանակությունը մնում է գրեթե անփոփոխ: Մրրկային այրիչներում ազոտի օքսիդների ելքը ստացվում է վառելիքային և թերմիկ  $NO_x$ -երի հաշվին, ընդ որում թերմիկ օքսիդների չափաբաժինը, ջերմաստիճանի մեծացմանը զուգընթաց, աճում է (նկ. 3.5):



Նկ. 3.5. Մրրկային այրիչների դեպքում ըստ ջահի երկարության ազոտի օքսիդների ելքի փոփոխությունը

Ինչ վերաբերում է ուղղահոս այրիչներին, ապա այս պարագայում ջահը առանձնանում է մեծ ձգվածությամբ, առավելագույն ջերմաստիճանների ցածր արժեքով և ըստ ջահի երկարության ջերմաստիճանների հավասարաչափ բաշխվածությամբ, հետևաբար ուղղահոս այրիչներում ազոտի օքսիդների ելքն ավելի փոքր է և հիմնականում դրանք վառելիքային  $NO_x$ -եր են (նկ. 3.6): Ժամանակակից կաթսաների հնոցներում հիմնականում ուղղահոս այրիչները օգտագործվում են դրանց տանգենցիալ հարմարադասման դեպքում:



Նկ. 3.6. Ուղղահոսայրիչների դեպքում ըստ ջառի երկարության ազոտի օքսիդների ելքի փոփոխությունը

Կարճացնելով ազրեգասների հնոցներում այրիչների հարմարադասման (ճակատային, հանդիպակաց, հանդիպակաց-տեղաշարժված, տանգենցիալ և հատակային) ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի է առնել նաև շահագործման հարմարությանը և էներգետիկական արդյունավետությանը առնչվող հիմնահարցերը: Մասնավորապես, շարադրվածը վերաբերում է վառելիքի լրիվ այրման, տաքացուցիչների մակերևույթներից ջերմափոխանցման, գերտաք շոգու տրված ջերմաստիճանի պահպանման և այրման ընթացքում վնասակար նյութերի առաջացման հանգամանքներին: Այրիչների կառուցվածքից է կախված վառելիքի այրման անբոդիներում, հնոցում ԱԱԳ-ի տեղաբաշխվածությունը և դրա ջերմային լարվածությունը՝  $q_{\text{ԱԱԳ}}$ : Վերջին հաշվով այս գործոններն են պայմանավորում ազոտի օքսիդների քանակական ելքը: Նշվածի հետ մեկտեղ վառելիքային և արագ NO<sub>x</sub>-երի ելքը մեծապես կախված է այրիչներից արտահոսող վառելիքի և օդի խառնման պայմաններից, ինչպես միմյանց, այնպես էլ այրվող արգասիքների շիթի հետ: Ազոտի թերմիկ օքսիդների առաջացումը պայմանավորված է ԱԱԳ-ում ջերմային լարվածությամբ և ուղիղ համեմատական է բարձր ջերմաստիճանային գոտում այրման արգասիքների մնալու ժամանակին՝  $\tau_{\text{ԱԱԳ}}$ :

Ստորև վերլուծված են այրիչների հարմարադասման էներգետիկական, էկոլոգիական և շահագործման պայմանների հարմարությանը առնչվող դրույթները:

Այրիչների ճակատային հարմարադասման հիմնական առավելություններն են.

- ✓ հարմար է շահագործման և տեղադրման տեսանկյունից,
- ✓ վառելիքատարները ստացվում են կարճ, միևնույն երկարության և միատեսակ,

- ✓ այրիչները, վառելիքատարները, օդատարները և դրանց կառավարման համակարգերը վերանորոգման և սպասարկման տեսանկյունից ավելի հարմար են:

Որպես թերու թյուններ կարող ենք նշել .

- ✓ վառելիքի վերջնայրումը կատարվում է բարձրացող հոսքի նեղ շերտում՝ հետին պատին մոտ,
- ✓ անխուսափելի է ջահի հարումը հնոցային խցի հետին պատին,
- ✓ թույլ չի տալիս լավ օգտագործել հնոցային խցի ողջ ծավալը՝ ճակատային պատի մոտ գոյացող երկարաձգված մրրկային հոսքերի պատճառով,
- ✓ հանգեցնում է ըստ 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:

*Այրիչների հանդիպակաց հարմարադասման* դեպքում որպես առավել ու թյուններ կարող ենք նշել՝

- ✓ 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 սափր 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:

Թերու թյուններն են՝

- ✓ հնարավոր է ջահի հպումը հնոցի կողային պատերին, ինչն էլ կանխարգելելու համար կողային պատի և այրիչների միջև հեռավորությունն ընտրվում է միջայրիչային հեռավորությունից ավելի մեծ,
- ✓ այրիչների մոտ ջահի հորիզոնական կտրվածքը հարևան այրիչների ջահերով էականորեն կտրված է հնոցային խցի էկրանային մակերևույթներից, ինչը բարդեցնում է էկրանային խողովակների ջերմատվությունը և նպաստում է ազոտի օքսիդների ելքի մեծացմանը:
- ✓ գործնականում դժվար է պահպանել հանդիպակաց այրիչային հոսքերի շարժման քանակների հավասարությունը, որի խախտման դեպքում այրման միջուկը տեղաշարժվում է դեպի հնոցի հետին կամ ճակատային պատ:

*Այրիչների հանդիպակաց-տեղաշարժված* հարմարադասման առավելություններն են՝

- ✓ այրիչների նվազագույն հեռահարության շնորհիվ էկրանային խողովակները պաշտպանված են հոսքի դինամիկ ազդեցությունից,
- ✓ ինտենսիվանում է շիթերի միջև ջերմազանգվածափոխանակությունը,
- ✓ հանդիպակաց հոսքերի փոխադարձ արգելակման հետևանքով հնոցում ծխազազերի վերամբարձ շարժման արագությունը նվազում է՝ նպաստելով հնոցում վառելիքի մնալու տևողության մեծացմանը և հնոցային խցի լավ լցվածությունը,
- ✓ ապահովում է ազոտի թերմիկ օքսիդների փոքր ելք:

Չարմարադասման այս տարբերակի համար որպես թերություններ կարող ենք առանձնացնել՝

- ✓ նպատակահարմար է միայն ճեղքային այրիչների կիրառման դեպքում,
- ✓ յարուսների քանակը սահմանափակ է:

*Այրիչների տանգենցիալ* հարմարադասման առավելություններն են՝

- ✓ այրիչների տանգենցիալ հարմարադասմամբ հնոցները ունեն շրջապատող տարածությունից ծխազազերի մեծ

Էժեկցիա դեպի հիմնական հոսք և դրանից ինտենսիվ ջերմատվություն,

- ✓ հնոցային խցում ջերմային հոսքերի բավականին հավասարաչափ բաշխվածություն հետևանքով ջահում ջերմաստիճանները կայունանում են ոչ շատ բարձր տիրույթում, որն էլ Էականորեն նվազեցնում է ազոտի թերմիկ օքսիդների առաջացումը:

Թերություններն են՝

- ✓ ցանկալի աերոդինամիկական պայմաններ ստանալու համար հնոցի կտրվածքը պետք է լինի քառակուսի կամ էլ քառակուսուն մոտտեսքի,
- ✓ այրիչները պետք է տեղաբաշխված լինեն կամ հնոցի անկյուններում, կամ էլ պարագծով:

*Այրիչների հատակային հարմարադասման* դեպքում որպես առավելություններ կարող ենք նշել՝

- ✓ հնոցային խցում առաջանում են օպտիմալ պայմաններ ջահի ակտիվ գոտու հովացման համար,
- ✓ նվազում են ջահում առավելագույն ջերմաստիճանները,
- ✓ նվազագույնի է հասնում ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքը:

Որպես թերություններ կարող ենք նշել՝

- ✓ կառուցվածքային բարդությունը,
- ✓ օդի կազմակերպված մատուցման և կարգավորման բարդությունը [7,83]:

Գազամագուլային կաթսաների շահագործման փորձը վկայում է այն մասին, որ հատակային հարմարադասումը ապահովում է ազոտի օքսիդների արտանետման կրճատում մոտ 20%-ով, ի տարբերություն հնոցի կողային պատերին այրիչների ճակատային կամ էլ հանդիպակաց հարմարադասման՝ չնայած հատակային այրիչների միավոր հզորության մեծ լինելուն: Վերջին հանգամանքը բացատրվում է նրանով, որ այրիչների ճակատային կամ էլ հանդիպակաց հարմարադասման դեպքում մեջտեղի այրիչների մոտ ջահի հորիզոնական կտրվածքը Էականորեն կտրված է հնոցային խցի տաքացման մակերևույթներից հարևան այրիչների ջահերով, ինչը բարդեցնում է Էկրանային խողովակների ջերմատվությունը և նպաստում ազոտի օքսիդների ելքի մեծացմանը: Այդպիսի պարագայում հատակային այրիչների հզորությունը Էական

ազդեցությունն չի թողնում  $\text{NO}_x$ -երի ելքի վրա՝ պայմանավորված ջահի արմատային մասի հովացմամբ: Սկզբնական ժամանակաշրջանում այրիչների հատակային հարմարադասումը այլ նպատակներով էր օգտագործվում և լուծում էր այնպիսի տեխնոլոգիական հիմնախնդիրներ, ինչպիսիք են՝

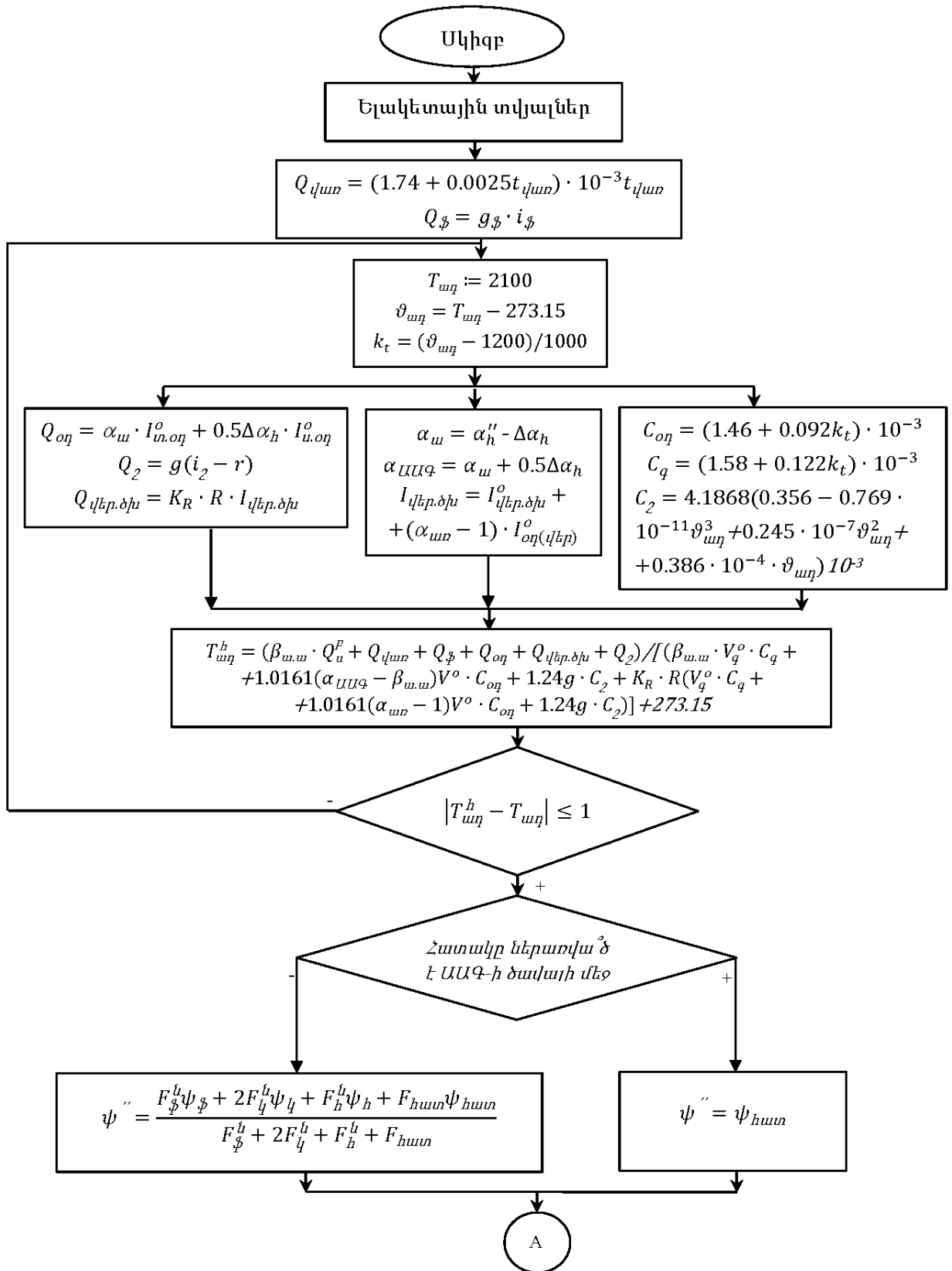
- ✓ ըստ հնոցային խցի բարձրության ջերման ջատման հավասարեցումը,
- ✓ նվազեցնում էր հնոցային խցի ելքային կտրվածքում ջերմաստիճանային թերբաշխումը,
- ✓ իրականացնում էր ջահի երկարության և չափերի կարգավորում, ինչպես նաև առավելագույն ջերման ջատման տիրույթում էկրանային խողովակների ջերմային բեռնվածքի զգալի նվազեցում,
- ✓ պատին մոտ տիրույթներում՝ ծծմբաջրածնի քանակության նվազեցում:

Բացի նշվածներից այրիչների հատակային դասավորվածությունը թույլ է տալիս հեղուկ վառելիքի այրման գործընթացն իրականացնել օդի ավելցուկի ամենափոքր արժեքների ( $\alpha = 1.01 \dots 1.03$ ) դեպքում՝ վառելիքի նվազագույն թերայրման պայմաններում ( $q_3 + q_4 < 0.2\%$ , բենզապիրենի ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ) կոնցենտրացիան չի գերազանցում  $21 \text{ մկգ}/100 \text{ մ}^3$ ) անգամ բեռնվածքի լայն տիրույթներում տատանման դեպքում:

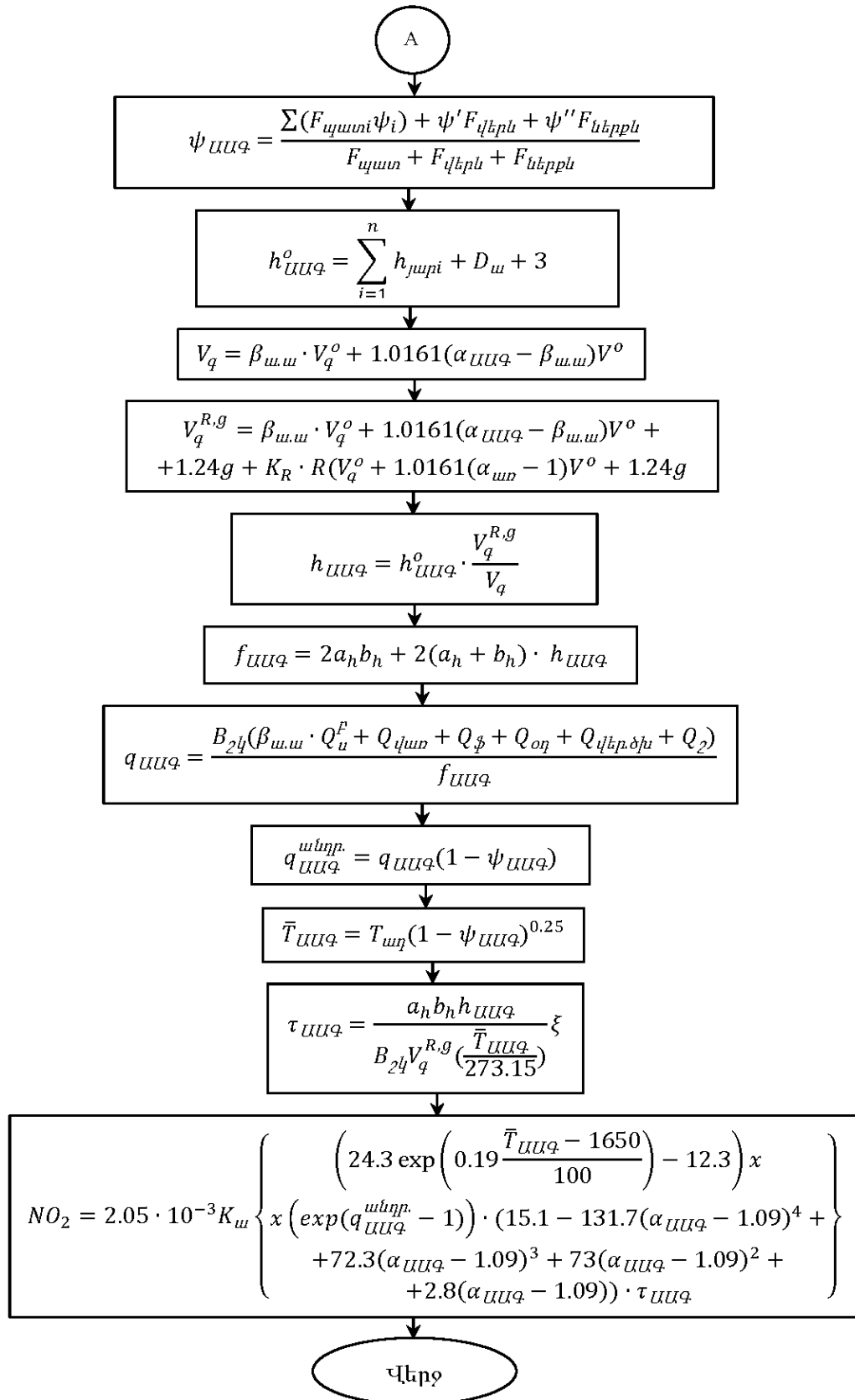
Առաջնորդվելով վերը շարադրված ընդհանրական վերլուծության արդյունքներով և Յրազդանի ՋԷԿ-ի TGM-104 շոգեկաթսայի 12 ճակատային այրիչների՝ 10 հատակային այրիչներով փոխարինման արդյունքում ստացված շահագործման տվյալներով՝ նպատակ է դրվել մշակել այրիչների տարբեր հարմարադասման պարագայում այրման արգասիքներում պարունակվող ազոտի օքսիդների քանակության հաշվարկման ալգորիթմ, որի հիման վրա կառուցված բլոկ-սխեման բերված է նկ. 3.7-ում: Մշակված բլոկ-սխեմայի և Excel ծրագրային փաթեթի կիրառմամբ կատարված հաշվարկների արդյունքները (հավելված 2) վկայում են այն մասին, որ այրիչների հարմարադասման փոփոխությունը, հաշվի առնելով դրանցից յուրաքանչյուրի դեպքում հնոցային տարածության լցվածության գործակիցները և այրման ակտիվ գոտում ծխագազերի



մնալ ու ժամանակամիջոցը, հանգեցնում է այրման ակտիվ գոտում ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցման ( $\Delta T_{\text{սսգ}} = T_{\text{սսգ}}^{\sigma} - T_{\text{սսգ}}^{\text{հստ}} \approx 130\text{Կ}$ ) և հետևաբար նաև ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի նվազեցման [84]: Ընդ որում, ծխագազերի վերաշրջանառության բացակայության դեպքում, այրիչների հարմարադասման փոփոխությունը՝ հնոցային ատրոդինամիկայի և ջերմազանգվածափոխանակության պայմանների բարելավման շնորհիվ, հանգեցնում է թերմիկ NO-ների մոտավորապես 20% նվազման: Այ գործիքները հնարավորություն են էրնձեռում հաշվի առնել նաև վերաշրջանառվող ծխագազերի քանակության, դրանց հնոց մատուցման ձևի, ինչպես նաև այրման գոտի խոնավության կամ շոգու մատուցման դեպքում ազոտի օքսիդների ելքի կրճատումը:



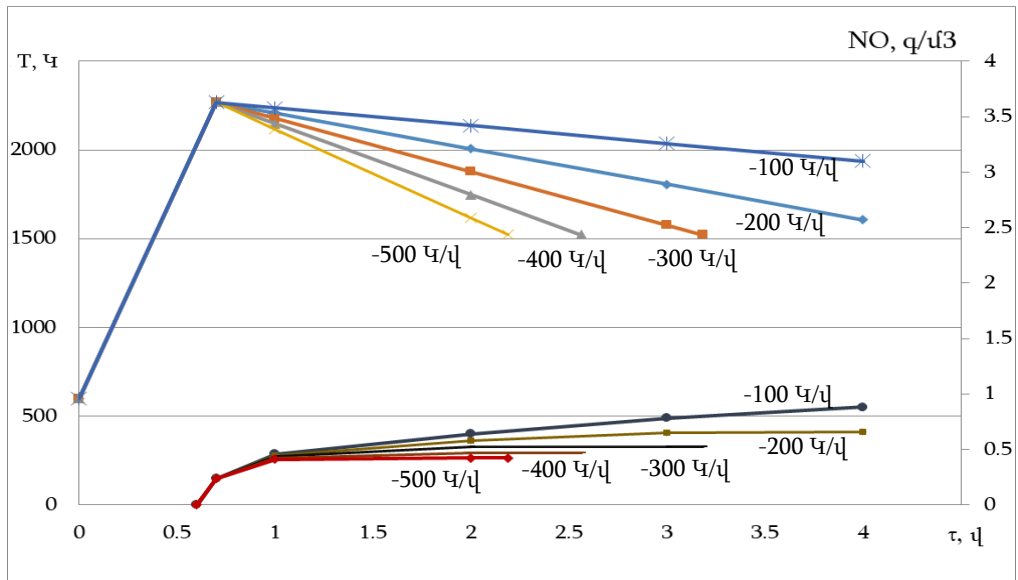
Նկ. 3.7. Այ բոման արգասիքներու մ պարու նակվող ազոտի օքսիդների քանակու թյ ան հաշվարկման բլ ոկ-սխեմա



Նկ. 3.7. Այ բման արգասիքներու մ պարու նակվող ազոտի օքսիդների քանակու թյ ան հաշվարկման բլ ոկ-սխեմա (2 արու նակու թյ ու ն)

Գոյ ու թյ ու ն ու ն ե ց ո ղ տ լ յ ա լ ն եր ի վ եր լ ու ծ ու թ յ ու ն ը վ կ այ ու մ է այ ն մ ա ս ի ն, որ ջ եր մ այ ի ն է լ ե կ տր ա կ այ ան ն եր ու մ հ ե ղ ու կ և գ ա գ այ ի ն վ առ ե լ ի թ ն եր ի այ ը մ ան ար ղ յ ու ն թ ու մ ձ ն ա վ որ վ ո ղ ա գ ո տ ի օ ք ս ի դ ն եր ի ճ ն շ ո ղ մ ե ծ ա մ ա ս ն ու թ յ ու ն ը թ եր մ ի կ NO-եր ն ե ն, որ ո ն ց առ ա ջ ա ց ու մ ը տ ե ղ ի է ու ն ե ն ու մ ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան այ ի ն հ ա մ ե մ ա տ ա ք ա ր փ ո թ ր տ իր ու յ թ ու մ՝  $T_{\text{ուղ.}}^{\text{max}}$ -ի ց մ ի ն չ և  $T_{\text{ուղ.}}^{\text{max}} - \Delta T_{\text{NO}}$ : Գր վ ա ծ տ ա ր ք եր ու թ յ ան վ եր ջ ի ն բ ա ղ կ ա ց ու ց ի չ ը կ ո չ վ ու մ է Դ.Ա. Ֆր ան կ-Կ ա մ ե ն ց կ ու «ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան այ ի ն ա ս տ ի ճ ան» և որ ո շ վ ու մ է հ ե տ ն յ ա լ ար տ ա հ այ տ ու թ յ ա մ բ՝  $\Delta T_{\text{NO}} = R(T_{\text{ուղ.}}^{\text{max}})^2 / E$ , որ ու մ  $T_{\text{ուղ.}}^{\text{max}}$ -ը այ ը մ ան ա կ տ ի վ գ ո տ ու առ ա վ ե լ ա գ ու յ ն ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան ն է, Կ, R-ը՝ ու ն ի վ եր ս ա լ գ ա գ այ ի ն հ ա ս տ ա տ ու ն ը, ի ս կ E-ն՝ ա գ ո տ ի օ ք ս ի դ ն եր ի առ ա ջ ա ց մ ան ռ ե ա կ ց ի այ ի ա կ տ ի վ ա ց մ ան է ն եր գ ի ան, որ ի թ վ այ ի ն ար ժ ե թ ը հ ա վ ա ս ար է 560 կ Ջ /մ ու [85]:

Դե ա ի մ թ ն ու լ որ տ ար տ ա ն ե տ վ ո ղ ա գ ո տ ի օ ք ս ի դ ն եր ի ք ան ա կ ա կ ան փ ո փ ո խ ու թ ու ն ը հ ա ջ վ ար կ ե լ ու հ ա մ ար, կ ա խ վ ա ծ այ ը մ ան ա կ տ ի վ գ ո տ ու ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան ի ց և ջ ա հ ի հ ո վ ա ց մ ան ար ա գ ու թ յ ու ն ի ց, կ ա տ ար վ ե լ ե ն որ ո շ ա կ ի ը ն դ ու ն ե լ ու թ յ ու ն ն եր: Մ ա ս ն ա վ որ ա պ ե ս, ջ ա հ ի ս կ գ բ ն ա կ ան ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան ը ը ն դ ու ն վ ե լ է  $T_0 = 600$  Կ, ի ս կ հ ն ո ց ի վ եր ջ ն ա մ ա ս ու մ ծ խ ա գ ա գ եր ի ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան ը՝  $T_q = 1523$  Կ (որ ա պ ե ս գ ա գ ա մ ա գ ու թ այ ի ն կ ա թ ս ան եր ի հ ն ո ց ի ե լ թ ու մ ծ խ ա գ ա գ եր ի բ ն ու թ ա գ ը ի չ ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան), ջ ա հ ի հ ո վ ա ց մ ան ար ա գ ու թ յ ու ն ը՝  $\varphi_{hmq} = (T_q - T_{\text{ուղ.}}^{\text{max}}) / \tau_{hmq}$ , որ տ ե ղ  $\tau_{hmq}$ -ը  $T_{\text{ուղ.}}^{\text{max}}$ -ի ց մ ի ն չ և  $T_q$  ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան այ ի ն մ ի ջ ա կ այ թ ու մ ծ խ ա գ ա գ եր ի մ ն ա կ ու ժ ա մ ան ա կ ն է, գ ն ա հ ա տ վ ե լ է  $\varphi_{hmq} = -(100 \dots 500)$  Կ/վ տ իր ու յ թ ու մ: Հ ա ջ վ ի առ ն ե լ ո վ վ եր ո ն շ յ ա լ ա կ գ որ ի թ մ ի իր ա կ ան ա ց մ ան ար ղ յ ու ն թ ու մ ս տ ա ց վ ա ծ և հ ա տ ա կ այ ի ն այ ը ի չ ն եր ո վ կ ա հ ա վ որ վ ա ծ TFM-104 շ ո գ ե կ ա թ ս այ ի ջ ա հ ա գ որ ծ մ ան ար ղ յ ու ն թ ու մ Հր ա գ դ ան ի Ջ E Կ- ու մ առ կ ա տ լ յ ա լ ն եր ը՝ ն ա պ ա տ ա կ այ ի ն է հ ա մ ար վ ե լ այ ը մ ան ա կ տ ի վ գ ո տ ու մ առ ա վ ե լ ա գ ու յ ն ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան ը վ եր ց ն ե լ հ ե ն ց հ ա տ ա կ այ ի ն այ ը ի չ ն եր ի տ ե ղ ա կ այ մ ան դ ե ա թ ու մ ս տ ա ց վ ա ծ հ ա ջ վ ար կ այ ի ն ջ եր մ ա ս տ ի ճ ան ը՝ 2267.3 Կ:



Նկ. 3.8. Ջահի հովացման տեմպի ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա

Նկ. 3.8-ում բերված գրաֆիկական առնչությունը պատկերում է ջահի հովացման տեմպի ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա: Ստացված գրաֆիկական առնչությունն ից կարելի է եզրակացնել, որ ջահի հովացման արագության մեծացմանը զուգընթաց յուրաքանչյուր հաջորդ վայրկյանում, պայմանավորված հնոցային խցում ջերմաստիճանի մակարդակի նվազմամբ, առաջացող 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<sup>o</sup>C) առաջացող թերմիկ օքսիդների քանակությունը գրեթե աննշան է լինում: 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  $T_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{max}}$ -ն մոտ 130<sup>o</sup>C-ով գերազանցում է այրիչների հատակային հարմարադասման դեպքում նույնանուն ջերմաստիճանը, իսկ ԱԱԳ-ում առաջացող թերմիկ օքսիդների քանակությունը աճում է մոտ 40%-ով:

### **3.2. Քիմիական եղանակով ծխագազերից ազոտի օքսիդների մաքրման գործընթացի վերլուծություն**

Ծխագազերից քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդների մաքրման գոյություն ունեցող օքսիդացման, վերականգնման և կլանման մեթոդներից լայն կիրառություն են գտել վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ (ՎՍԿ) և ոչ կատալիտիկ (ՎՍՈԿ) մեթոդները: Յեռանկարային են համարվում աբսորբցիոն և ադսորբցիոն կլանիչների կիրառմամբ ծխագազերից ազոտի օքսիդների որսման տարբերակները՝ իրացման ենթակա վերջնարդյունքի ստացման նպատակով (ազոտական թթու, ազոտաթթվային աղեր):

Ոչ կատալիտիկ համակարգերը պարզ են և ի համեմատություն այրիչների վերականգնմանը (կամ փոխարինմանը) թանկ չեն, մինչդեռ ազոտի օքսիդների կրճատումը կազմում է 40...60%: Օդի կամ շոգու հետխառնված ամոնիակը (ՎՍՈԿ և ՎՍԿ մեթոդներում վերջինս օգտագործվում է որպես վերականգնիչ) վերաշրջանառվող գազերի հետ միասին մատուցվում է կաթսայի գազային տրակտի բարձր ջերմաստիճանային տիրույթ (900...1100°C): Ընդ որում, ազոտի օքսիդների արտանետման չափորոշիչների խստացմանը և վերը նկարագրված մեթոդների արժեքի նվազմանը զուգընթաց, վերջիններս դառնում են ավելի մրցունակ, քան ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչների տեղադրումը: NO<sub>x</sub>-երի նվազեցման նպատակով իրականացնում են նաև սելեկտիվ կատալիտիկ և ոչ կատալիտիկ մեթոդների համադրում, ինչը կարող է ի կատար ածվել ըստ հետևյալ սխեմայի՝ բարձր ջերմաստիճանային գոտի ամոնիակի մատուցումը հանգեցնում է NO<sub>x</sub>-երի մասնակի վերականգնման և հեռացող ծխագազերում ամոնիակի պարունակության մեծացման, ինչի շնորհիվ գազատարում կատալիզատորի (փոքր քանակություն) ավելացմամբ տեղի է ունենում NO<sub>x</sub>-երի լրացուցիչ վերականգնում: Այս դեպքում կատալիզատորը տեղաբաշխվում է օդատաքացուցիչի մակերևույթին: Ի համեմատություն ՎՍԿ մեթոդի ՎՍՈԿ մեթոդը չի պահանջում զգալի ներդրումներ, սակայն մաքրման արդյունավետությունը բարձր չէ: Մասնավորապես ՎՍՈԿ մեթոդի

կիրառման դեպքում ազոտի օքսիդների ելքը կրճատվում է երկու անգամ, իսկ ՎՍԿ-ի դեպքում՝ 5...10 անգամ [35, 38]:

Շահագործման փորձը վկայում է այն մասին, որ ՎՍՈԿ մեթոդի իրականացման արդյունքում կարող են ի հայտ գալ որոշակի դժվարություններ, մասնավորապես՝

1. ըստ գազատարի ամբողջ կտրվածքի հնարավոր չէ պահպանել ծխազագերի օպտիմալ ջերմաստիճանը,
2. բեռնվածքի նվազման դեպքում հնարավոր չէ կանխարգելել ջերմաստիճանի փոփոխությունը ռեակցիոն գոտում,
3. ռեակցիոն գոտին բավական չէ ռեակցիայի ավարտման համար,
4. ըստ գազատարի կտրվածքի հնարավոր չէ ամոնիակի այնպիսի բաշխում, որ  $\text{NH}_3/\text{NO}_x$  հարաբերությունը մոտ լինի օպտիմալին:

Բացի վերը նշված խնդիրներից անհրաժեշտ է նշել նաև այն հանգամանքը, որ ազոտի մոնօքսիդի և երկօքսիդի հետ ամոնիակի սելեկտիվ փոխազդեցությունը արդյունավետ ընթանում է  $900...1000^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանային պայմաններում: Ջերմաստիճանի նվազեցման համար օգտագործում են կատալիզատորներ, որոնց արտաքին մակերևույթներին ընթացող ռեակցիաների արդյունքում տեղի է ունենում մոլեկուլյար ազոտի ձևավորում, սակայն բացի այդ գործընթացից կատալիզատորի մակերևույթի վրա 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՝

1. ջերմաստիճանների լայն տիրույթում՝  $\text{NO}_x$ -երից  $\text{N}_2$ -ի վերականգնման բարձր ակտիվություն,
2. ըստ  $\text{NO}_x$ -երի մեծ ընտրողականություն,
3. ծծմբի միացությունների հետ ռեակցիան ցածր ակտիվություն,
4. կարծր մասնիկների քայքայիչ ազդեցության և թունավորման նկատմամբ կայունություն,
5. երկարատև օգտագործման հնարավորություն:

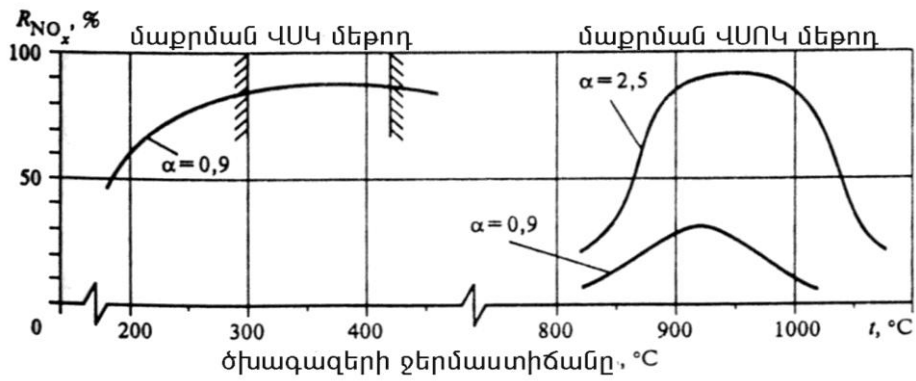
Վերը նշված պահանջներին համապատասխանում են հետևյալ նյութերը՝

1. տիտանի, ալյումինի կամ սիլիցիումի օքսիդ՝ ծակոտկեն ձևով,
2. վանադիումի, մոլիբդենի, վոլֆրամի և այլ մետաղների օքսիդների խառնուրդ:

Տեղակայանքները, որոնցում ծխագազերը սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդով մաքրվում են ազոտի օքսիդներից, առավելագույն արդյունավետությամբ աշխատում են ծխագազերի 340...380°C ջերմաստիճանային միջակայքում: Եթե մաքրման ենթակա ծխագազերի ջերմաստիճանը ցածր է 340°C-ից, ապա անցանկալի ռեակցիաների ընթանալու (օր. NH<sub>3</sub>-ը O<sub>2</sub>-ի հետ) հավանականությունը աճում է, իսկ 450 °C-ից բարձր ջերմաստիճանների դեպքում նվազում է կատալիզատորի արդյունավետությունը:

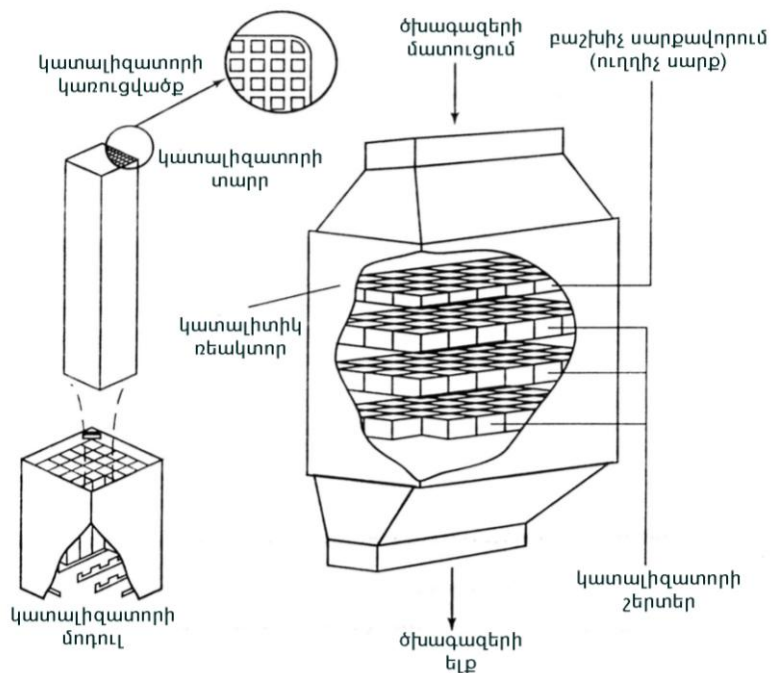
Նկ. 3.9-ում պատկերված է ազոտի օքսիդների մաքրման աստիճանի կախվածությունը ծխագազերի ջերմաստիճանից և ամոնիակի ավելցուկից՝ համապատասխանաբար սելեկտիվ կատալիտիկ և ոչ կատալիտիկ մեթոդների դեպքում: Նկարից երևում է, որ նշված երկու մեթոդների դեպքում էլ ծխագազերի մաքրման արդյունավետությունը, կարող է հասնել 90%-ի, սակայն ամոնիակի ծախսի տեսանկյունից դրանք էապես տարբերվում են: Մասնավորապես, եթե ՎՍԿ մեթոդի դեպքում մաքրման 90% արդյունավետությամբ ապահովվում է NH<sub>3</sub>-ի և NO<sub>x</sub>-ի մոլային հարաբերակցության  $\alpha=0.9$  արժեքի դեպքում (այսինքն ամոնիակը տրվում է պակասորդով), ապա ՎՍՈԿ-ի դեպքում՝  $\alpha=2.5$ : Տեսականորեն հնարավոր է սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդի արդյունավետությունը ավելի մեծացնել, սակայն այս պարագայում կաճի նաև ամոնիակի ծախսը (ամոնիակի ավելցուկը) և հեռացող ծխագազերում չռեակցված ամոնիակի կոնցենտրացիան:





Նկ. 3.9. Սել եկտիվ կատալիտիկ և ոչ կատալիտիկ մեթոդներով ազոտի օքսիդներից ծխազագերի մաքրման աստիճանի կախվածությունը դրանց ջերմաստիճանից

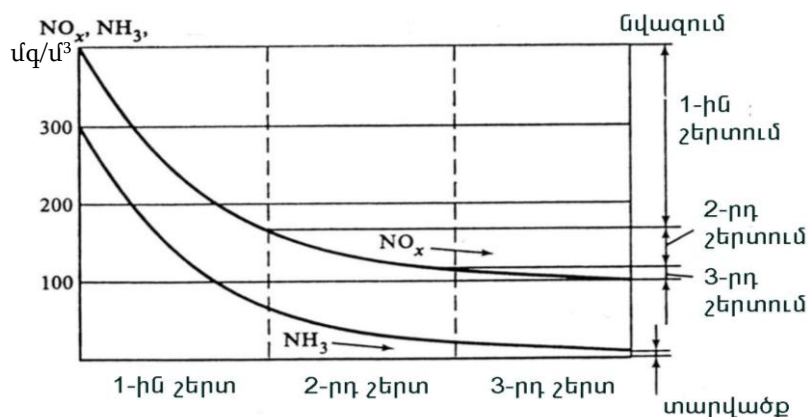
ՎՍԿ տեղակայանքի հիմնական հանգույցը կատալիտիկ ռեակտորն է (Նկ. 3.10), որը կազմված է կերամիկական բջիջներից ձևավորվող մոդուլներից: Վերջիններս կաթսայի գազատարում տեղադրվում են մի քանի շերտերով:



Նկ. 3.10. Կատալիտիկ ռեակտորի կառուցվածքը

Նկ. 3.11-ում պատկերված է եռաշերտ կատալիտիկ ռեակտորով ծխազագերի անցման ընթացքում  $\text{NO}_x$ -երի և  $\text{NH}_3$ -ի կոնցենտրացիայի փոփոխությունը: Նկարից երևում է, որ առավել «ծանրաբեռնված» է առաջին շերտը, որտեղ էլ ընթանում է  $\text{NO}_x$ -երի հիմնական մասի

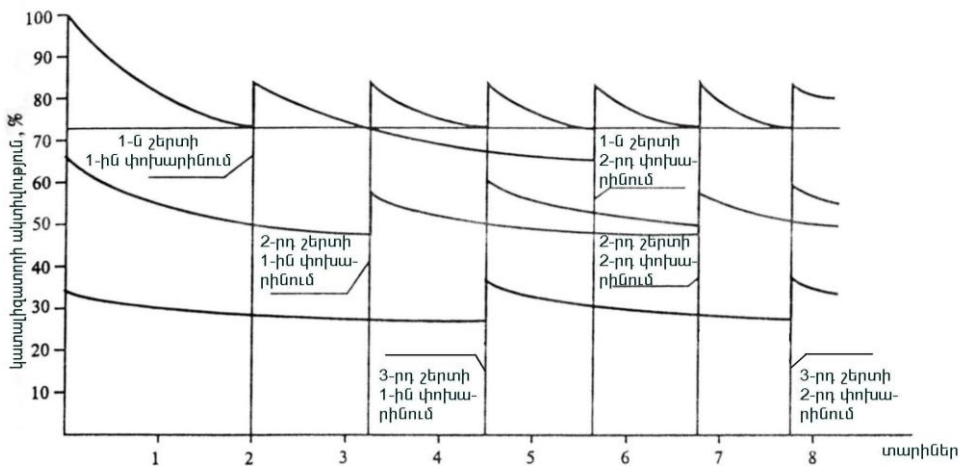
վերականգնումը՝ պայմանավորված ազոտի օքսիդների և ամոնիակի կոնցենտրացիաների տարբերությամբ:



Նկ. 3.11. Եռաշերտ կառուցիտիկ ռեակտորով ծխազագերի անցման ընթացքում  $\text{NH}_3$ -ի և  $\text{NO}_x$ -ի կոնցենտրացիաների փոփոխությունը

Ժամանակի ընթացքում կառուցիտիկ առաջին աշխատանքի արդյունավետությունը նվազում է, ինչը կարելի է կանխարգելել միայն ի հաշիվ ամոնիակի տարվածքի մեծացման: Կառուցիտիկ աշխատանքի երաշխիքային ժամանակահատվածը որոշվում է ամոնիակի նվազագույն տարվածքի դեպքում՝ ռեակտորի ելքում ազոտի օքսիդների չափաքանակների սահմանային պահպանմամբ: Կառուցիտիկ ռեակտորի ակտիվության փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում պատկերված է Նկ. 3.12-ում, որից երևում է, որ կառուցիտիկ բոլոր շերտերի նախնական միևնույն ակտիվության դեպքում դրահետագա փոփոխությունը կախված է շերտի դիրքից:

Կառուցիտիկ արդյունավետ աշխատանքի տևողությունը ածխափոշային վառելիքի դեպքում 2...3 տարի է, մազուլի դեպքում 5, իսկ բնական գազի դեպքում 7 տարի:



*Նկ. 3.12. Ժամանակի ընթացքում եռաչ երտկատալիտիկ ռեակտորի ակտիվությամբ փոփոխությունները և շերտերի մնացորդային ակտիվությամբ օգտագործումը դրանց աստիճանական փոխարինման շնորհիվ*

Ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման և մոլեկուլային ազոտի վերականգնման գործընթացի վրա էական նշանակություն ունի կաթսայի գազատարում ՎՍԿ տեղակայանքի օպտիմալ հարմարադասումը, որն իրականացվում է 2 տարբերակով՝

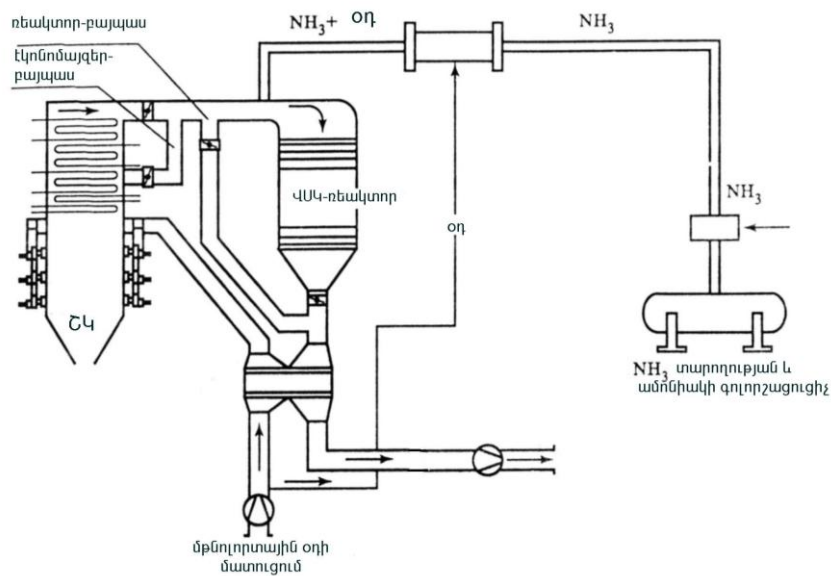
1. ՎՍԿ տեղակայանքը հարմարադասվում է օդատաքացուցիչից առաջ (ջրային էկոնոմայ զերից հետո) այսինքն այնպիսի տիրույթում, որում առկա է մոտավորապես 350°C ջերմաստիճան: Այսպիսի տեղակայանքը կարելի է անվանել «տաք» ՎՍԿ տեղակայանք,
2. ՎՍԿ տեղակայանքը հարմարադասվում է էլեկտրազտիչից և ծծմբորսիչ տեղակայանքից հետո (կարծր և հեղուկ վառելիքի դեպքում): Այսպիսի տեղակայանքը կարելի է անվանել «սառը» ՎՍԿ տեղակայանք:

Ակնհայտ է, որ հարմարադասման տարբերակներից յուրաքանչյուրը ունի և առավելություններ և թերություններ, իսկ տարբերակներից որևէ մեկի ընտրությունը հիմնավորում է տեխնիկատնտեսական հաշվարկը:

Նկար 3.13-ում պատկերված է «տաք» ՎՍԿ տեղակայանքի սխեման: Այս սխեմայի համար որպես առավելություններ կարելի է նշել կատալիտիկ ռեակտորի մուտքում NO<sub>x</sub>-ից մոլեկուլային ազոտի արդյունավետ վերականգնմանը նպաստող օպտիմալ ջերմաստիճանը, ուստի ռեակտորից առաջ ծխագազերի ջերմաստիճանի լրացուցիչ բարձրացում չի պահանջվում: Հարմարադասման այս տարբերակում կաթսայի գիշերային բեռնաթափումից հետո կատալիտիկ ռեակտորի անմիջապես գործարկում հնարավոր չէ, քանզի հեռացող ծխագազերը դեռևս չունեն պահանջվող ջերմաստիճան: Գործարկման-կանգաման ռեժիմների դեպքում «տաք» ՎՍԿ տեղակայանքի նորմալ շահագործման համար պահանջվում է երկու բայպասային գիծ՝ էկոնոմայ զերի բայպաս (էկոբայպաս) և ռեակտորի բայպաս (ռեակտոր բայպաս): Կաթսայի գործարկման դեպքում էկոբայպասի կիրառումը հնարավորություն է ընձեռում կատալիտիկ ռեակտորից առաջ ծխագազերի ջերմաստիճանը արագ բարձրացնել մինչև պահանջվող մակարդակը: Նման եղանակով կարելի է բարձրացնել ծխագազերի

ջերմաստիճանը նաև էներգաբալոկի թերբեռնված ռեժիմով աշխատանքի դեպքում: Կաթսայի կարճաժամկետ կանգառման (գիշերային կանգառում) դեպքում կատալիտիկ ռեակտորում ջերմաստիճանային ռեժիմը կարելի է պահպանել հատուկ ջերմամեկուսացմամբ: Եթե կաթսայի գործարկման կամ կանգառման դեպքում ջրային էկոնոմայ զերից հետո ծխագազերի ջերմաստիճանը ավելի ցածր է քան ջերմաստիճանը կատալիզատորում, ապա ռեակտորի պասիվացման օգնությամբ ծխագազերը շրջանցում են ռեակտորը՝ բացառելով կատալիզատորի հովացումը:

Բայպասների առկայությունը թույլ է տալիս ՎՍԿ տեղակայանքի թողարկման և ամոնիակի մատուցման ժամանակամիջոցը կրճատել մինչև 4 ժամ: Հատուկ փողրակներով ամոնիակը սրսկվում է գազատար: Գազատարում հոսքի հավասարաչափ բաշխման համար մուտքում տեղադրվում են ուղղիչ թիակներ: Բայպասների բացակայության պայմաններում կատալիզատորը տաքացվում է տաք օդով: Կատալիզատորը ձևավորվում է  $TiO_2$ -ի կերամիկական մանրաթելային կրիչից, որը ներծծված է  $V_2O_5$ -ի և  $WO_3$ -ի օքսիդներով: Նշված բաղադրիչները հավասարաչափ բաշխվում են կատալիզատորի մակերևույթին:



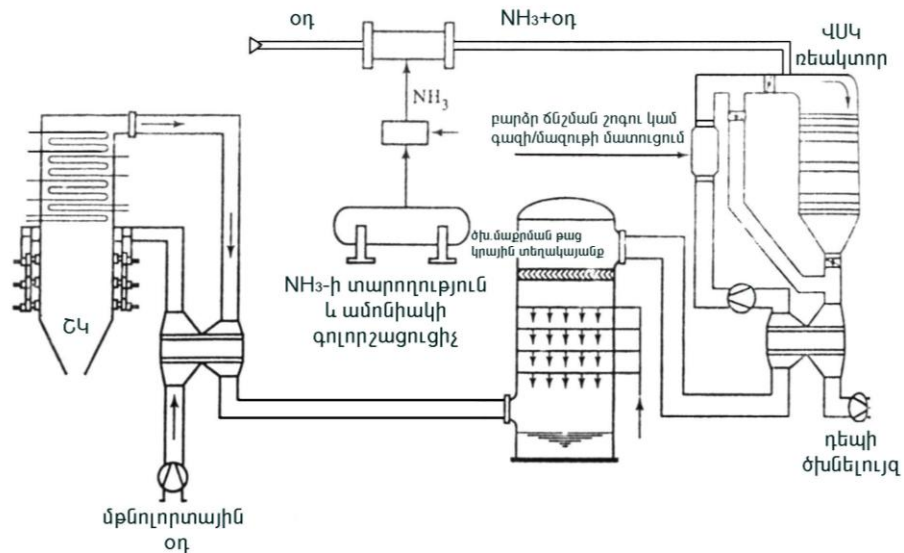
Նկ. 3.13. «Տաք» ՎՍԿ տեղակայանքի սխեմա

Առանց ռեակտոր-բայպասի (միայն էկոբայպասի առկայության դեպքում) ՎՍԿ տեղակայանքի գործարկումը կազմում է 5.8 ժամ, իսկ առանց բայպասների՝ 11.4 ժամ:

«Տաք» ՎՍԿ տեղակայանքի շահագործման ընթացքում մեկ այլ խնդիր է կատալիզատորի մակերևույթի վրա SO<sub>2</sub>-ի կոնվերսիան մինչև SO<sub>3</sub>: Վերջիններս էլ փոխազդելով ամոնիակի հետ առաջացնում են ամոնիակի սուլֆիտ և բիսուլֆիտ, որոնք կարծր վիճակում նպաստում են ռեգեներատիվ օդառաքացուցիչի խցանմանը՝ հանգեցնելով վերջինիս լվացման հաճախականության մեծացմանը: Արդյունքում աճում է լվացման արդյունքում ձևավորվող հոսքաջրերի քանակը և նվազում բլոկի տեղակայված հզորությամբ աշխատածամերի թիվը:

Հաշվի առնելով նշված թերությունները մշակվեց «սառը» ՎՍԿ տեղակայանքը: Նկար 3.14-ում պատկերված է «սառը» ՎՍԿ տեղակայանքի սխեման: Քանի որ ռեակտորի արդյունավետ աշխատանքի համար մաքրման ենթակա ծխազագերի ջերմաստիճանը պետք է լինի մոտավորապես 350°C, ուստի նախքան ռեակտոր մատուցվելը դրանք պետք է տաքացվեն, սակայն ծխազագերի ռեգեներատիվ տաքացումը այս դեպքում բավարար չէ և կազմակերպում են լրացուցիչ տաքացում մագուղի կամ բնական գազի այրման արդյունքում ստացված ջերմությամբ: Հնարավոր է նաև ծխազագերի տաքացում բարձր պարամետրերի շոգով (հատուկ ջերմափոխանակիչում):

«Սառը» ՎՍԿ տեղակայանքի շահագործման ժամանակ կրճատվում է կատալիտիկ ռեակտորի թողարկման ժամանակամիջոցը և հեշտանում դրա հարմարադասումը ընդ որում, այս հանգամանքը հաճախվճռական է լինում գործող կայանում «սառը» ՎՍԿ տեղակայանքի հարմարադասման համար: ՎՍԿ տեղակայանքի շահագործումը կարող է հանգեցնել մի շարք խնդիրների: Որպես այդպիսին կարելի է նշել ամոնիակի տարվածքը: Ճապոնական ֆիրմաներից մեկի տվյալների համաձայն էներգաբլոկի անվանական բեռնվածությամբ աշխատանքի պարագայում կատալիտիկ ռեակտորից հետո ամոնիակի տարվածքը կազմում է մոտ 5 ppm: ՎՍԿ տեղակայանքը բավականին թանկ է:



Նկ. 3.14. «Սառը» ՎՍԿ տեղակայ անքի սխեմա

ՎՍԿ տեղակայ անքով կահավորված ՋԷԿ-երից դեպի մթնոլորտ արտանետվող ազոտի օքսիդների քանակությունը համապատասխանում է Էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներին [32]:

Ընդհանրացնելով § 3.1. և 3.2.-ում շարադրվածը կարելի է եզրակացնել՝

1. ՋԷԿ-երից արտանետվող ազոտի օքսիդների սահմանային թույլատրելի չափաքանակները չգերազանցելու նպատակով իրականացնում են ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական և ծխագազերից քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդների մաքրման 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/մ<sup>3</sup>,
3. հեղուկ և կարծր վառելիքների այրման պարագայում արտանետվող ազոտի օքսիդների թույլատրելի չափորոշիչների պահպանման նպատակով պահանջվում է նաև երկրորդային միջոցառումների իրականացում:



### **3.3. Ազոտի օքսիդների արտանետումների բացառման նպատակով թթվածնային այրման կազմակերպման նախադրյալների ուսումնասիրում**

Թթվածնային միջավայրում այրում կազմակերպելու համար անհրաժեշտ է իրականացնել օդից թթվածնի զատում հետևյալ տարբերակներից որևէ մեկով.

- ✓ ադսորբցիոն,
- ✓ մեմբրանային,
- ✓ կրիոգեն:

Օդում գտնվող յուրաքանչյուր գազային բաղկացուցիչ, կախված իր ֆիզիկական հատկություններից, ունի ադսորբցիայի կոնկրետ աստիճան, ինչով էլ պայմանավորված է ադսորբենտի ընտրությունը: Մասնավորապես, օդից թթվածնի ադսորբման համար օգտագործում են սինթետիկ ցեոլիտային միացություններ, իսկ ազոտի համար՝ սինթետիկ ածխածնային մոլեկուլյար ցանցեր: Ածխածնային ցանցերով ազոտի և թթվածնի ադսորբցիայի աստիճանը գրեթե նույն են, սակայն ազոտի կլանման արագությունը 10 անգամ ավելի փոքր է թթվածնի կլանման արագությունից: Շարադրվածը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ ազոտի մոլեկուլի տրամագիծը ավելի մեծ է թթվածնի մոլեկուլի տրամագծից: Մոլեկուլյար ցանցերի սինթեզման ժամանակ ադսորբցիոն ծակոտու տրամագիծը ընտրվում է այնպես, որ թթվածնի մոլեկուլները ծակոտի մտնեն հեշտությամբ, իսկ ազոտինը՝ ոչ: Վերջնարդյունքում, թթվածնի և ազոտի մոլեկուլների կլանման արագությունների տարբերությամբ էլ հենց կատարվում է օդից ազոտի զատումը:

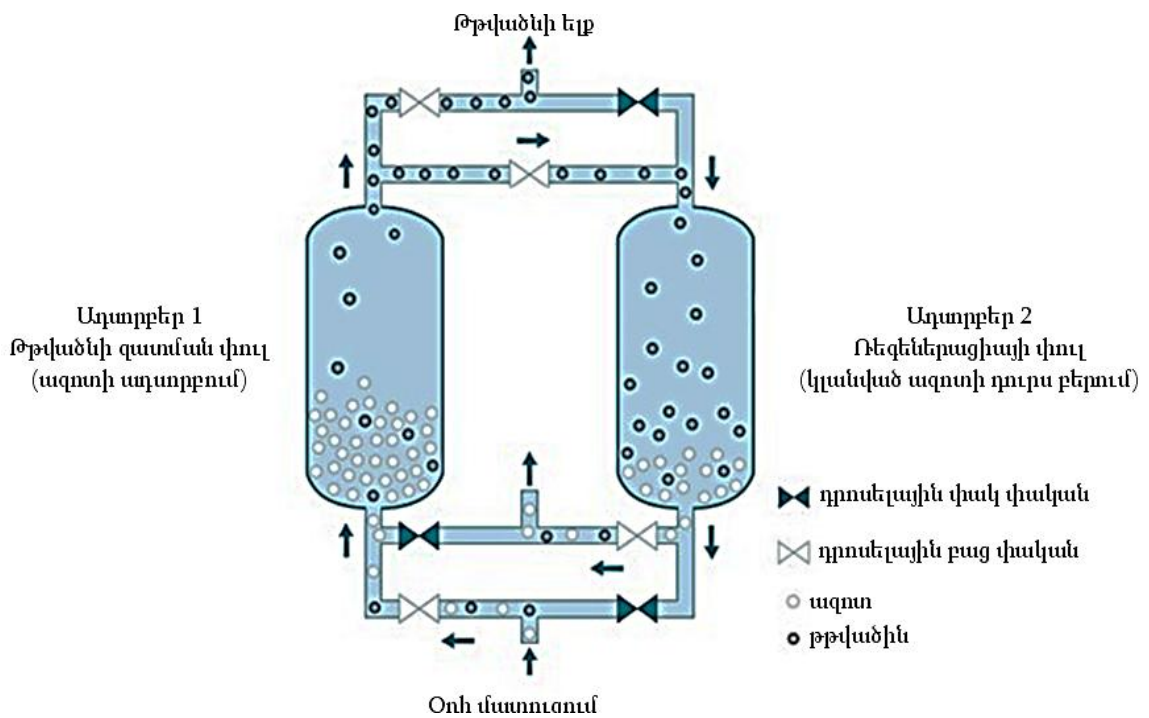
Սինթետիկ ցեոլիտային միացություններին ադսորբվելու ազոտի մոլեկուլների հատկությունը 2 անգամ գերազանցում է թթվածնի մոլեկուլի նույնանուն հատկությանը, ինչն էլ հնարավորություն է ընձեռում կլանելով մոլեկուլյար ազոտը, ստանալ մաքուր թթվածին: Նկ. 3.15-ում պատկերված է ադսորբցիոն թթվածնային տեղակայանքի սկզբունքային սխեման:

Ներկայումս տարածում են գտել օդի ադսորբցիոն զատման մեթոդի 3 տարբերակներ՝



1. ճնշումային (PSA),
2. վակուումային (VSA),
3. խառը (VPSA):

PSA տարբերակի դեպքում թթվածինը գատում են ավելցուկային ճնշման պայմաններում, իսկ ադսորբենտի ռեգեներացիան իրականացվում է մթնոլորտային ճնշման պայմաններում: VSA տարբերակում թթվածինը ստանում են մթնոլորտային ճնշման, իսկ ռեգեներացիան կատարվում է նոսրացման պայմաններում: Ադսորբցիոն գատման խառը (VPSA) տարբերակի դեպքում ճնշումը փոփոխվում է դրականից մինչև բացասական [86,87]:

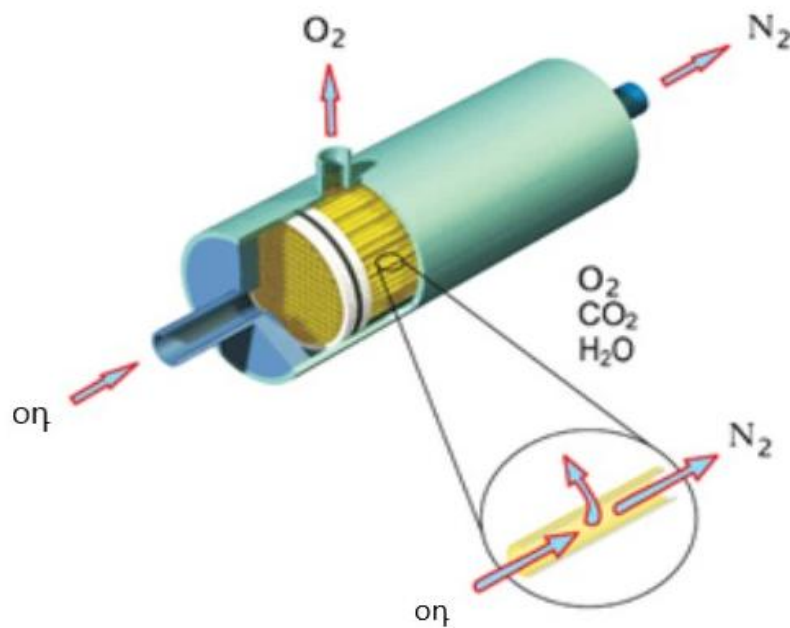


Նկ. 3.15. Ադսորբցիոն թթվածնային տեղակայանքի սկզբունքային սխեմա

Մեմբրանային մեթոդով օդից թթվածնի գատումը կատարվում է ծակոտկեն մանրաթելերի միջով օդի բաղադրիչ գազերի տարբեր արագության ներթափանցման արդյունքում՝ պայմանավորված մեմբրանի տարբեր կողմերում պարզիակ ճնշումների տարբերությամբ: Ծակոտկեն մանրաթելը ունի բարդ ասիմետրիկ կառուցվածք՝ մանրաթելի արտաքին մակերևույթի մոտ պլիմերի ավելի մեծ խտությամբ: Ասիմետրիկ ծակոտկեն պլիմերային մանրաթելերը ունակ են աշխատել բարձր ճնշման պայմաններում (մինչև 6.5 ՄՊա): Մանրաթելային շերտի

հաստությունը չի գերազանցում 0.1 մկմ, ինչը ապահովում է մեմբրանով գազերի բարձր տեսակարար ներթափանցում: Ներկայումս արտադրվում են այնպիսի պոլիմերային միացություններ, որոնք օժտված են սելեկտիվ մեծ ունակությամբ, ինչի արդյունքում ապահովվում է զատված գազերի բարձր մաքրություն:

Օդից թթվածնի զատման ժամանակակից մեմբրանային մոդուլը կազմված է փոխարինվող մեմբրանային քարթրիջից և իրանից (նկ. 3.16): Քարթրիջում մանրաթելային փաթեթի խտությունը կազմում է 500...700մ<sup>2</sup>/մ<sup>3</sup>, ինչը հնարավորություն է ընձեռում նվազեցնել տեղակայանքի չափերը:



Նկ. 3.16. Մեմբրանային քարթրիջի կառուցվածքը և աշխատանքային սկզբունքը

Գոյություն ունեն մեմբրանային մեթոդով օդից թթվածնի զատման երկու տեխնոլոգիաներ՝

1. կոմպրեսորային,
2. վակուումային:

Կոմպրեսորային տեխնոլոգիայի դեպքում օդը ավելցուկային ճնշման տակ է մատուցվում մեմբրաններին, իսկ վակուումայինի դեպքում պարզիալ ճնշումների տարբերությունը ստեղծվում է վակուումային պոմպով:

Ուսումնասիրելով օդից թթվածնի զատման ադսորբցիոն և մեմբրանային մեթոդները, դրանց տեխնոլոգիական իրագործման

նախադրյալները և շահագործման փորձը՝ կարելի է նշել հետևյալ առավել ութ ունները.

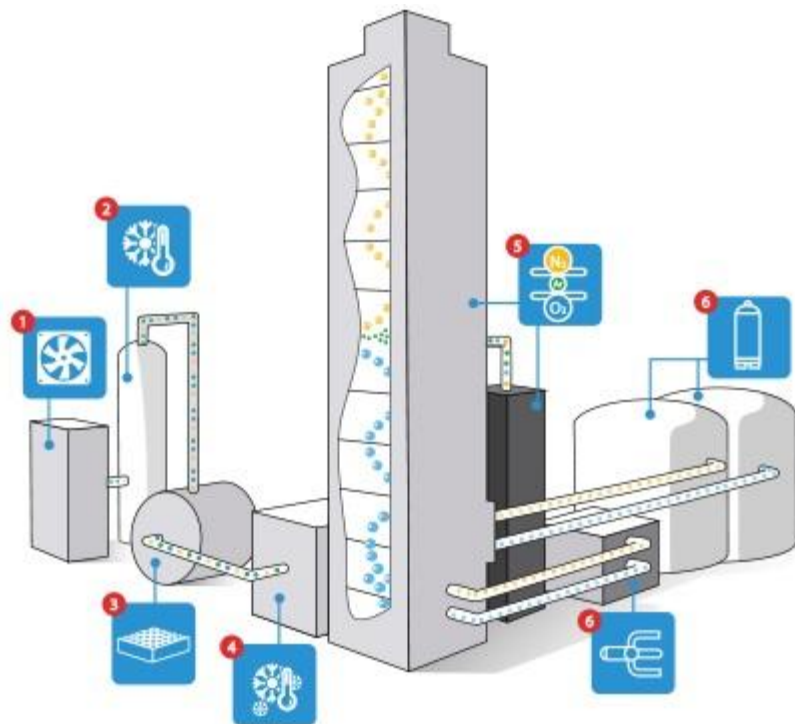
- ավտոմատացման հնարավորությունը,
- համակարգի գործարկման և կանգամանման մեծ արագությունը,
- տեղակայանքի փոքր զանգվածը և չափերը,
- շահագործման հատուկ պահանջների բացակայությունը:

Ադսորբցիոն և մեմբրանային թթվածնային տեղակայանքների թերություններն են՝

- սահմանափակ արտադրողականությունը,
- զատված թթվածնի մաքրության աստիճանը ադսորբցիոն մեթոդի դեպքում կազմում է 95%, իսկ մեմբրանային մեթոդի դեպքում՝ 50%:

Կրիոգեն թթվածնային տեղակայանքներում օդից թթվածնի զատումը կատարվում է ցածրջերմաստիճանային ռեկտիֆիկացիոն մեթոդով՝ շնորհիվ օդի բաղկացուցիչ գազերի եռման տարբեր ջերմաստիճանների:

Կրիոգեն տեղակայանքներում տեխնիկապես մաքուր թթվածնի ստացման համար օդը ենթարկում են խորը հովացման և հեղուկացման (մթնոլորտային ճնշման պայմաններում հեղուկ օդի եռման ջերմաստիճանը  $-194.5^{\circ}\text{C}$  է): Տեխնոլոգիական գործընթացը կատարվում է հետևյալ հաջորդականությամբ (նկ. 3.17):



Նկ. 3.17. Կրիոգեն մեթոդով օդից թթվածնի զատման սկզբու նքային սխեմա  
1. օդի սեղմում, 2,4. օդի սառեցում, 3. օդի մաքրման հանգույց, 5. թթվածնի և ազոտի  
զատում,  
6. կուտակիչ տարողու թյուղներ

Չտիչ երի համակարգում փոշուց մաքրված օդը մատուցվում է բազմաստիճան կոմպրեսորին: Յուրաքանչյուր աստիճանում սեղմվելուց հետո, օդը նախ խոնավագերծվում է և ապա մատուցվում սառնարանային տեղակայանք: Օդում առկա ածխածնի երկօքսիդի կլանման համար նախատեսվում է նաև դեկարբոնիզատորի տեղակայում: Կոմպրեսորի վերջին աստիճանից սեղմված օդը մատուցվում է դետանդեր, որտեղ տեղի է ունենում օդի կտրուկ ընդարձակում, ինչի հետևանքով վերջինս սառում է և հեղուկանում: Յեղուկացված օդը տրվում է ռեկտիֆիկացիոն սյուն, որտեղ էլ կատարվում է ազոտի և թթվածնի զատում և այնուհետև համապատասխան կրիոգեն տարողություներում դրանց կուտակում:

Կրիոգեն մեթոդի համար որպես առավել ություններ կարող ենք նշել՝

- թթվածնի մաքրության բարձր աստիճանը (99.9%),
- մեծ արտադրողականություները (70000մ<sup>3</sup>/ժ),
- միևնույն տեղակայանքում հեղուկ կամ գազային վիճակում գտնվող ազոտի ստացման հնարավորություները:

Կրիոգեն մեթոդի թերություներն են՝

- գործարկման տևողականություները,
- օդից թթվածնի զատման գործընթացի մեծ էներգատարություները:

Վառելիքի այրման տեխնոլոգիական գործընթացի կազմակերպման ժամանակ մթնոլորտային օդի փոխարեն որպես օքսիդիչ թթվածնի օգտագործումն ունի էկոլոգիական միջարք առավել ություններ: Մասնավորապես.

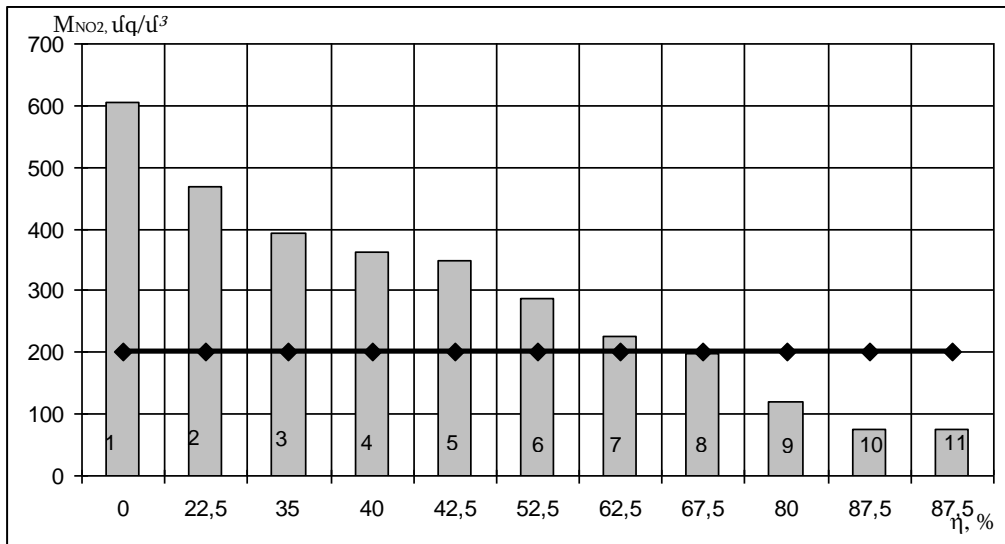
- ✓ թթվածնի պարունակության աճը հանգեցնում է այրման գոտում ջերմաստիճանային մակարդակի բարձրացման և անջատվող ջերմաքանակի մեծացման՝ ապահովելով վառելիքի թերայրման հավանականության նվազում, ՕԳԳ-ի աճ և ազոտի օքսիդների զգալի կրճատում,
- ✓ քանի որ մթնոլորտային օդը 79%-ով կազմված է մոլեկուլյար ազոտից, ապա թթվածնային այրման կազմակերպումը ապահովում է հեռացող ծխագազերի զանգվածային ծախսի նվազում,

- ✓ ծխագազերի զանգվածային ծախսի կրճատումը իր հերթին կհանգեցնի գազամաքիչ տեղակայանքների պահանջվող հզորության և էներգատարության նվազեցման,
- ✓ մթնոլորտային օդից թթվածնի զատման գործընթացի իրականացումը անմիջապես ջերմային էլեկտրակայանում հնարավորություն է տալիս որպես ուղեկցող արգասիք ձևավորվող ազոտը օգտագործել արտադրական գործընթացի որևէ հանգույցում: Մասնավորապես հեղուկների խառնման կամ միջավայրի չեզոքացման համար,
- ✓ վերջնարդյունքում հեռացող ծխագազերի կրճատված ծավալային ծախսը և դրանում CO<sub>2</sub>-ի կոնցենտրացիայի աճը կարող են ստեղծել առավել նպաստավոր պայմաններ CO<sub>2</sub>-ի որսման և թաղման համար, ինչպես նաև նվազեցնել հնարավոր էներգածախսատարությունը [88]:

Վերը շարադրվածից կարելի է եզրակացնել, որ ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումներին և ազոտի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիաներին զուգահեռ, թթվածնով հարստացված կամ թթվածնային միջավայրում այրման գործընթացի կազմակերպումը ունի լուրջ նախադրյալներ՝ էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երում ներդրման համար:

### 3.4. Ազոտի օքսիդների եւ քի նվազեցման միջոցառման ընտրութեան ընդհանուր Էկոլոգիաներու տեսական հիմնավորմամբ

Ընդհանրացնելով § 3.1. և 3.2.-ում շարադրվածը և առաջնորդվելով գազային արտանետումների մաքրման տեսանկյունից Էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներով՝ հաշվարկվել (հավելված 3) և իրականացվել է NOx-երի նվազեցման տարբերակի ընտրութեան, որը տնտեսապես ևս կլիսի արդարացի: Ըստ համադրական վերլուծութեան ենթարկված միջոցառումների մաքրման արդյունավետութեան ներքին, առանձնացվել են նախապես ընտրված չափորոշիչին բավարարողները (նկ. 3.18):

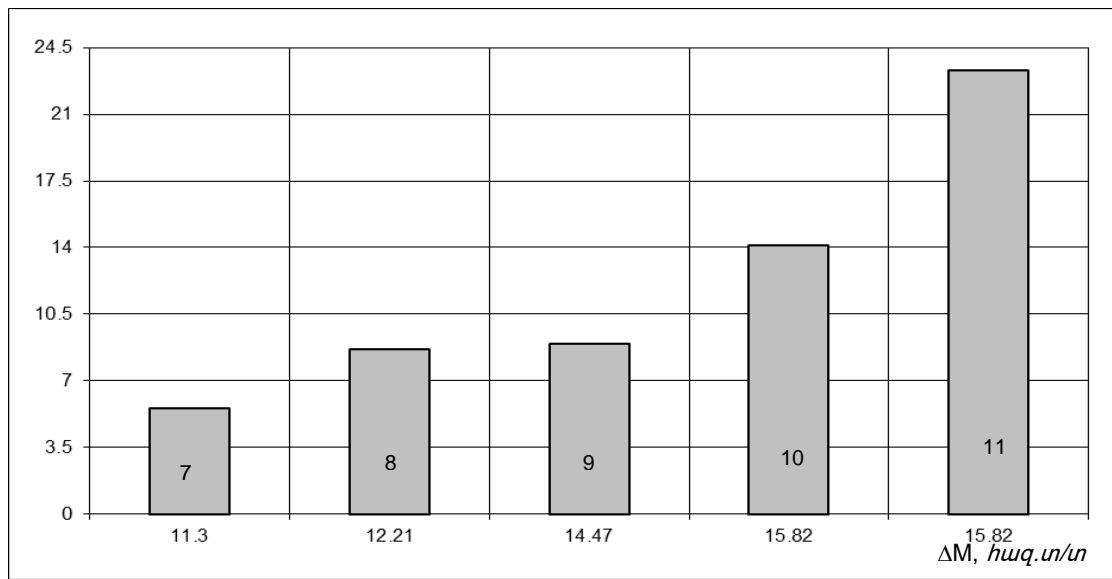


Նկ. 3.18. Էկոլոգիական տեսանկյունից նպատակահարմար տարբերակի ընտրութեան ներքին միջոցառումները բացակայում են, 2. երկաստիճանային, 3. ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչներ, 4. վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ մեթոդ, 5. եռաստիճանային, 6. երկաստիճանային և ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչներ, 7. երկաստիճանային և վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ մեթոդ, 8. եռաստիճանային և ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչներ, 9. եռաստիճանային և վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ մեթոդ, 10. վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդ I, 11. վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդ II

Նկ. 3.18-ում պատկերված գրաֆիկական առնչութեան նկատմամբ է, որ որպէս այդպիսիք հանդես են գալիս 8, 9, 10 և 11 հերթական համարներով նշված միջոցառումները: Սակայն հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ հաշվարկների իրականացման ժամանակ դիտարկված բոլոր միջոցառումների համար մաքրման արդյունավետութեան թվային արժեքները վերցվել են միջինացված,

ուստի 7-րդ համարով նշված միջոցառումը ևս պայմանականորեն համարվել է ընտրված չափորոշիչին բավարարող:

Էկոլոգիական չափորոշիչներին բավարարող առանձնացված միջոցառումների էկոլոգիատնտեսական հիմնավորման ժամանակ նախապատվությունը պետք է տրվի այնպիսիներին, որոնք կուղեկցվեն կապիտալ և շահագործման փոքր ծախսերով, չեն առաջացնի էկոլոգիական բնույթի այլ, ոչ ցանկալի երևույթներ և հնարավորության դեպքում կիրառործվեն շահագործող անձնակազմի ուժերով: Կարևոր է նաև այն հանգամանքը, որ դրանք չունենան էական ազդեցություն կաթսայական տեղակայանքի աշխատանքի հուսալիության և արդյունավետության վրա: NOx-երի նվազեցման միջոցառումների արդյունավետության տեխնիկատնտեսական վերլուծության համար անհրաժեշտ է ծախսերը վերագրել նախընտրելի որևէ չափանիշի: Որպես այդպիսին ընդունվել է բերված ծախսերի մեծությունը, իսկ միջոցառման նախնական ընտրությունը, որովհետև վերլուծվել է կատարել ըստ վերջինիս նվազագույն մեծության (նկ. 3.19):

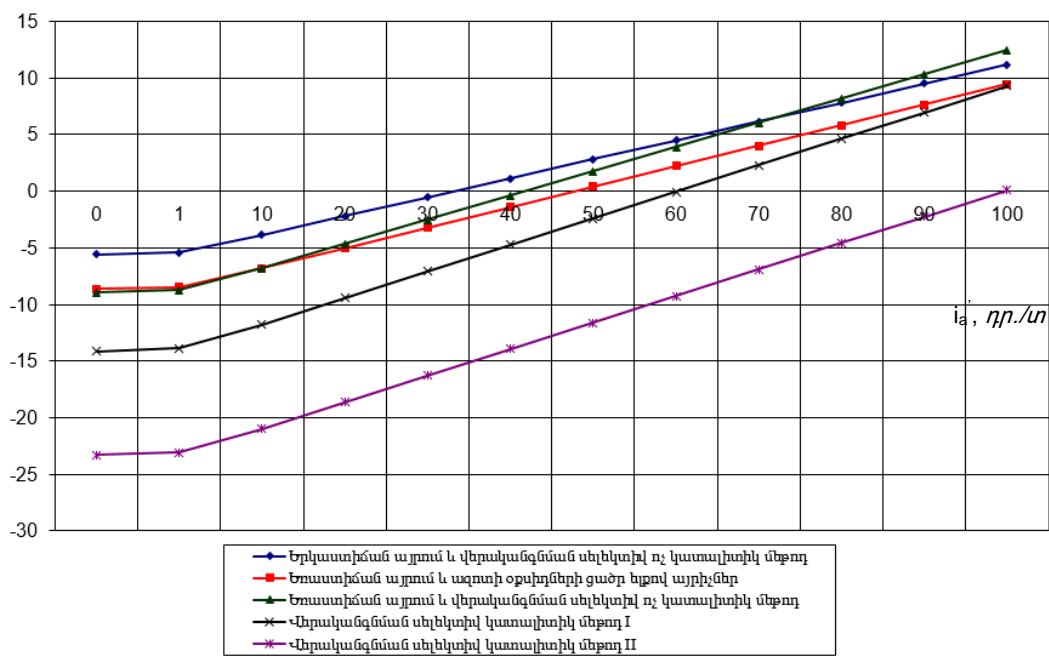


Նկ. 3.19. Բերված ծախսերի կախվածությունը ազոտի օքսիդների նվազեցման չափաբանակից

Ազոտի օքսիդների նվազեցմանը նպատակաուղղված բնապահպանական միջոցառումների տնտեսական արդյունավետությունը (դրանց իրականացումը չի ուղեկցվում ասարանքային վերջնարդյունքի և դրա իրացման դիմաց հավելյալ շահույթի ստացումով) դրսևորվում է միայն խնայված բնապահպանական վճարների ձևով: Նման պարագայում առանձնացված



բնապահպանական միջոցառումների տարեկան տնտեսական արդյունքը, որի մեծության առավելագույն արժեքով էլ կատարվում է տնտեսապես արդարացված միջոցառման ընտրությունը, կորոշվի որպես խնայված բնապահպանական վճարների և դրանք ապահովող միջոցառումների բերված ծախսերի տարբերություն: Սակայն, նկատի ունենալով օդային ավազանն աղտոտող վնասակար միացությունների համար ներկայումս սահմանված ցածր դրույքաչափերը, տարեկան տնտեսական արդյունքն ունենում է բացասական նշանակություն: Գնահատելու համար ազոտի օքսիդների նվազեցման, նպատակով իրականացվող բնապահպանական միջոցառումների տարեկան տնտեսական արդյունքի կախվածությունն արտանետվող միացության համար սահմանված դրույքաչափի մեծությունից՝ վերջիններիս թվային արժեքը համապատասխանաբար մեծացվել է ընդհուպ մինչև 100 անգամ (նկ. 3.20):



Նկ. 3.20. Բնապահպանական միջոցառումների տարեկան տնտեսական արդյունքի կախվածությունն արտանետվող վնասակար միացության համար սահմանված դրույքաչափի մեծությունից

Ստացված գրաֆիկական առնչությունից հանգում ենք այն եզրակացության, որ դրույքաչափը մինչև 30 անգամ մեծացնելու դեպքում դիտարկվող միջոցառումների ընտրությունը կարելի է կատարել նաև ըստ բերված ծախսերի նվազագույնի մեծության: Նշված սահմանից հետո մրցակցող են դառնում 7-րդ և 9-րդ տարբերակները: Վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդների ոչ մրցունակ լինելը, չնայած մաքրման մեծ արդյունավետությանը,

բացատրվում է վերջիններիս տեղակայման և շահագործման մեծ ծախսերով, և միայն դրույթաչափի 100 անգամյա մեծացումն է ապահովում վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդի I տարբերակի ընդգրկում մրցակցող եռյակում, իսկ վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդի II տարբերակը դառնում է տնտեսապես արդարացված, բայց ոչ մրցակցող [89]:

## **ԳԼՈՒԽ 4. ԱՅՐՄԱՆ ԱՐԳԱՍԻՔՆԵՐԻ ԳՈՒՄԱՐԱՅԻՆ ՎՏԱՆԳԱՎՈՐՈՒ ԹՅԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԻ ԵՎ ԹԵՐԱՅՐՄԱՆ ԱՐԳԱՍԻՔՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ ԳՆԱՅԱՏՄԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԱՅԻՆ ԱԼ ԳՈՐԻԹՄՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

### **4.1. Այրման ներհնոցային ռեժիմառեխնով ոգիական գործընթացների վոլյումիան արդյունքում թերայրման արգասիքների առաջացման պայմանների ուսումնասիրում՝ հաշվարկային ալգորիթմի և աշխատանքային ծրագրի մշակմամբ**

Օրգանական վառելիքի այրման արգասիքների բոլոր վնասակար խառնուրդները, հաշվի առնելով դրանց այրման տեխնոլոգիաները, կարելի է բաժանել 2 խմբի: Առաջին խմբին վերաբերում են այն վնասակար նյութերը, որոնց պարունակությունը այրման արգասիքներում շատ քիչ է կախված այրման տեխնոլոգիայից և բավարար ճշտությամբ կարելի է որոշել վառելիքի բաղադրության հիման վրա (ծծմբի երկօքսիդ՝  $SO_2$ , վանադիումի պենտօքսիդ՝  $V_2O_5$ , թաքոլ մոխիր): Երկրորդ խմբի մեջ մտնում են այն նյութերը, որոնց առաջացումը կախված է ինչպես վառելիքի բաղադրությունից, այնպես էլ վառելիքի այրման տեխնոլոգիական և ռեժիմային պայմաններից (ածխածնի մոնօքսիդ՝  $CO$ , ազոտի օքսիդներ՝  $NO_x$ , բենզապիրեն՝  $C_{20}H_{12}$  և այլն) [23]: Սակայն, ՁԵԿ-երի ծխագազերի հետ դեպի մթնոլորտ արտանետվում են ոչ միայն վտանգավոր նյութեր, այլև այնպիսիք, որոնք դասվելով համեմատաբար անվտանգ միացությունների շարքին, բնության և մարդկանց վրա ունենում

են անուղղակի ազդեցութիւնը: Շարադրվածը առավել ասես վերաբերում է ածխածնի երկօքսիդի և ջրային գոլորշիների արտանետումներին: Հաշվի առնելով գլոբալ տաքացման գործընթացին որպէս ջերմոցային գազեր վերջիններիս ունեցած ազդեցութիւնը՝ էկոլոգիապէս անվտանգ ջերմային էլեկտրակայաններում իրականացվում են դեպի մթնոլորտ արտանետվող ջրային գոլորշիների քանակական կրճատման և ածխածնի երկօքսիդի կապակցման տեխնոլոգիական միջոցառումների ներդրում:

Որոշ վնասակար նյութերի միաժամանակյա առկայութիւնը մթնոլորտում կարող է ուժեղացնել դրանց թունավոր ազդեցութիւնը: Այդպիսի նյութերն անվանվում են համուղղված ազդեցութեան նյութեր: Ներկա պահին որոշված են վնասակար նյութերի մի շարք հիմնական համադրումներ, որոնք ունեն գումարային ազդեցութիւն, սակայն ջերմաէներգետիկայի բնագավառի համար առավել մեծ ուշադրութիւն է պահանջում ծծմբային անհիդրիդ և ազոտի երկօքսիդ համադրութիւնը, քանի որ գրեթէ միշտ առկա են վառելիքների գերակշիռ մասի այրման արգասիքներում:

Շահագործման փորձը և կատարված ուսումնասիրութիւնների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ մերձերկրյա շերտում անգամ վերոնշյալ նյութերի սահմանային թույլատրելի խտութիւնների արժեքների պահպանման պարագայում առանձին շրջաններում բնութայանը և տնտեսութայանը հասցված ուղղակի և անուղղակի վնասը զգալի է, ուստի ՍԹԽ-ի պահպանման հետ մեկտեղ առաջանում է ՋԷԿ-երից գումարային արտանետումների նվազեցման խնդիր, որն իր հերթին կախված է օգտագործվող վառելիքի տեսակից և որակից, ինչպէս նաև վնասակար միացութիւններից ծխագազերի մաքրման արդյունավետութիւնից:

Էներգասպառման ներկայիս հարաճուն պահանջարկի բավարարման նպատակով իրականացվում է ՋԷԿ-երի տեղակայված հզորութեան մեծացում և համապատասխանաբար ծխագազերի ծավալային ծախսի աճի պայմաններում, մթնոլորտային օդի պահանջվող որակի ապահովման համար, կարիք է զգացվում կիրառել գազամաքրման առավել արդյունավետ միջոցառումներ և ռեժիմատեխնոլոգիական լուծումներ:

Վնասակար որևէ միացույթյան նվազեցման նպատակով իրականացվող բնապահպանական միջոցառումները կարող են հանգեցնել դեպի մթնոլորտ արտանետվող այլ միացույթյունների քանակական աճի: Մասնավորապես, որպես ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումներ՝ ծխագազերի վերաշրջանառության, վառելիքի «հորիզոնական» և «ուղղահայաց» աստիճանական այրման կազմակերպման, ինչպես նաև այրման ակտիվ գոտի խոնավության սրսկման պարագայում, էական փոփոխության են ենթարկվում և հնոցում ջերմաստիճանային մակարդակը, և թթվածնի քանակությունը, ուստի ազոտի օքսիդների ելքի կրճատմանը նպատակաուղղված այս միջոցառումները միաժամանակ հանգեցնում են նաև արտանետվող ծխագազերում թերայրման արգասիքների՝ ածխածնի մոնօքսիդի և բենզապիրենի, ի հայտ գալու հավանականության մեծացմանը: Կաթսայական ագրեգատում այրման ռեժիմատեխնոլոգիական գործընթացի ոչ ճիշտ կազմակերպվածության արդյունքում ի հայտ եկող թերայրման հանգամանքը և էներգետիկական և էկոլոգիական տեսանկյուններից խիստ անցանկալի է [90]:

Օդային ավազանի աղտոտման հիմնախնդրի համալիր գնահատման պարագայում անհրաժեշտություն է առաջանում հաշվի առնել հեռացող ծխագազերում առկա այնպիսի արտակարգ վտանգավոր նյութի հնարավոր պարունակությունը, ինչպիսին է բենզապիրենը: Ասվածը հիմնավորվում է նրանով, որ բենզապիրենը բլաստոմոգեն նյութ է, որը նպաստում է կենդանի օրգանիզմում նորագոյացությունների (ադենոմա, պապիլլոմա) և ուռուցքների, այդ թվում և չարորակ (քաղցկեղ, սարկոմա) առաջացմանը: Անցանկալի վնասակար հետևանքներն ի հայտ են գալիս օրգանիզմ բենզապիրենի ներթափանցման և կուտակման պատճառով, ընդ որում, գոյություն ունեցող տվյալների վերլուծությանից հայտնի է, որ տարիքային առավել խոցելի շերտը մանուկները և 50 անցանձիք են: Նշված հանգամանքներով է թելարված բենզապիրենի սահմանային թույլատրելի խտության բավականին փոքր արժեքները (բնակելի շրջաններում՝  $U_{\text{թու}} = 10^{-6} \text{ մգ/մ}^3$ , իսկ աշխատանքային գոտում՝  $U_{\text{թու}} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ մգ/մ}^3$ ) [91]:

Գազամազուլթային կաթսայական ագրեգատներից հեռացող ծխագազերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության վրա ազդող գործոններն են.

- հնոցային տարածության ջերմային լարվածությունը,
- հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի արժեքը,
- կաթսայի շոգեբեռնվածությունը,
- ծխագազերի վերաշրջանառության կազմակերպման և դեպի հնոց դրանց մատուցման ձևը,
- աստիճանական այրման դեպքում երկրորդային օդի հնոց մատուցման ձևը,
- այրման ակտիվ գոտի շոգու սրսկումը,
- տաքացման կոնվեկտիվ մակերևույթների մաքրության աստիճանը:

Գրականության վերլուծությունից հայտնի է, որ հեղուկ վառելիքի այրման դեպքում հեռացող ծխագազերում բենզապիրենի քանակությունը ( $մկգ/մ^3$ ) կարելի է գնահատել ստորև բերված կիսաէմպիրիկ բանաձևային առնչությամբ.

$$C_{C_{20}H_{12}} = \frac{25 + 0.05q_v}{(\alpha_h'')^{28}} \cdot 10^{-2} \quad (4.1)$$

որտեղ`

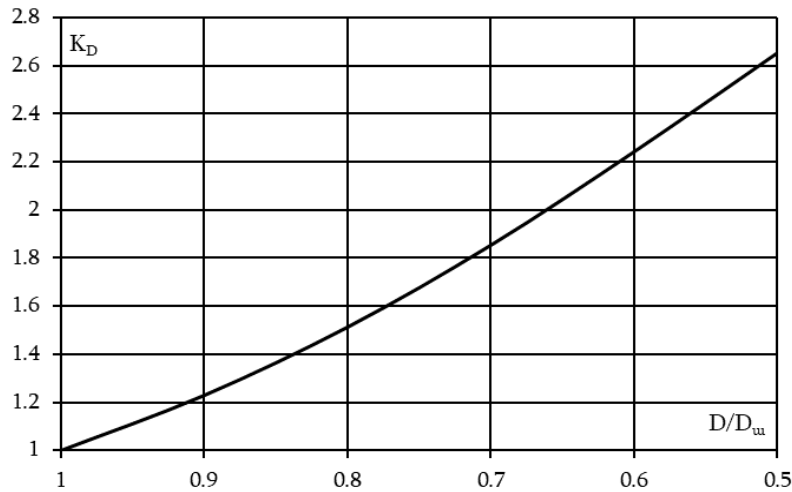
$q_v$ -ն հնոցային տարածության ջերմային լարվածությունն է, կՎտ/մ<sup>3</sup>,

$\alpha_h''$ -ն հնոցի ելքում օդի ավելցուկի գործակիցն է:

Բենզապիրենի քանակության վրա վերը թվարկված գործոնների քանակական գնահատման համար (4.1) բանաձևով ստացված արդյունքները բազմապատկվում էին համապատասխան գործակիցներով: Վերջիններս որոշվում էին գրաֆիկական եղանակով [92], որն առաջացնում էր հաշվարկային սխալի լրացուցիչ մեծացման հավանականություն: Դրանից խուսափելու և ծրագրավորման գործառնությունը դյուրիանացնելու նպատակով առաջարկվում է ինդրի լուծման առավել կիրառելի տարբերակ՝ ռեգրեսիոն վերլուծության միջոցով համապատասխան մաթեմատիկական արտահայտությունների ստացմամբ:

Գիշերային ժամերին բեռի անկման, գործարկման և կանգաման ռեժիմների, մասնակի բեռնվածքներով էներգաբլոկի շահագործման

պարագայում այրման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակությունն աճում է: Պարզելու համար կաթսայի շոգեբռնվածության ազդեցությունը դեպի մթնոլորտ արտանետվող բենզապիրենի քանակության վրա, առաջարկվում է նկար 4.1-ում պատկերված  $K_D$  գործակցի որոշման գրաֆիկական առնչությունը փոխարինել ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքում ստացված (4.2) արտահայտությամբ:



Նկ. 4.1. Ծխազագերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության վրա կաթսայի շոգեբռնվածության ազդեցությունը հաշվի առնող  $K_D$  գործակցի որոշման գրաֆիկական առնչությունը

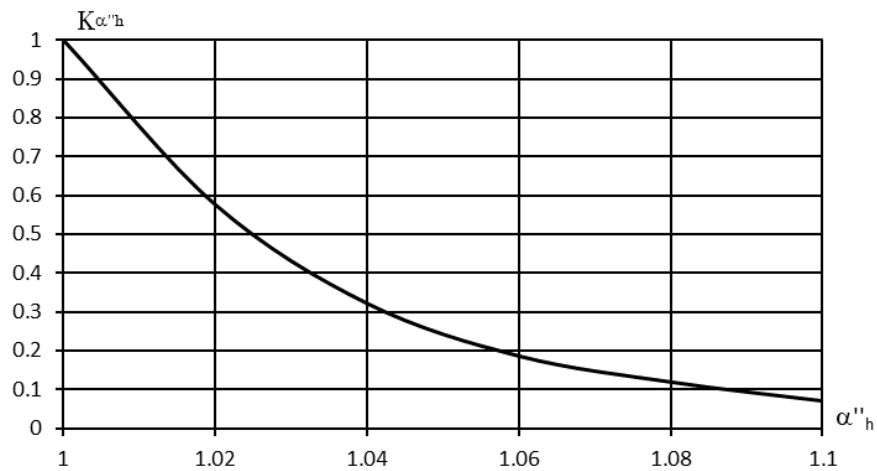
Գազամազոնային կաթսաների անվանական շոգեարտադրողականությունից մինչև նվազագույն թույլատրելի 50% բռնվածության տիրույթում  $K_D$  գործակցի հաշվարկման համար առաջարկվում է հետևյալ արտահայտությունը.

$$K_D = \frac{1.3782}{0.3782 + \left(\frac{D}{D_w}\right)^{2.821}} \quad (4.2)$$

Շոգեկաթսայի բռնվածության նվազեցումը հանգեցնում է դեպի մթնոլորտ արտանետվող բենզապիրենի քանակության աճին՝ պայմանավորված հնոցային խցում ջերմաստիճանային մակարդակի անկման հետևանքով թերայրման հավանականության մեծացմամբ: Արդյունքում 4.1 արտահայտությունը ստանում է ստորև բերված տեսքը.

$$C_{C_{20}H_{12}} = K_D \cdot \frac{25 + 0.05q_v}{(\alpha_h'')^{28}} \cdot 10^{-2} \quad (4.3)$$

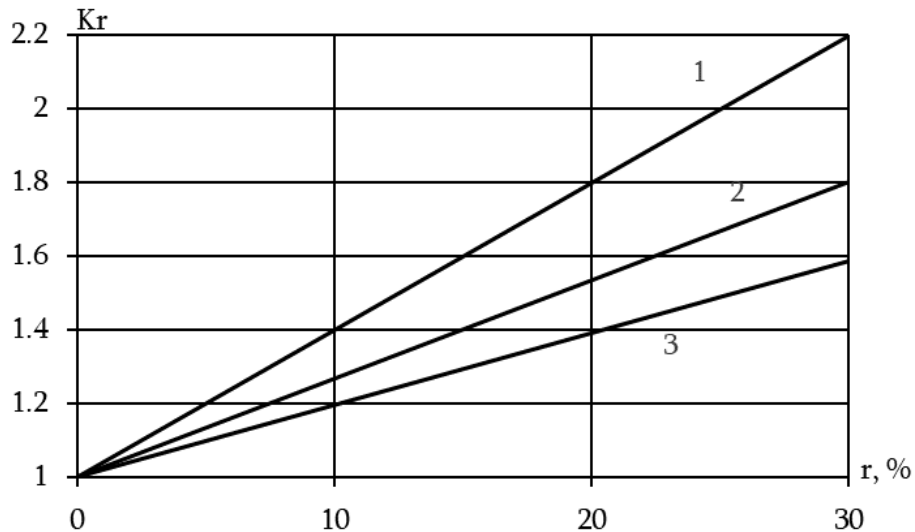
Ինչպես արդեն նշվել է օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցման հետևանքով ազոտի օքսիդների ելքի կրճատումը միաժամանակ ուղեկցվում է նաև արտանետվող ծխագազերում բենզապիրենի քանակության աճով, ուստի  $\alpha_h''$ -ի ելակետային արժեքից ցածր արժեքների դեպքում 4.1 արտահայտության հաշվարկային արդյունքը պետք է բազմապատկել համապատասխան  $K\alpha_h''$  գործակցով, որի հաշվարկման մաթեմատիկական արտահայտությունը (4.4) ստացվել է նկար 4.2-ում բերված է գրաֆիկական առնչության ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքում.



Նկ. 4.2. Ծխագազերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության վրա օդի ավելցուկի գործակցի նվազման ազդեցությունը հաշվի առնող  $K\alpha_h''$  գործակցի որոշման գրաֆիկական առնչությունը

$$K_{\alpha_h''} = 1351.8 - 3725.09\alpha_h'' + 3424.06(\alpha_h'')^2 - 1049.77(\alpha_h'')^3 \quad (4.4)$$

Նկար 4.3-ից երևում է, որ դեպի հնոց վերադարձանաձևով ծխագազերի մատուցումը, անկախ դրանց տրման ձևից և տեղից, ևս հանգեցնում է հեռացող ծխագազերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության մեծացման: Ծարադրվածը պայմանավորված է վերադարձանաձևով ծխագազերի «ցածր» ջերմաստիճանի հետևանքով ԱԱԳ-ում առավելագույն ջերմաստիճանի նվազեցմամբ և որպես վերջնարդյունք վառելիքի թերայրման հավանականության աճով:



Նկ. 4.3. Դեպի հնոց վերաշրջանավորող ծխագազերի մատուցման ձևի ազդեցությունը բենզապիրենի առաջացման գործընթացի վրա

1. վերաշրջանավորող ծխագազերը խառնվում են այրման համար տրվող օդին,
2. վերաշրջանավորող ծխագազերը հնոց են մատուցվում հիմնական այրիչ ներքի տակ տեղակայված տուլ փախողովակներով,
3. վերաշրջանավորող ծխագազերը հնոց են մատուցվում հիմնական այրիչ ներքին հանդիպակաց տեղակայված տուլ փախողովակներով

Ծխագազերի վերաշրջանավորման հետևանքով բենզապիրենի քանակության աճի գնահատման մաթեմատիկական արտահայտությունը ներքևի հետևյալն է.

- վերաշրջանավորող ծխագազերը խառնվում են այրման համար տրվող օդին՝

$$K_r = 0.04r + 1 \quad (4.5)$$

- վերաշրջանավորող ծխագազերը հնոց են մատուցվում հիմնական այրիչ ներքի տակ տեղակայված տուլ փախողովակներով՝

$$K_r = 0.0267r + 1 \quad (4.6)$$

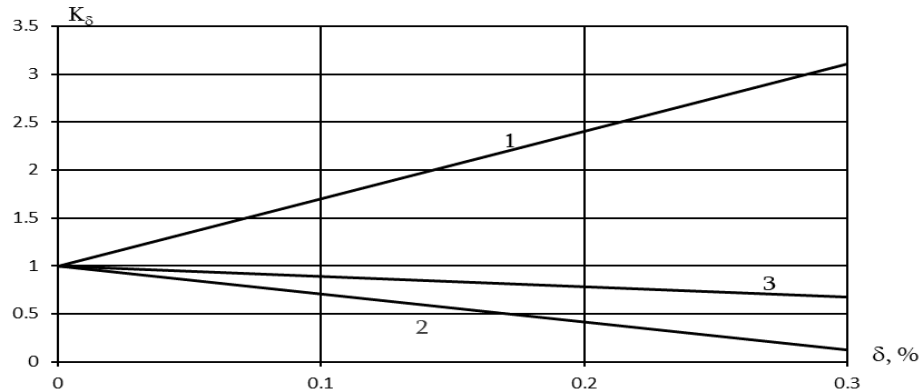
- վերաշրջանավորող ծխագազերը հնոց են մատուցվում հիմնական այրիչ ներքին հանդիպակաց տեղակայված տուլ փախողովակներով՝

$$K_r = 0.0196r + 1 \quad (4.7)$$

Վառելիքի աստիճանական այրումը, կախված վերջինիս կազմակերպման ձևից, կարող է բերել հեռացող ծխագազերում բենզապիրենի քանակության և աճի և նվազեցման: Մասնավորապես, «ուղղահայաց» աստիճանական այրման կազմակերպման դեպքում, երբ երկրորդային օդը մատուցվում է ջահի վերջնամաս, ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցման հետևանքով բենզապիրենի քանակությունը աճում է (նկ. 4.4. գրաֆիկ 1): «Յորիզոնական» աստիճանական այրման դեպքում երկրորդային օդը մատուցվում է ջահի նախքան առավելագույն ջերման ջատման տիրույթ, ինչի



արդյունքում վառելիքի վերջնայրման համար ստեղծվում են նաաստավոր պայմաններ՝ հանգեցնելով առաջացող բենզապիրենի քանակության նվազման (նկ. 4.4. գրաֆիկ 2): Նմանօրինակ օրինաչափությունն նկատվում է նաև, երբ անջատվում են վերին յարուսիայրիչների կեսը (ըստվառելիքի) (նկ. 4.4. գրաֆիկ 3):



Նկ. 4.4. Վառելիքի աստիճանական այրման ազդեցությունը բենզապիրենի առաջացման գործընթացի վրա

1. «նւղղահայաց» աստիճանական այրում, 2. «հորիզոնական» աստիճանական այրում, 3. աստիճանական այրում, երբ անջատված են վերին յարուսիայրիչների կեսը (ըստվառելիքի)

Ըստ վերը նկարագրված հաջորդականության ներկայացվում են  $K_{\delta}$  գործակցի առաջարկվող մաթեմատիկական արտահայտությունները՝

- «նւղղահայաց» աստիճանական այրում՝

$$K_{\delta} = 7.0263\delta + 1 \quad (4.8)$$

- «հորիզոնական» աստիճանական այրում՝

$$K_{\delta} = -2.916\delta + 1 \quad (4.9)$$

- աստիճանական այրում, երբ անջատված են վերին յարուսիայրիչների կեսը (ըստվառելիքի)՝

$$K_{\delta} = -1.071\delta + 1 \quad (4.10)$$

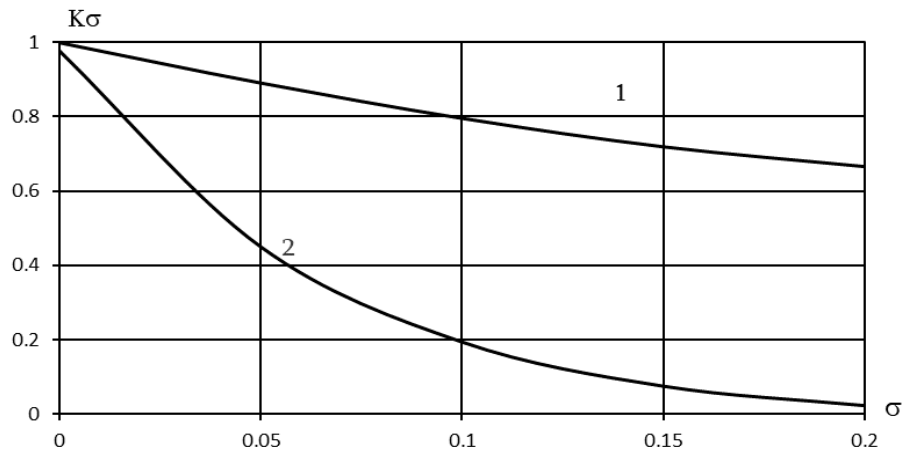
Առաջացող բենզապիրենի քանակության վրա ԱԱԳ խոնավության մատուցման ազդեցությունը գնահատելու համար առաջարկվում են 4.11 և 4.12 արտահայտությունները, որը ստացվել է նկ. 4.5-ի ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքում:

- խոնավությունը մատուցվում է այրման համար տրվող օդի հետ՝

$$K_{\sigma} = 1 - 2.2712\sigma + 1.7272\sigma^2 + 6.4783\sigma^3 \quad (4.11)$$

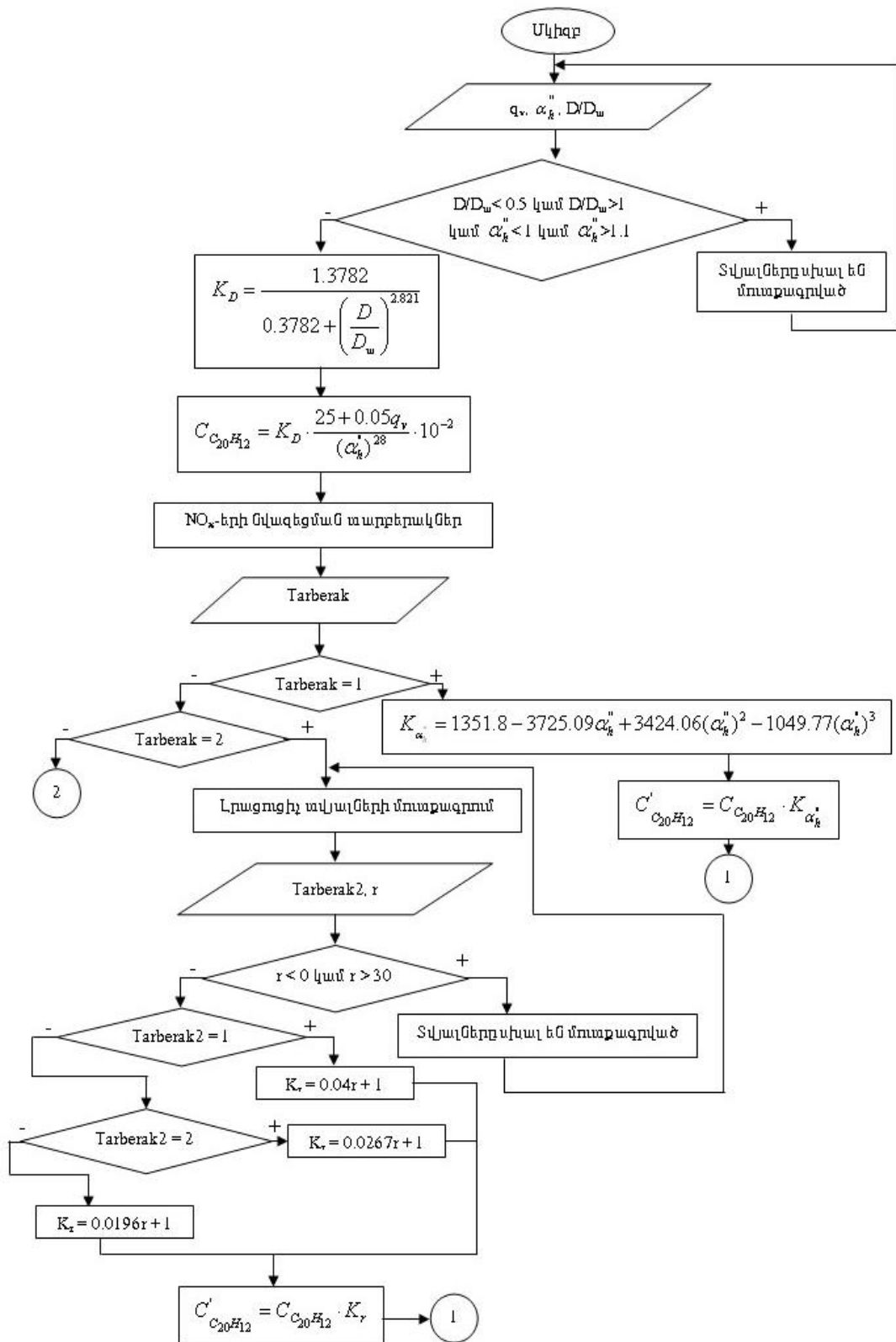
- խոնավությունը մատուցվում է անմիջապես ԱԱԳ՝

$$K_{\sigma} = (0.9991 - 1.175\sigma)^{12.564} - 0.0117 \quad (4.12)$$

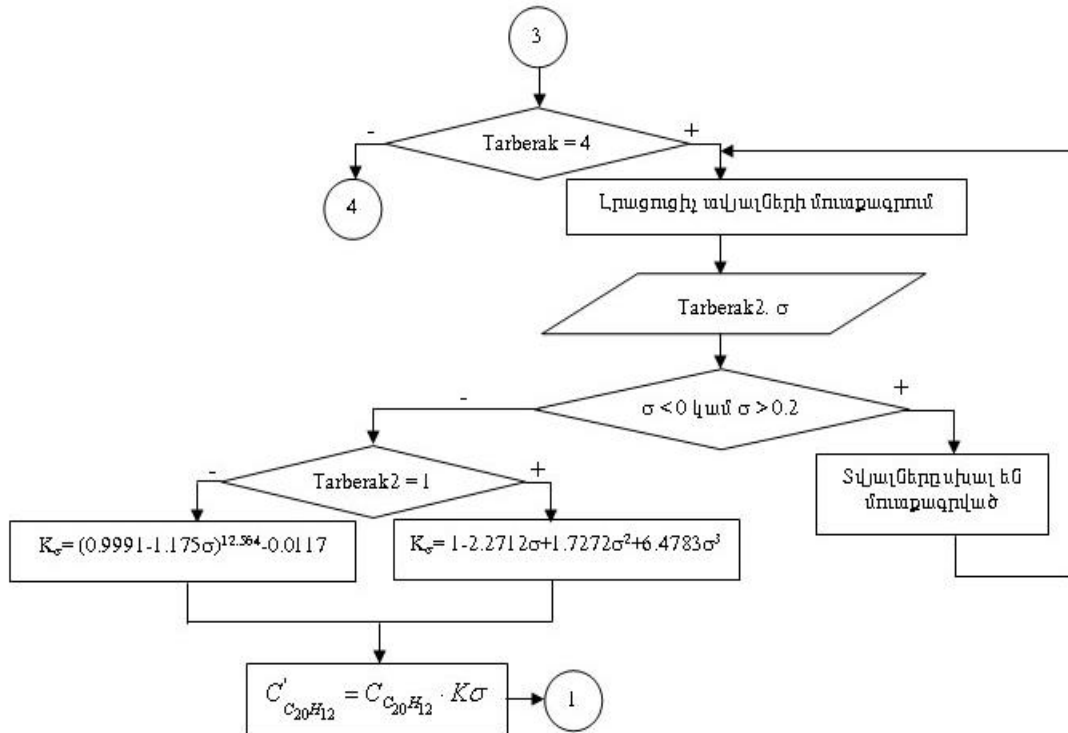
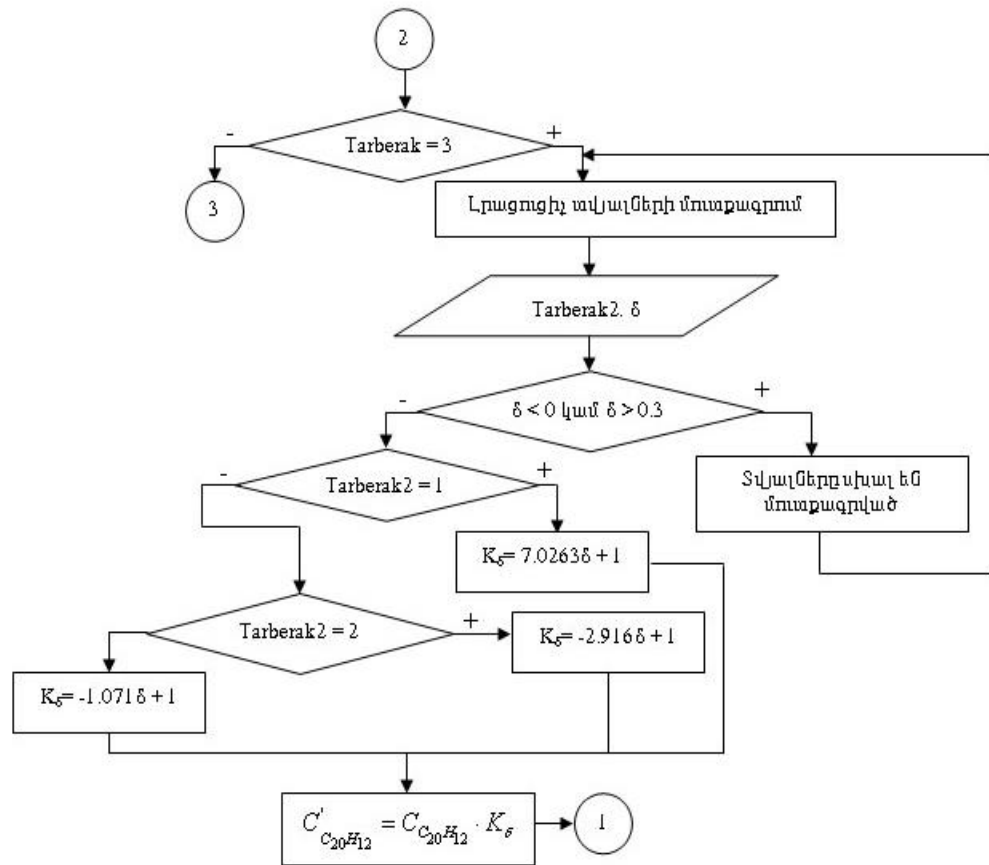


Նկ. 4.5. ԱԱԳ խոնավու թյ ան մատուցման ազդեցու թյ ու նը բենզապիրենի քանակու թյ ան վրա  
 1. խոնավու թյ ու նը մատուցվու մ է այ ղման համար տրվող օդի հետ,  
 2. խոնավու թյ ու նը մատուցվու մ է անմիջապես ԱԱԳ

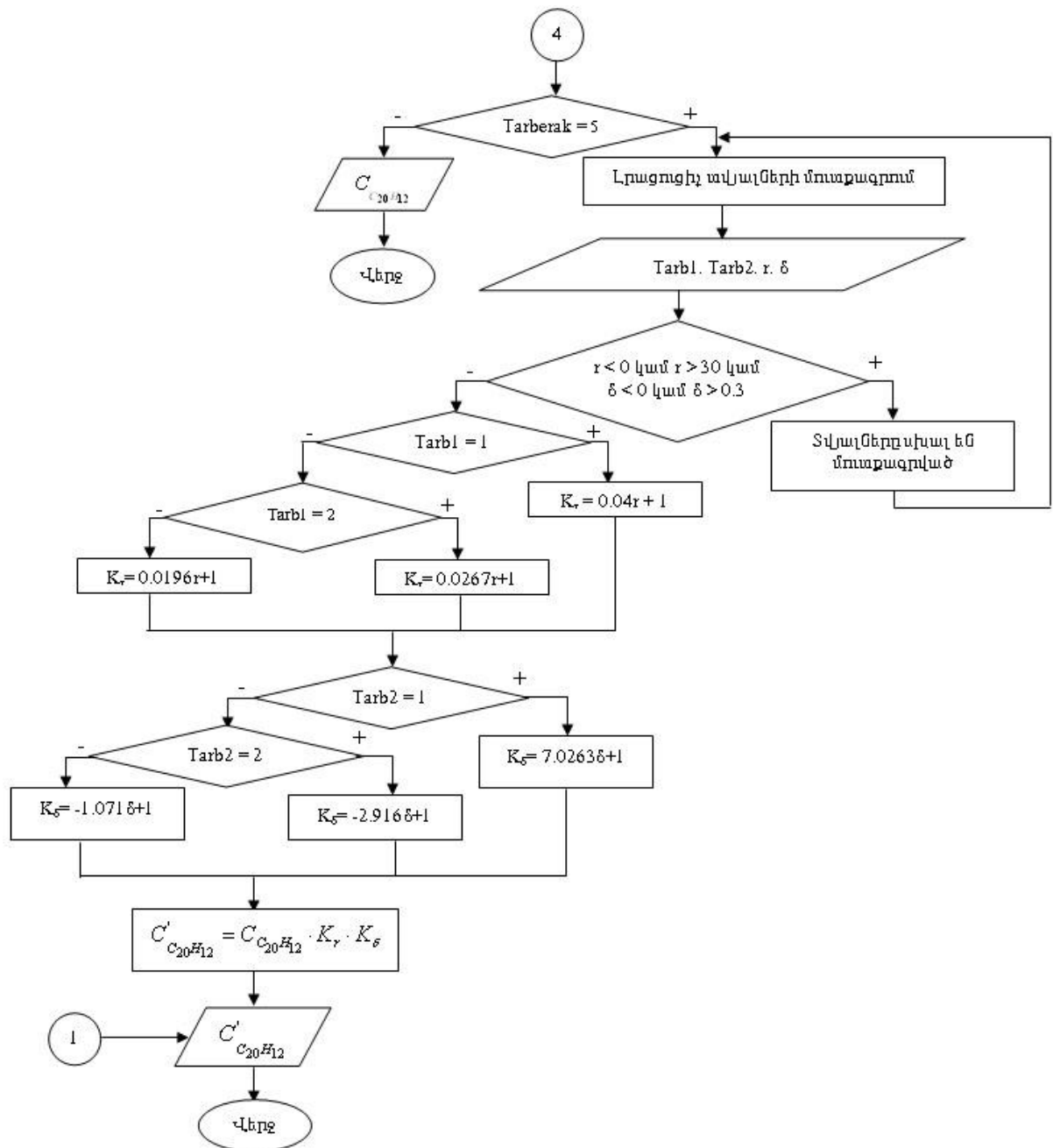
Ստացված մաթեմատիկական արտահայտու թյ ու ների հիմնական մասի սխալ անքը չի գերազանցու մ 1%-ը, մնացածներինը՝ գտնվու մ է մինչև 3% տիրու յ թու մ: Ռեգրեսիոն վերլուծու թյ ան արդյ ու նքու մ ստացված բանաձևերով կարելի է բավականին ճշգրիտ հաշվարկել դեպի մթնոլորտ արտանետվող թերայ ղման արգասիքների քանակու թյ ու նը: Ըստ այ դմ, մշակվել է այ ղման արգասիքներու մ պարու նակվող բենզապիրենի քանակու թյ ան որոշման ալ գորիթմ, որի հիման վրակառուցված բլոկ-սխեման բերված է ստորև (Նկ. 4.6):



Նկ. 4.6. Այ բման արգասիքներու մ պարու նակվող բենզապիրենի քանակու թյ ան հաշվարկման բլ ոկ-սխեմա



Նկ. 4.6. Այ բման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակության հաշվարկման բլոկ-սխեմա (2 արուև նակուև թյ ուև)



Նկ. 4.6. Այրման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակության հաշվարկման բլոկ-սխեմա (շարունակություն)

Ատենախոսություն և կատարման ընթացքում մշակված բլոկ-սխեման հնարավորություն է ընձեռում նախապես գնահատել այրման արգասիքներում բենզապիրենի քանակությունը՝ հնոցային տարածության ջերմային լարվածության տրված մեծության, հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի ելակետային արժեքի և կաթսայի փաստացի շոգեարտադրողականության դեպքում, այնուհետև դիտարկվում է ազոտի օքսիդների ելքի ճնշման

նպատակով իրականացվող միջոցառումների ազդեցությունը դեպի մթնոլորտ արտանետվող բենզապիրենի քանակության վրա՝ համապատասխան գործակիցների հաշվարկմամբ: Մշակված բլոկ-սխեմայի հիման վրա ստեղծվել է հաշվարկային ծրագրի (հավելված 4), որի աշխատանքային դաշտում մուտքագրելով պահանջվող ելակետային տվյալները, նշելով իրականացվող ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումներից որևէ մեկը և վերջինիս բնորոշող Լրացուցիչ տվյալները, կատարվում է հաշվարկային արդյունքների արտապատկերում: Թվարկված գործողությունների կատարումից հետո աշխատանքային դաշտը ստանում է նկար 4.7-ում ներկայացվող տեսքը [93]:

Այրման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակության հաշվարկման ծրագիր			
q <sub>բ</sub> :	350	կ <sup>վ</sup> լուս/ժ <sup>3</sup>	
α <sub>հ</sub> :"	1.05		[1...1,1]
D/D <sub>տ</sub> :	1		[0,5...1]
<input type="button" value="Ձեռնել"/> <input type="button" value="Հաշվել"/>			

Ազոտի օքսիդների կրճատման միջոցառումների իրականացում
1. Օդի ալիելցուկի գործակիցի ազդեցությունը ծխազագերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության վրա
2. Վերադրջանառվող ծխազագերի հնուց մատուցման ձևի ազդեցությունը այրման արգասիքներում առկա բենզապիրենի քանակության վրա
3. Ատոհիճանակյան այրման ազդեցությունը ծխազագերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության վրա
4. Այրման սկիզբի գոտի խոնավության մատուցման ազդեցությունը այրման արգասիքներում առկա բենզապիրենի քանակության վրա
5. Ծխազագերի վերադրջանառության և ատոհիճանակյան այրման միաժամանակյա իրականացում
6. Ազոտի օքսիդների ախազեցման որևէ միջոցառում չի իրականացվում

Հաշվարկային արդյունքներ	
$C_{\text{benz}} = 0.2607 \text{ մկգ/մ}^3$	

Լրացուցիչ տվյալներ		
1. «Ռուդրանիայաց» ատոհիճանակյան այրում <input checked="" type="radio"/>		
2. «Հորիզոնակյան» ատոհիճանակյան այրում <input type="radio"/>		
3. Վերին շարքի (յարտակի) այրիչների կեսը անջատված են <input type="radio"/>		
δ:	0.2	[0...0,3]
<input type="button" value="Հաշվել"/>		

Նկ. 4.7. Հաշվարկային ծրագրի աշխատանքային դաշտ

Ընդհանրացնելով հարկ է նշել, որ գրաֆիկական առնչությունների փոխարինումը մաթեմատիկական մոդելներով հնարավորություն է ընձեռում կառուցել այրման արգասիքներում բենզապիրենի քանակության հաշվարկման ալգորիթմը՝ զգալիորեն

փոքրացնելով սուբյեկտիվ սխալի հավանականությունը և մեծացնելով հաշվարկների ճշտությունը:

## **4.2. Այրման արգասիքների գումարային վտանգավորության աստիճանի հաշվարկային և գործիքային մշակումը և ծրագրային իրականացմամբ վերլուծությունը**

§ 4.1-ում կատարված վերլուծությունը ապացուցում է, որ ազոտի օքսիդների ելքի նվազման նպատակով իրականացվող ռեժիմառեկոնստրուկտիվային միջոցառումներից որոշները մեծացնում են հեռացող ծխազազերում թերայրման արգասիքների ի հայտ գալու հավանականությունը: Ստեղծված իրավիճակում էկոնոմիկական չափորոշիչների գերակայությունն առաջարկվում է իրականացնել հետևյալ պայմանի ապահովմամբ.

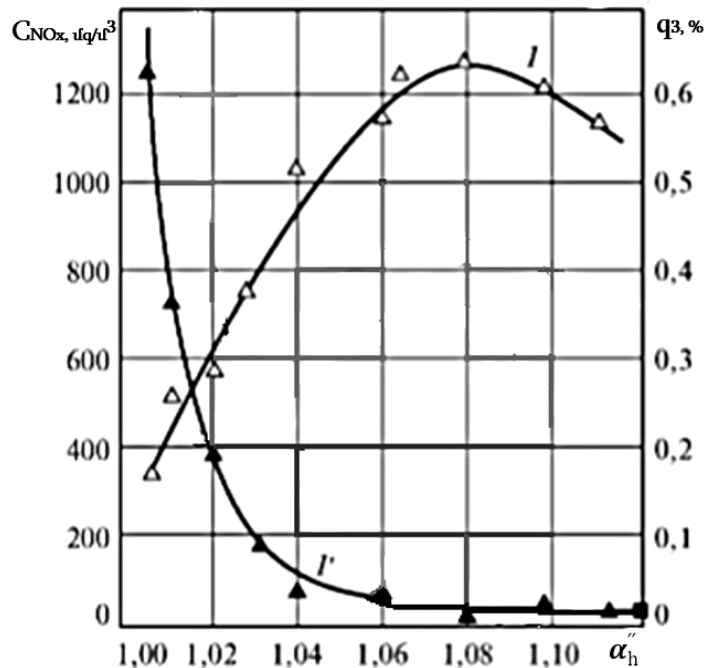
$$\Pi^{\Sigma} = \Pi_{NOx} + \Pi_{CO} + \Pi_{C_{20}H_{12}} \rightarrow \min \quad (4.13)$$

որտեղ  $\Pi_{NOx}, \Pi_{CO}$  և  $\Pi_{C_{20}H_{12}}$ -ը համապատասխանաբար ազոտի օքսիդների, ածխածնի մոնօքսիդի և բենզապիրենի վտանգավորության մասնակի աստիճաններն են:

Վերոնշյալ վնասակար միացությունների վտանգավորության մասնակի աստիճանների հաշվարկման նպատակով՝ այրման արգասիքներում պարունակվող ազոտի օքսիդների և բենզապիրենի քանակության, ինչպես նաև քիմիական թերայրման հետևանքով ջերմության կորստի որոշման համար գրականության մեջ առկա գրաֆիկական առնչությունները (նկ. 4.8) (վերջիններս կառուցված են ըստ TGMN-114 գազամազոնային շոգեկաթսայի շահագործման տվյալների) ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքում փոխարինվել են համապատասխան մաթեմատիկական արտահայտություններով, որոնք էլ օգտագործվել են հաշվարկային և գործիքային մշակման ժամանակ (նկ. 4.10):

Նկար 4.8-ում պատկերված գրաֆիկական առնչություններից հստակ երևում է, որ ազոտի օքսիդների կոնցենտրացիայի կախվածությունը հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի մեծությունից, ունի էքստրեմում (կոր 1): Վերջին հանգամանքը բացատրվում է նրանով, որ մինչև որոշակի սահման օքսիդիչի

քանակության աճը հանգեցնում է հեռացող ծխազագերում NOx-երի կոնցենտրացիայի մեծացման, իսկ դրանից հետո, պայմանավորված ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցմամբ, ազոտի օքսիդների կոնցենտրացիան նվազում է [94]:



Նկ. 4.8. Ազոտի օքսիդների կոնցենտրացիայի (1) և քիմիական թերայրման հետևանքով ջերմության կորուստների (1') կախվածությունը հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի մեծության նից

Այսպիսով, նկար 4.8-ում բերված է գրաֆիկական առնչությունների ռեգրեսիոն վերլուծություններից ստանում ենք՝ երբ  $1.007 \leq \alpha_h'' \leq 1.08$ , ապա

$$C_{NOx} = \frac{1}{\left(3.4518 \cdot 10^{-4} \cdot (\alpha_h'' - 1.1402)^2 + 4.1177 \cdot 10^{-5}\right)} - 20638 \cdot \alpha_h'', \quad (4.14)$$

երբ  $\alpha_h'' > 1.08$ , ապա

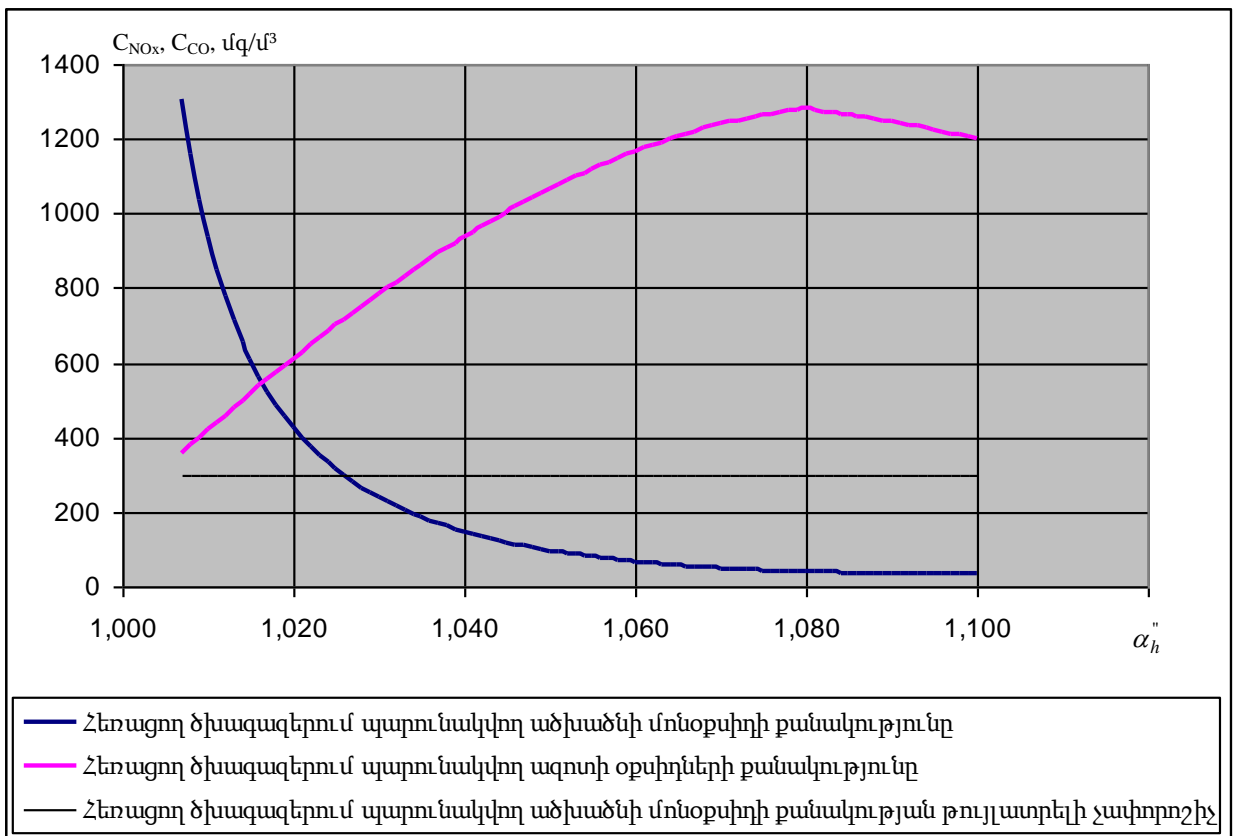
$$C_{NOx} = -4.8261(\alpha_h'')^{36.747} + 1360.2: \quad (4.15)$$

Օդի ավելցուկի գործակցի դիտարկվող տիրույթում քիմիական թերայրման հետևանքով ջերմության կորուստներն առաջարկվում է գնահատել հետևյալ մաթեմատիկական արտահայտությամբ, որն էլ հետագահաշվարկներում օգտագործվում է թերայրման հետևանքով դեպի մթնոլորտ արտանետվող ածխածնի մոնօքսիդի կոնցենտրացիան որոշելու համար.

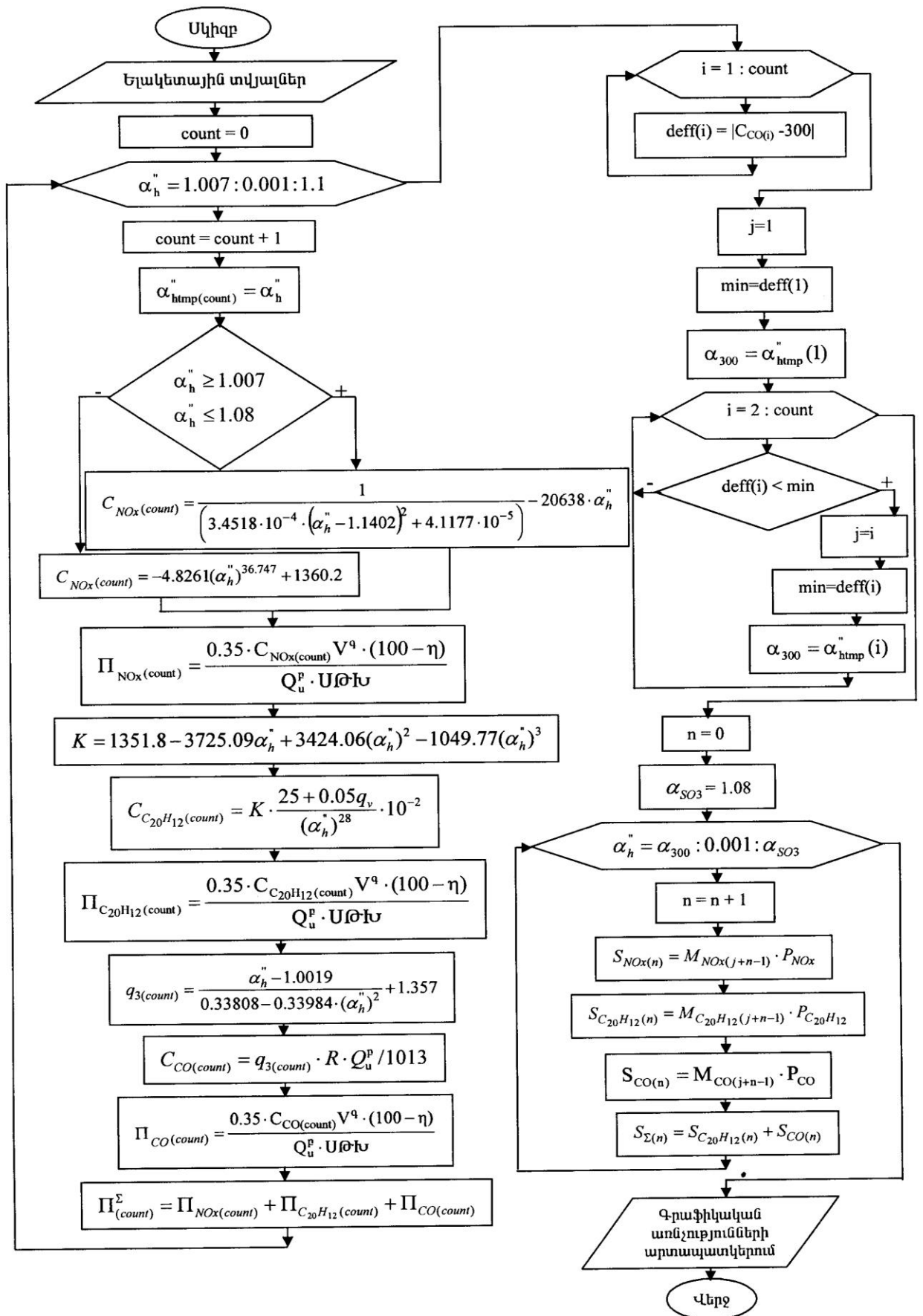


$$q_3 = \frac{\alpha_h'' - 1.0019}{0.33808 - 0.33984 \cdot (\alpha_h'')^2} + 1.357 \quad (4.16)$$

Համաձայն գործող չափորոշիչների հեռացող ծխագազերում պարունակվող ածխածնի մոնօօքսիդի քանակությունը չպետք է գերազանցի 300 մգ/մ<sup>3</sup>: Իսկատի ունենալով նշված չափորոշիչը և օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցման արդյունքում ազոտի օքսիդների ելքի կրճատման հանգամանքը, նպատակահարմար է գտնվել գրաֆիկորեն պատկերել դրանց փոփոխությունը՝ օդի ավելցուկի գործակցի նվազագույն թույլատրելի մեծության արժեքը որոշելու համար: Համաձայն հաշվարկային արդյունքների, որոնք բերված են հավելված 5-ում, օդի ավելցուկի գործակցի նվազագույն թույլատրելի մեծությունը, որի դեպքում էներգետիկական և էկոլոգիական նկատառումներից ելնելով, հեռացող ծխագազերում ածխածնի մոնօօքսիդի կոնցենտրացիան չի գերազանցում թույլատրելի չափորոշիչը, կազմում է 1.026 (նկ. 4.9):



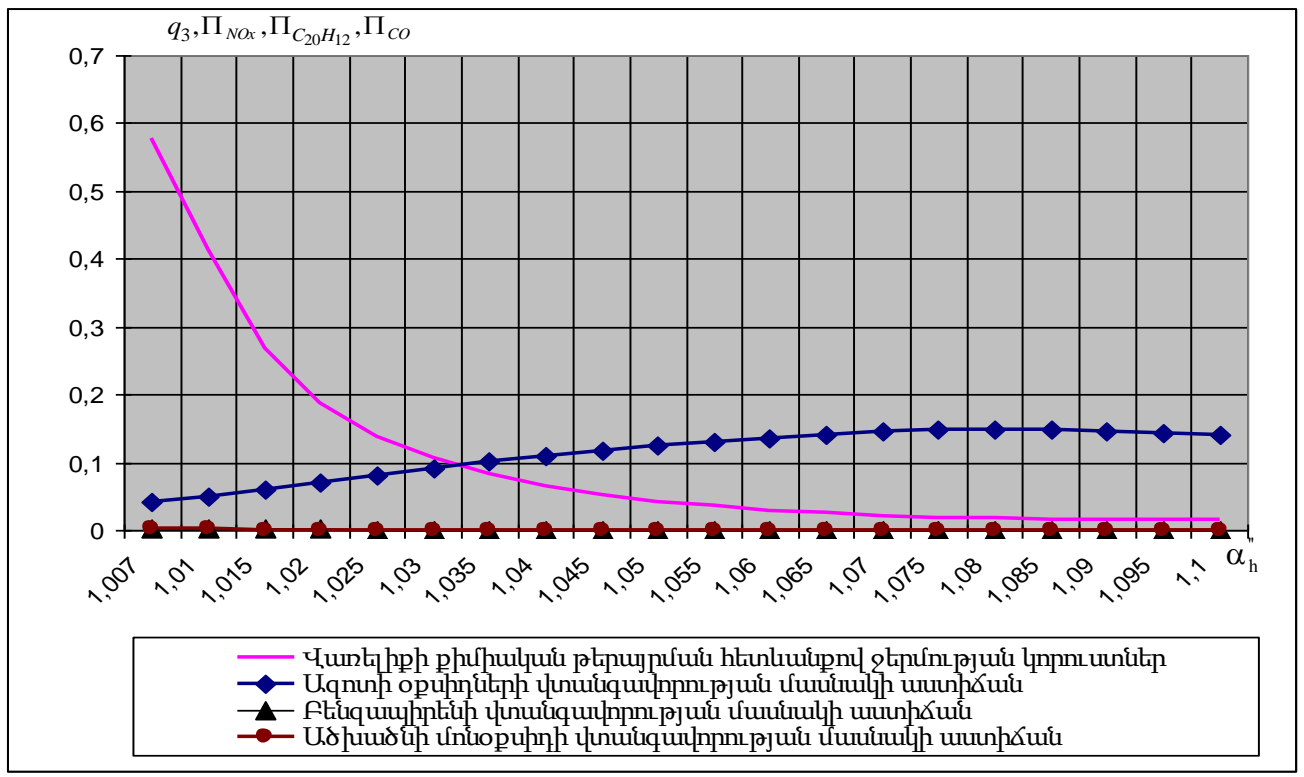
Նկ. 4.9. Ծխագազերում պարունակվող ազոտի օքսիդների և ածխածնի մոնօօքսիդի քանակության կախվածությունը օդի ավելցուկի գործակցից



Նկ.4.10. Օդի ավել ցուկի գործակցից կախված գազային արտանետումների վտանգավորությունն աստիճանի և տարեկան բնապահպանական վճարների գնահատման բլոկ-սխեմա

Հաշվարկների կատարման ժամանակ որպես վառելիք ընդունվել է ծծմբառատ մագնիզիտ, ուստի ծծմբական անհիդրիդի ( $SO_3$ ) առաջացման և հետագայում դրա կոռոզիոն ակտիվ գործընթացից խուսափելու համար նպատակահարմար է օդի ավելցուկի գործակցի առավելագույն թույլ ասորելի մեծության արժեքը սահմանափակել 1.08-ով:

Մշակված բլոկ-սխեմայի կիրառմամբ հաշվարկվել են բենզապիրենի, ածխածնի մոնօքսիդի և ազոտի օքսիդների մասնակի վտանգավորության աստիճանները կախված հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի փոփոխությունից: Ստացված արդյունքները ներկայացված են գրաֆիկական արտապատկերմամբ (նկ. 4.11 և 4.12):



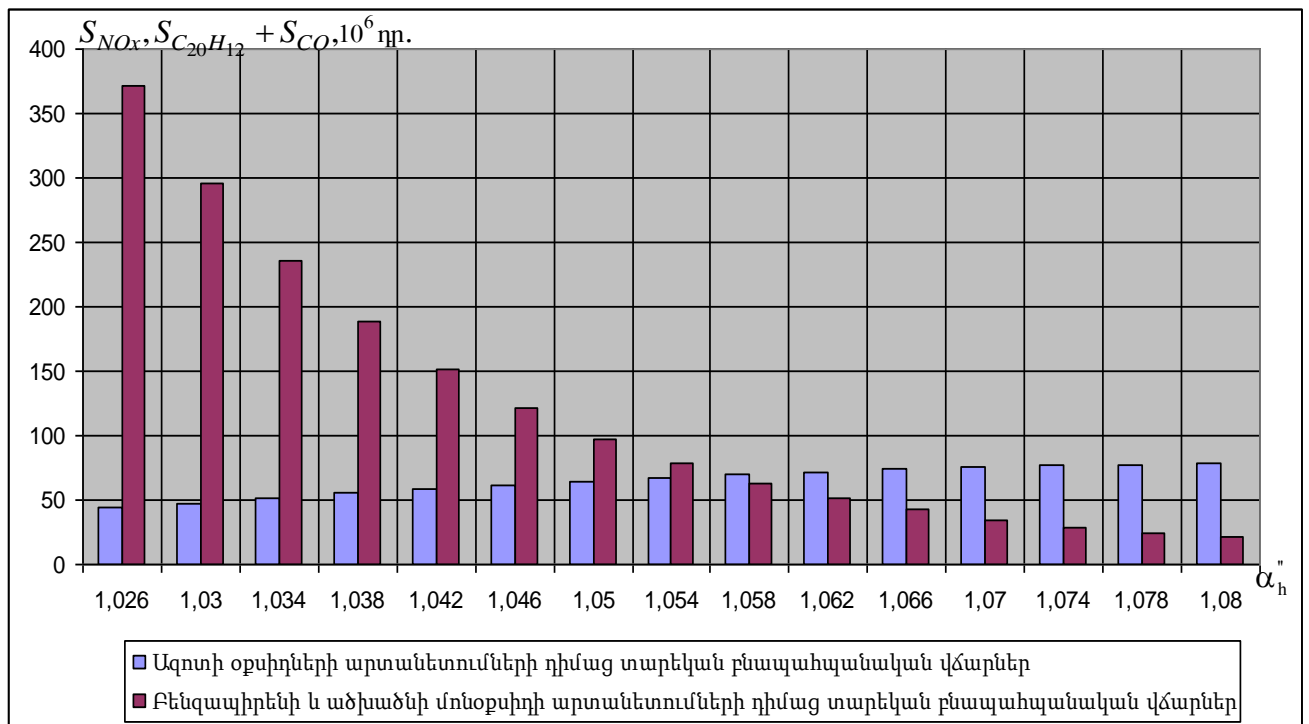
Նկ. 4.11. Վառելիքի քիմիական թերայրման հետևանքով ջերմության կորուստների, ազոտի օքսիդների, բենզապիրենի և ածխածնի մոնօքսիդի մասնակի վտանգավորության աստիճանների կախվածությունը ու նր օդի ավելցուկի գործակցից

Պատկերված գրաֆիկական առնչությունից և հաշվարկային արդյունքների (հավելված 5) վերլուծությունից հետևում է, որ հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցումը մասնավորապես 1.08-ից մինչև 1.026 հանգեցնում է գումարային վտանգավորության աստիճանի 1.75 անգամ փոքրացման՝ այս մասնավորված ազոտի օքսիդների քանակության կրճատմամբ, սակայն միաժամանակ բենզապիրենի և ածխածնի մոնօքսիդի վտանգավորության մասնակի

աստիճանների գումարը գրեթե զրոյական արժեքից աճում է մինչև 0.0016:

Քանի որ այրման արգասիքների գումարային վտանգավորության աստիճանը, ըստ էության որոշվում է միայն ազոտի օքսիդներով, ուստի էկոլոգիական անվտանգության տեսանկյունից օդի ավելցուկի գործակցի մեծության նվազեցումը դիտարկվող տիրույթում չի սահմանափակվում ( $\Pi^{\Sigma} = f(\alpha_h)$ ) կախվածությունը նվազագույն էքստրեմում չունի), սակայն անպայմանորեն պետք է հաշվի առնել էներգետիկական արդյունավետության նվազեցումը՝ պայմանավորված քիմիական թերայրման հետևանքով ջերմության կորուստներով:

Նկար 4.12-ում պատկերված է օդի ավելցուկի գործակցից կախված բենզապիրենի ու ածխածնի մոնօքսիդի գումարային արտանետումների և ազոտի օքսիդների համար տարեկան բնապահպանական վճարների մեծության փոփոխությունը:



Նկ. 4.12. Տարեկան բնապահպանական վճարների մեծության կախվածությունը օդի ավելցուկի գործակցից

Պատկերված գրաֆիկական առնչություններից երևում է, որ օդի ավելցուկի գործակցի թվային մեծության դիտարկվող տիրույթում տարեկան բնապահպանական վճարները մինչև  $\alpha_h = 1.054$  արժեքը

պայմանավորված են հիմնականում թերայրման արգասիքների արտանետումների համար գանձումներով, որոնց էական չափաբաժինը կազմում են բենզապիրենի արտանետումների համար գանձումները՝ վերջինս արտակարգ վտանգավոր նյութ էլինելու պատճառով: Յնոցում օդի ավելցուկի գործակցի 1.054 արժեքի գերազանցման պարագայում տարեկան բնապահպանական վճարները հիմնականում պայմանավորված են ազոտի օքսիդների արտանետումներով և մնում են գրեթե հաստատուն [95]:

Ստացված արդյունքներից կարելի է եզրակացնել, որ հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի թույլատրելի սահմաններում նվազեցնելու և այրման ռեժիմային գործընթացի վերահսկելի փոփոխման արդյունքում կարելի է իրականացնել և դեպի մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների, և դրանց դիմաց գանձվող բնապահպանական վճարների նվազեցում: Միաժամանակ  $\text{PM}_{2.5}$ -ն կարելի է օգտագործել տարբեր վառելիքներով աշխատող էլեկտրակայանների, այդ թվում նաև էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երի, հզորության ընտրության տեխնիկատնտեսական վերլուծություններում, քանզի  $\text{PM}_{2.5}$ -ի մեծությունն ուղիղ համեմատական է բնապահպանական միջոցառումների համար իրականացվող կապիտալ ներդրումներին, որքան մեծ է  $\text{PM}_{2.5}$ -ն, այնքան մեծ են շրջակա միջավայրի պաշտպանությունն ուղղված տնտեսակարար կապիտալ ներդրումները:

**ԳԼՈՒԽ 5. ԷԿՈԼՈԳԻԱՊԵՍ ԱՆՎՏԱՆԳ ՋԷԿ-ԵՐՈՒՄ  
ՋԵՐՄՈՑԱՅԻՆ ԳԱՉԵՐԻ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐԻ ՆՎԱՉԵՑՄԱՆ  
ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆ**

**5.1. Երկրագնդի համընդհանուր տաքացման գործընթացին  
ՋԷԿ-երի ու նեցած ազդեցության ուսու մնաաիրում և այդ  
ազդեցության մեղմման նպատակաուղղված  
տեխնոլոգիական միջոցառումների հետազոտում**

Համաշխարհային գիտական հանրությանը նախապես ցուցված է համարում այն փաստը, որ մարդու տնտեսական գործունեությունը և հանածո օրգանական վառելիքի օգտագործումն են պատճառ հանդիսացել մթնոլորտում շերմոցային գազերի (ածխածնի երկօքսիդ, մեթան, ազոտի ենթօքսիդ, օզոն, ջրային գոլորշիներ, քլորֆտորածխաջրածիններ) խտությունների տեխնածին մեծացման, որոնցով էլ պայմանավորված ինտենսիվացել է բնական շերմոցային էֆեկտը: Վերոնշյալ շերմոցային գազերի միավոր քանակության «լուման» շերմոցային էֆեկտի առաջացման գործընթացում տարբեր է և քանի որ այդ գազերից ամենատարածվածը և մարդու կենսագործունեության ընթացքում մեծ քանակությամբ առաջացողը ածխածնի երկօքսիդն է (գարգացած երկրների շերմոցային գազերի համախառն արտանետումների շուրջ 80%), ուստի մնացած գազերի արտանետումները կամ դրանց կրճատումներն արտահայտում են «CO<sub>2</sub>-ի համարժեքով»՝ օգտագործելով գլոբալ տաքացման արտենցիալ (ԳՏՊ (GWP)) հասկացությունը: CO<sub>2</sub>-ի ԳՏՊ-ն պայմանականորեն ընդունվում է հավասար մեկ միավորի, իսկ մեկ այլ շերմոցային գազի ԳՏՊ-ն ցույց է տալիս, թե այդ գազի 1 կգ-ը CO<sub>2</sub>-ի քանի կիլոգրամին համարժեք շերմոցային էֆեկտ է առաջացնում և որքան է մթնոլորտի տաքացման վրա վերջինիս ունեցած հարաբերական ազդեցության չափը [96,97]:

Ստորև բերված աղյուսակում (աղ. 5.1) ներկայացված են վեց հիմնական շերմոցային գազերի բնութագրերը, որոնցից առաջին

երեքը բնության մեջ գոյություն ունեն, իսկ մնացածը՝ մարդածին բնույթի արդյունաբերական արտադրության գազեր են:

Այդ ուսակ 5.1. Հիմնական ջերմոցային գազերի գլոբալ տաքացման պոտենցիալները

Ջերմոցային գազի անվանումը	Քիմիական բանաձևը	Գլոբալ տաքացման պոտենցիալը	Առաջացման հիմնական աղբյուրները
Ածխածնի երկօքսիդ	CO <sub>2</sub>	1	Հանածո վառելիքների բոլոր տեսակի այրում, անտառների վերացում
Մեթան	CH <sub>4</sub>	21	Բնական գազի հոսակորուստներ, բրնձի դաշտեր, ընտանի կենդանիներ, կենցաղային աղբի կույտեր և այլն
Ազոտի եռօքսիդ	N <sub>2</sub> O	310	Ազոտային պարարտանյութեր, բարձր ջերմաստիճանային այրում
Հիդրոֆտորածխածիններ	HFC <sub>s</sub> *	14011700	Արտադրվում են որպես օզոնի շերտը չքայքայող և ֆրեոնների փոխարինող
Պերֆտորածխածիններ	PFC <sub>s</sub> *	65009200	Արտադրվում են որպես օզոնի շերտը չքայքայող և ֆրեոնին փոխարինող
Ծծմբի հեքսաֆտորիդ	SF <sub>6</sub>	23900	Արտադրվում է որպես էլեկտրամեկուսիչ, ջերմահաղորդիչ, սառնարանային էներգակիր և այլն

Երկրագնդի համընդհանուր տաքացման անդառնալի գործընթացի կանխարգելմանը նպաստակառնողված կարևորագույն պաշտոնագրով՝ Կիոտոյի արձանագրության (որը ուժի մեջ մտավ 2005թ. փետրվարին, երբ վավերացվեց Կոնվենցիայի առնվազն 55 մասնակից-երկրների կողմից, ներառյալ Չադեված 1-ի այն Կողմերը, որոնց ածխածնի երկօքսիդի՝ 1990 թ.-ի գումարային արտանետումները կազմել են զարգացած երկրների արտանետումների առնվազն 55%-ը) զարգացած երկրները իրավաբանորեն պարտավորվեցին իրականացնել ջերմոցային գազերի սահմանված արտանետումների չափաբաժինների կրճատում՝ 1990թ., այսպես կոչված «բազային տարվա», արտանետումների համեմատությամբ (զարգացող երկրներին արտանետումների կրճատման քանակական պարտավորություններ չէին վերագրվում): Չադեված 1-ի մեջ ընդգրկված անցումային տնտեսության երկրներին տրվեց բազային տարին ինքնուրույն ընտրելու հնարավորություն: Մինչև 2008...2012թթ. Չադեված 1-ի կողմերը ունեին արտանետումների կրճատման անհատական և էապես միմյանցից տարբերվող չափաբանակներ «բազային տարվա» արտանետումների համեմատությամբ: Մասնավորապես, Իսլանդիան

կարող էր նույնիսկ ավելացնել իր արտանետումները բազային տարվա համեմատ մինչև 10%-ով՝ շնորհիվ երկրաջերմային և հիդրո ռեսուրսներով էներգասպառման պահանջարկի բավարարման: ՌԴ-ն, Նոր Չեչենիան և Ուկրաինան չեն կարող ավելացնել արտանետումների ծավալները, Չեխիան, Լիտվան, Մոնակոն և այլն պարտավոր են կրճատել 8%-ով: Եվրամիության կոլեկտիվ պարտավորությունը նույնպես արտահայտվում է 8%-ով, սակայն բուն Եվրոպական Միության շրջանակներում տարբեր անդամ-պետությունների ստանձնած պարտավորությունները միմյանցից խիստ տարբերվում են:

Կիոտոյի արձանագրությունն ամրագրեց նաև, որ կողմերը կարող են կրճատել իրենց արտանետումները՝ ավելացնելով մթնոլորտից ջերմոցային գազերի կլանումը հողօգտագործման և անտառային բնագավառներում:

Կլիմայի փոփոխության մեղմման արդյունավետության բարձրացման նպատակով համաձայն Կիոտոյի արձանագրության սահմանված են երեք մեխանիզմներ՝ համատեղ իրականացում (JI), մաքուր զարգացման մեխանիզմ (CDM) և արտանետումների առևտուր:

Համատեղ իրականացումը հնարավորություն է տալիս Հավելված 1-ի կողմերին իրականացնել նախագծեր, որոնք կրճատում են արտանետումները կամ ավելացնում կլանումը Հավելված 1-ի այլ երկրներում: Համատեղ իրականացման նախագծերն աշխատում են հետևյալ կերպ. եթե որևէ զարգացած երկրում արտանետումների կրճատումն իրականացնելու համար պահանջվում են ավելի մեծ ծախսեր, ապա այդ երկիրը կարող է արտանետումների կրճատումը իրականացնել Հավելված 1-ի մի այլ երկրում՝ ներդրումներ կատարելով ցածր արտանետումներով առաջավոր տեխնոլոգիաների մեջ: Սև նախագծերի իրականացման հավանականությունն ավելի մեծ է Հավելված 1-ի մեջ ընդգրկված անցումային տնտեսությամբ երկրների համար, որտեղ առկա են արտանետումների համեմատաբար էժան կրճատման հնարավորություններ:

Մաքուր զարգացման մեխանիզմով նախատեսվում է արտանետումների կրճատմանն ու ածխածնի երկօքսիդի կլանմանն ուղղված ներդրումներ իրականացնել զարգացող երկրներում, օժանդակելով նաև Եկոլոգիապես անվտանգ տեխնոլոգիաների և երկրի տնտեսության կայուն զարգացմանը:



Արտանետումների առևտուրը Յալեյ ված 1-ի կողմ-երկրներին հնարավորություն է տալիս ձեռք բերել սահմանված քանակությունների միավորներ Յալեյ ված 1-ի այն կողմ-երկրներից, որոնք իրականացրել են արտանետումների կրճատում: Եթե որևէ կողմ-երկիր կարողանում է գերազանցել իր պարտավորությունները, ապա ըստ Արձանագրության, նրան իրավունք է տրվում արտանետումների ավելցուկ չափաբաժինները վաճառել այն երկրներին, որոնք դժվարանում են կատարել իրենց պարտավորությունները կամ իրենց երկրում արտանետումների կրճատման իրականացումն ավելի մեծ ներդրումներ է պահանջում:

Վերոնշյալ մեխանիզմները կողմերին հնարավորություն են տալիս ավելի էժան գնով կրճատել արտանետումները կամ ավելացնել ածխածնի երկօքսիդի կլանումները արտասահմանում, քան նույն արդյունքներին կարելի է հասնել սեփական երկրում, քանի որ կրճատման կամ կլանման արժեքը կախված է կոնկրետ տարածաշրջանից, այն դեպքում, երբ մթնոլորտի վրա ազդեցությունը նույնն է, անկախ արտանետման կամ կլանման աշխարհագրական կետից [98,99]:

2012թ.-ին Դոհայում, Կողմերի 18-րդ կոնֆերանսում, Կիոտոյի արձանագրության գործունեության ժամանակահատվածը երկարաժամկետ միջև 2020թ.-ը՝ 2013թ.-ից միջև նշված վերջնաժամկետը համարելով պարտավորությունների կատարման 2-րդ փուլ: Իրավաբանական նոր պարտավորությունները պետք է մշակվեին 2015թ.-ին, սակայն Փարիզում կայացած Կողմերի 21-րդ կոնֆերանսում ստորագրվեց միայն միջազգային համաձայնագիր, ըստ որի համատեղ ջանքերի շնորհիվ երկրազնդի միջին ջերմաստիճանի աճը չպետք է գերազանցի 2°C-ը:

Կատարված հետազոտությունների և վերլուծական հաշվարկների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ մթնոլորտում CO<sub>2</sub>-ի «անվտանգ» կոնցենտրացիան կազմում է 350 ppm, իսկ երկրազնդի կլիմայական հավասարակշռության «անդառնալի» խախտման եզրային սահմանը 450 ppm-ն է: Ըստ 2018թ.-ի հունվարի տվյալների CO<sub>2</sub>-ի կոնցենտրացիան մթնոլորտում արդեն իսկ կազմում է 408,05 ppm, և քանի որ էներգիայի արտադրության ոլորտին բաժին է ընկնում CO<sub>2</sub>-ի համընդհանուր արտանետումների 53%-ը,

ուստի ջերմաէներգետիկական տեղակայանքներից արտանետվող ջերմոցային գազերից ածխածնի երկօքսիդի նվազեցման նպատակով ներկայումս մշակվող և ներդրվող տեխնոլոգիական միջոցառումները (որոնց վերլուծությանը կանդրադառնանք §5.1.1-ում), ստանում են մեծ կարևորություն:

### **5.1.1. Էկոլոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երով մածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման տեխնոլոգիական լուծումների վերլուծություն**

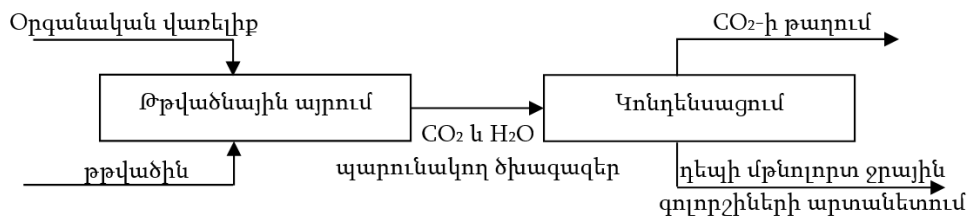
Չամաձայն Միջազգային Էներգետիկ գործակալության (IEA-International Energy Agency) գնահատումների 2020թ.-ի դրությամբ համաշխարհային ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ և ջերմային Էներգիաների մոտ 60%-ը կարտադրվի օրգանական վառելիքով աշխատող ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆՆԵՐՈՒՄ, ուստի վնասակար միացությունների արտանետումների նվազեցման Էկոլոգիական խիստ չափորոշիչներից և կլիմայական համակարգի վրա ազդեցության կանխարգելման նկատառումներից ելնելով՝ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆՆԵՐՈՂ պետք է կահավորվեն նաև համեմատաբար անվտանգ միացությունների նվազեցման տեխնոլոգիական տեղակայանքներով: Մասնավորապես, ԵՄ-ում 2050թ.-ին CO<sub>2</sub>-ի համընդհանուր արտանետումների 50% նվազեցման համար նախատեսվում է նախ 2020թ.-ին դրանք նվազեցնել 30%-ով: Այդ նպատակային խնդրի լուծման համար սկսած 2015թ.-ից բոլոր նախագծվող ածխափոշային ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆՆԵՐՈՂ պետք է կահավորվեն ածխածնի երկօքսիդի կապակցման տեխնոլոգիաներով, իսկ 2020թ.-ից՝ շարադրվածը կվերաբերի նաև արդեն շահագործվող ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆՆԵՐԻՆ: Չափի առնելով Էներգիայի արտադրության ոլորտին բաժին ընկնող CO<sub>2</sub>-ի համընդհանուր արտանետումների չափաքանակը՝ ԵՄ-ում դիտարկում են ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱՅԻ զարգացման 3 միտումներ.

1. բազային տարբերակ (առանց փոփոխությունների), որի դեպքում իրականացվող միջոցառումները նվազեցնելու են ներմուծվող Էներգիայից կախվածությունը և ստեղծելու լրացուցիչ մեխանիզմներ՝ ջերմոցային գազերի արտանետումների առևտրի համար,
2. զարգացող երկրներում Էներգասպառման աճի նվազեցում,
3. ցածրածխածնային տեխնոլոգիաների շահագործում՝ մթնոլորտում CO<sub>2</sub>-ի առավելագույն 450ppm կոնցենտրացիայի և երկրագնդի ջերմաստիճանի 2°C-ը չգերազանցող աճի պահպանման համար:

ՁԵԿ-երում օգտագործվող վառելիքներից (պինդ, հեղուկ, գազային) ածխածնով առավել հագեցած է ածուխը: Կատարված հետազոտությունների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ածխի այրման դեպքում դեպի մթնոլորտ երկու անգամ ավելի շատ ածխաթթու գազ է արտանետվում, քան բնական գազի այրման դեպքում: Սակայն այն երկրները, որոնք չունեն նավթի և բնական գազի պաշարներ, էլեկտրական էներգիայի անընդհատ աճող պահանջարկը բավարարում են ածխափոշային, կամ դրա գազիֆիկացիայի արդյունքում ստացված սինթետիկ գազով աշխատող կայանների շահագործմամբ: Նվազեցնելու համար կլիմայական համակարգին հասված վնասը՝ իրականացվում է ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների կրճատում հետևյալ տեխնոլոգիական գործընթացներով.

- ✓ այրում թթվածնային միջավայրում (Oxyfull տեխնոլոգիա),
- ✓ ածխածնի երկօքսիդից ծխագազերի մաքրում,
- ✓ նախքան այրումը վառելիքի գազիֆիկացում՝ սինթետիկ գազի ստացմամբ [100]:

Թթվածնային միջավայրում բնական կամ սինթետիկ գազի այրման գործընթացի կազմակերպման պարագայում ծխագազերը կազմված են լինում միայն երկու բաղադրիչից՝ ածխածնի երկօքսիդից և ջրային գոլորշիներից: Oxyfull տեխնոլոգիայով CO<sub>2</sub>-ի գատումը կատարվում է ջրային գոլորշիների կոնդենսացման շնորհիվ, ընդ որում ապահովվում է նվազագույնը 80% արդյունավետություն (նկ. 5.1):

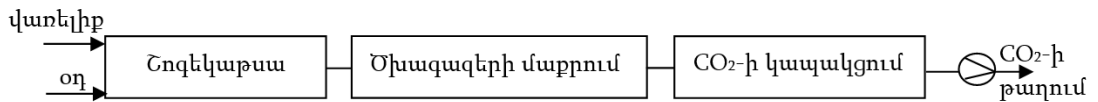


Նկ. 5.1. Oxyfull տեխնոլոգիա

Ածխածնի երկօքսիդից ծխագազերի մաքրման գոյություն ունեցող տարբերակները երեքն են՝

- ✓ ֆիզիկական, քիմիական աբսորբցիա, ադսորբցիա և դեսորբցիա,
- ✓ կրիոգեն գատում (սեպարացիա),
- ✓ տարատեսակ մեմբրանների, այդ թվում նաև նանոմեմբրանների օգտագործում:

Քանի որ ծխագազերից ածխածնի երկօքսիդի զատումը համարվում է վերջնամաքման փուլ, ուստի էլեկտրագտիչից, ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման և ՎՍԿ տեղակայանքներից հետո այրման արգասիքները մատուցվում են սկրոբեր, որտեղ աբսորբցիոն, ադսորբցիոն և դեսորբցիոն մեթոդներով տեղի է ունենում ածխածնի երկօքսիդի կապակցում (նկ. 5.2): Նույն արդյունքին կարելի է հասնել կրիոգեն զատման կամ տարատեսակ մեմբրանների կիրառման շնորհիվ:

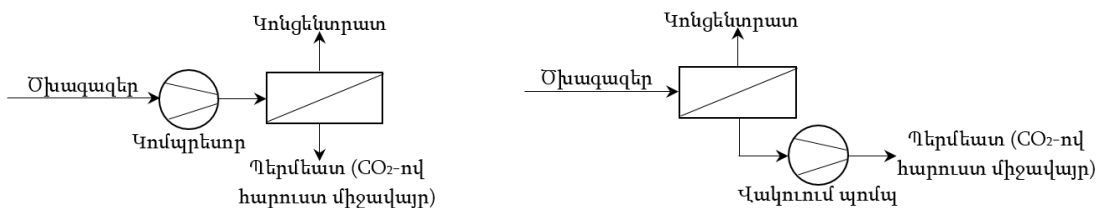


Նկ. 5.2. Ածխածնի երկօքսիդից ծխագազերի մաքրման տեխնոլոգիական գործընթաց

Ածխածնի երկօքսիդի կապակցման համար նախատեսված ամենաարդյունավետ հարթ, մանրաթելային և խողովակավոր մեմբրանները մշակվել են եվրոպական NanoGLOWA կազմակերպության կողմից և օժտված են մեծ արտադրողականությամբ, սելեկտիվությամբ և քիմիական կայունությամբ: Մեմբրանային մոդուլը բաղկացած է մի քանի թիթեղներից, խողովակներից և բազմաթիվ մանրաթելերից, որոնց տեղակայումը գազային տրակտում իրականացվում է կարևորելով հետևյալ հանգամանքները.

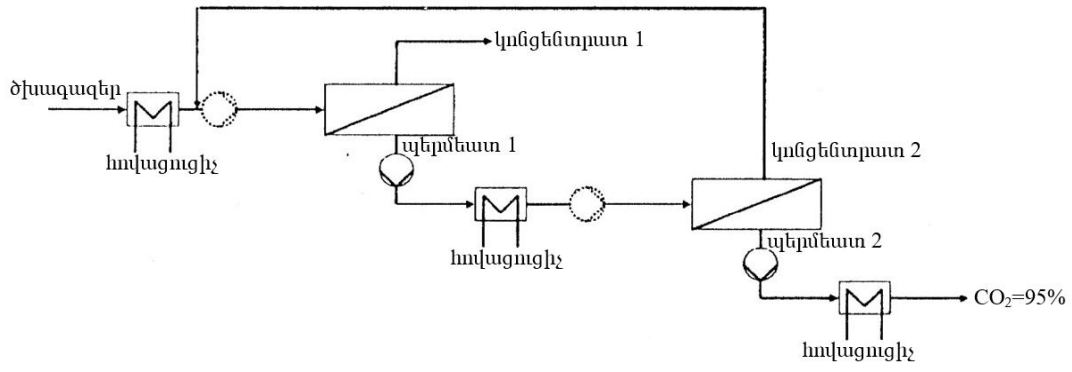
- ✓ ջերմակայունությամբ,
- ✓ մեմբրանային մոդուլի չափերը,
- ✓ մեմբրանային մոդուլի աշխատանքն ապահովող օժանդակ սարքավորումների առկայությամբ:

Գազային տրակտում մեմբրանները կարող են տեղակայվել մեկաստիճան (նկ. 5.3) և երկաստիճան (նկ. 5.4) փոխդասավորվածությամբ: Մեմբրանների միջոցով CO<sub>2</sub>-ի զատում տեղի է ունենում կամ ծխագազերի բարձր ճնշման հաշվին, կամ էլ մեմբրանից հետո առկան ուսրացման հաշվին:



Նկ. 5.3. Մեկաստիճան մեմբրանային գործընթաց

Վերջնարդյունքի որակի բարձրացումը կամ հանգեցնում է գործընթացի արագության նվազման, կամ էլ ծախսվող էներգիայի քանակության մեծացման, դրանից բխող բոլոր հետևանքներով: Նշված թերությունները հանգեցրեցին երկ և ավելի աստիճան մեմբրանների օգտագործմանը [60,62,101]:



Նկ. 5.4. Երկաստիճան մեմբրանային գործընթացի սխեմա

Նախքան այրումը վառելիքի (ածխի) գազիֆիկացումը ներառում է՝

- ✓ պրոցեսներ, որտեղ օգտագործվում է փոշիացված ածուխ՝ մասնիկների մինչև 1մմ չափերով,
- ✓ քվազիհեղուկացված շերտով պրոցես, որտեղ մասնիկների չափերը հասնում են 3մմ-ի,
- ✓ ստացիոնար շերտով պրոցեսներ, որտեղ օգտագործվում են 5...30մմ չափերով ածխի մասնիկներ:

Գոյություն ունեն սինթեզ գազի ստացման արտադրական նշանակության գազաեներատորների 3 հիմնական տարատեսակներ՝

- ✓ Lurgi ընկերության շերտային գազաեներատորներ (ածխի մինչև 45տ/ժ արտադրողականությամբ), որոնք գազիֆիկացման անբավարար ինտենսիվության պատճառով (2000...2500 կգ/մ<sup>2</sup>·ժ) նպատակահարմար չեն խոշոր էներգետիկական տեղակայանքների համար:
- ✓ Ֆրից Վինկլերի գազաեներատորներ (BASF կազմակերպության եռացող շերտով՝ ածխի մինչև 35տ/ժ արտադրողականությամբ գազաեներատորներ), որոնք կատարելագործված ջերմա- և զանգվածափոխանակության հետ միաժամանակ ունեն նաև թերություններ՝ պրոցեսի սահմանափակ ինտենսիվություն (մոտ 2500...3000 կգ/մ<sup>2</sup>·ժ)՝

պայմանավորված եռացող շերտի հիդրոդինամիկայով, վառելիքի զգալի տարվածք (մինչև 25...30%), խարամում ածխածնի զգալի քանակություն և ռեժիմի փոփոխության նկատմամբ եռացող շերտի բարձր զգայունություն: Նշված թերությունների պատճառով այս գազգեներատորները կիրառելի չեն էլեկտրակայաններում:

- ✓ Շոգեթթվածնային միջավայրում ջահային գազիֆիկացիա, որն ուղեկցվում է հեղուկ խարամահեռացմամբ (Յենրիխ Կոպերսի և Ֆրիդրիխ Տոնցեի ածխափոշային գազգեներատորներ՝ ածխի մինչև 28տ/ժ արտադրողականությամբ): Ներկայումս արտադրական զարգացում են ստանում թթվածնային միջավայրում, 3...4ՄՊա ճնշման տակ և հեղուկ խարամահեռացմամբ ջրաածխային լուծույթի (լուծույթում ածխի և ջրի հարաբերակցությունը տարբեր պայմաններում կազմում է 70/30-ից մինչև 45/55) գազիֆիկացման տեղակայանքները (Texaco մեթոդ): Գազիֆիկացման ինտենսիվությունն այս դեպքում հասնում է մինչև 5000կգ/մ<sup>2</sup>·ժ [46,59,61,102]:

Գոյություն ունեցող շահագործման տվյալների և արդյունքների վերլուծությունը վկայում է այն մասին, որ.

1. ածխի ներցիկլային գազիֆիկացմամբ ժամանակակից էլեկտրակայանների համար նպատակահարմար է կիրառել 60...120տ/ժ արտադրողականությամբ և արոցեսի 5000...6000կգ/մ<sup>2</sup>·ժ ինտենսիվությամբ գազգեներատորներ,
2. ածխի գազիֆիկացման առաջարկվող մեթոդների ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ անհրաժեշտ արդյունավետություն, ներդրման և կիրառման հեռանկարներ ունեն հետևյալ ուղղությունները՝
  - ✓ շոգեօդային միջավայրում ճնշման տակ եռացող շերտով և մանրահատիկավոր ածխի գազիֆիկացիան՝ մոխրի կուտակմամբ և ռեակցիայի գոտի տարվածքի վերադարձով,
  - ✓ շոգեօդային միջավայրում ճնշման տակ հաստատուն շերտով, հատիկավոր վառելիքի բարձր ջերմաստիճանային գազիֆիկացում՝ դեպի վառ-

ելիքի շերտ՝ տարվածքի վերադարձով և հեղուկ խարամահեռացմամբ,

3. տեխնոլոգիական տեսանկյունից ամենամեծ հետաքրքրությունն առաջացնում է ճշման տակ և հեղուկ խարամահեռացմամբ ածխափոշու ռեզուսիտ, ջահային գազիֆիկացիան: Ներկայումս, նման պրոցեսսի իրականացվում է թթվածնային միջավայրում ջրաածխային լուծույթի գազիֆիկացման համար, սակայն անհրաժեշտ է նման պրոցեսսի մշակում՝ երբ տեխնիկական թթվածնի փոխարեն գազիֆիկացման ռեակտոր մատուցվում է մթնոլորտային օդ:

Ներկայումս միջարք հայտնի ընկերություններ, ինչպիսիք են «Shell», «General Electric», «Siemens» և «Mitsubishi» զբաղվում են գազիֆիկատորների նախագծմամբ, սակայն տեխնոլոգիական գործընթացները էականորեն տարբերվում են միմյանցից: Համարժեք չեն նաև գազիֆիկացման տարբեր մեթոդների էկոլոգիական բնութագրերը:

Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության տեսանկյունից ամենաանբարենպաստը անուղղակի գազիֆիկացիան է, քանի որ դրա ընթացքում ստացվում են ածուխների ջերմային քայքայման բոլոր քիմիական տարրերը (խեժ, հոսքաջրեր և այլն): Քվազիհեղուկացված և փոշեկերպ ածխի գազիֆիկացման արդյունքում ձևավորվում են գազային խառնուրդներ, որոնք չեն պարունակում օրգանական միացություններ: Սակայն, հովացնող ջրում կարող են հայտնաբերվել ամոնիակ, ծծմբաջրածին և այլ օրգանական միացություններ, որոնք պահանջում են համապատասխան մաքրման գործընթաց: Էլեկտրակայաններում ածխի գազիֆիկացման գործնական կիրառման պայմանների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ նվազագույն ջերմային կորուստների ապահովման համար անհրաժեշտ է ներցիկլային գազիֆիկացիայի իրականացում: Ներցիկլային գազիֆիկացման և էլեկտրաէներգիայի արտադրության տեխնոլոգիական համակցումը հնարավորություն է տալիս արդյունավետ օգտագործել ստացվող սինթետիկ գազի ֆիզիկական, բարձրարտեղիակային ջերմությունը (էլակետային ածխի այրման ջերմության մինչև 25%-ը), սինթետիկ գազի ստացման նպատակով նվազեցնել գազգեներատոր մատուցվող բաղադրիչների մղման



համար էլ եկտրաէներգիայի ծախսը և գազի ֆիկացման համար օգտագործել շոգետուրբինում աշխատած գոլորշին:

Նախքան այրումը վառելիքի գազի ֆիկացման մեթոդի առավել ություններն են.

- հնարավորություն է ընձեռվում նվազեցնել դեպի մթնոլորտ արտանետվող CO<sub>2</sub>-ի 90%-ը,
- մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների էական կրճատում,
- մաքրման գործընթացի կազմակերպման համար ջրի և պինդ թափոնների փոքր քանակություն,
- ներդրման դյուրինություն:

Սինթեզ գազով աշխատող էլեկտրակայաններում արտադրված (հետևաբար նաև առաքված) էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքը ավելի բարձր է, քան սովորական ածխափոշային կայանում, սակայն էկոլոգիական առավել ություններն ակնհայտ են՝

- ✓ սինթեզ գազը կարելի է մաքրել ծծմբի, ազոտի օքսիդներից, ծանր մետաղների մասնիկներից,
- ✓ թափոնների քանակությունն աննշան է, քանզի ծծումբը կարելի է օգտագործել արտադրական այլ գործընթացներում (մասնավորապես կարելի է ստանալ հեղուկ ծծմբական թթու), իսկ գազի ֆիկատորում առաջացած շլակը՝ ճանապարհաշինության մեջ,
- ✓ ածխի դեկարբոնիզացիան հնարավորություն է ընձեռում որսված CO<sub>2</sub>-ը ճնշման տակ մատուցել նավթահորեր՝ խորքային շերտերում գտնվող նավթի արդյունահանման համար:

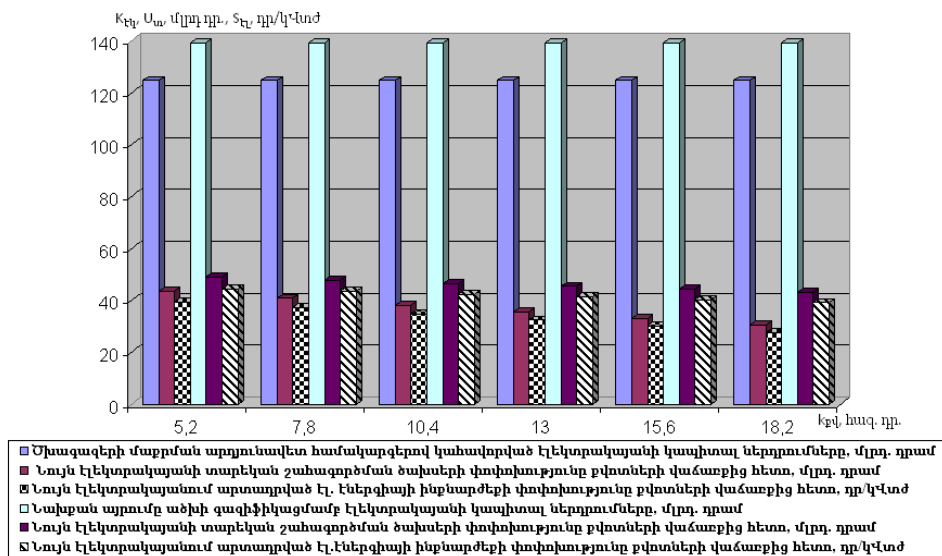
Առաջադրված խնդրի լուծման շրջանակներում գնահատվել է ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված և նախքան այրումը ածխի գազի ֆիկացմամբ էլեկտրակայաններում ածխածնի երկօքսիդի կապակցման տեխնոլոգիաների հնարավոր ներդրման ազդեցությունը էլեկտրակայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա: Առաջնորդվելով օդային ավազանի վրա ունեցած ազդեցության տեսանկյունից էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներով՝ ավանդական ածխափոշային էլեկտրակայանը պետք է կահավորել մոխրի մասնիկների որսման էլեկտրազտիչ, ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման թաց

կրայ ին, ազոտի օքսիդների վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ տեղակայանքներով, ինչպես նաև ածխածնի երկօքսիդի որսման համապատասխան նանոմեմբրաններով: Կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ՁԷԿ-ի կահավորումը նշված տեղակայանքներով արդեն իսկ հանգեցնելու է (ի համեմատությամբ) ավանդական ածխափոշային ՁԷԿ-ի) պահանջվող կապիտալ ներդրումների մոտ 30%-ով ավելացման, ի հարկե, տարեկան շահագործման ծախսերը ևս աճելու են մոտ 25%-ով: Ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերի ներդրմամբ ածխափոշային նույն 200 ՄՎտ հզորությամբ էներգաբլոկի տնտեսական ցուցանիշները համեմատվել են նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ տարբերակի հետ: Չափարկներն իրականացվել են 26187.5 կՋ/կգ այրման ստորին ջերմությամբ գորշ ածխի գազիֆիկացումից ստացված սինթեզ գազով (կազմը՝ մոտ 40% H<sub>2</sub>, 15% CO, 30...35% CO<sub>2</sub>, 8% CH<sub>4</sub> և այլն, այրման ստորին ջերմություները՝ 18430 կՋ/կգ): Նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ տարբերակը Էկոլոգիական տեսանկյունից արդարացված է, քանզի մինչ այրման գործընթացի իրականացումը հում սինթեզ գազը նախապես անցնում է մաքրման բազմաստիճան համակարգ, ինչի արդյունքում էլ վերանում է կարծր մասնիկներից և ծծմբի միացություններից ծխագազերի հետագա մաքրման անհրաժեշտությունը: Դիտարկվող տարբերակների համեմատական գնահատականը տալու համար հաշվի է առնվել նաև այն հանգամանքը, որ կրճատված CO<sub>2</sub>-ի փաստացի քանակության դիմաց ստացված հավաստագրով կարելի է դառնալ արտանետումների քվոտների շուկայի մասնակից, դրանով իսկ մեղմելով շահագործման ծախսերի վրա ունեցած ազդեցությունը և նվազեցնելով կապիտալ ներդրումների հետզնման ժամկետը:

Ստորև պատկերված դիագրամում (նկ. 5.5) բերված են ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով և նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ Էլեկտրակայաններում կապիտալ և շահագործման ծախսերի, ինչպես նաև Էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի մեծության փոփոխությունները՝ կախված քվոտների շուկայում 1տ CO<sub>2</sub>-ի վաճառքի գնից:

Ստացված արդյունքների վերլուծությունից եզրահանգում ենք, որ քվոտների վաճառքից գոյացած լրացուցիչ գումարը ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված

Էլեկտրակայանի շահագործման ծախսերի և արտադրված էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի վրա ավելի մեծ ազդեցություն են ունենում, քան նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ էլեկտրակայանի պարագայում: Նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ էլեկտրակայանից դեպի շրջակա միջավայր CO<sub>2</sub>-ի արտանետումները մոտ 45%-ով ավելի քիչ են, հետևաբար՝ անգամ շուկայում գործող քվոտի վաճառքի առավելագույն գնով դրանց իրացման դեպքում վաճառքից ստացված գումարը տարեկան շահագործման ծախսերի և էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի մեծությունները նվազեցնում է ընդամենը 12%-ով, մինչդեռ ծխազագերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված էլեկտրակայանի նույնանուն մեծությունները նվազում են գրեթե 30%-ով [103]:

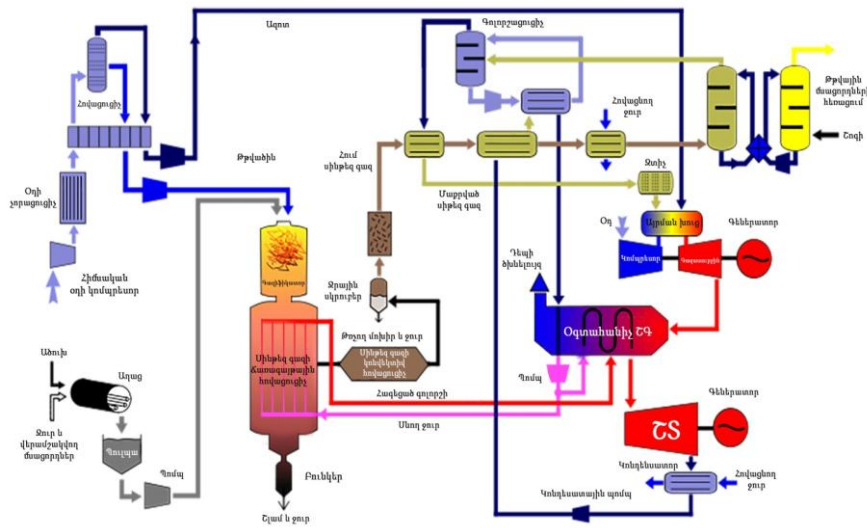


Նկ. 5.5. Ծխազագերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված և նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ էլեկտրակայանի կապիտալ ներդրումների, շահագործման ծախսերի և արտադրված էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի կախվածությունը ածխածնի երկօքսիդի քվոտների վաճառքի գնից

Գնահատելով համեմատովոր էլեկտրակայանների կապիտալ ներդրումների, շահագործման ծախսերի և արտադրված էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի մեծությունները, ինչպես նաև CO<sub>2</sub>-ի քվոտների վաճառքի հանգամանքը՝ հստակորեն կարելի է փաստել, որ նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացման տարբերակը, իր էկոլոգիական բոլոր առավելություններով հանդերձ, տնտեսապես ավելի նպատակահարմար է կիրառել առավել մեծ ՕԳԳ ունեցող շոգեգազատու ընկերության տեղակայանքներում [104]:

Վերջին տասնամյակում մեծ ուշադրություն են դարձվում շոգեգազատու ընկերության տեղակայանքներում ածուխների

Ներցիկլային գազիֆիկացման մեթոդների մշակմանը, որոնց բարձր արդյունավետություները հեղուկ և գազանման վառելիքով աշխատելու դեպքում ապացուցված է արդյունաբերական մասշտաբով: Polk ՁԷԿ-ում ներդրված նախագիծը (Նկ. 5.6) էլեկտրաէներգետիկական բնագավառում երբևիցե իրականացված առավել համարձակ նախագծերից մեկն է, որի ՕԳԳ-ն 10...12%-ով բարձր է ավանդական ածխափոշային կայանների համանուն ցուցանիշից: Ժամանակակից շուկայական հարաբերությունների և էկոլոգիական չափորոշիչների մշտապես խտացման պայմաններում կարևորագույն նշանակություն են ստանում որպես օրգանական վառելիք ածխի կիրառման և ապրանքային պոտենցիալի օգտագործման տնտեսական հայեցակարգերը:

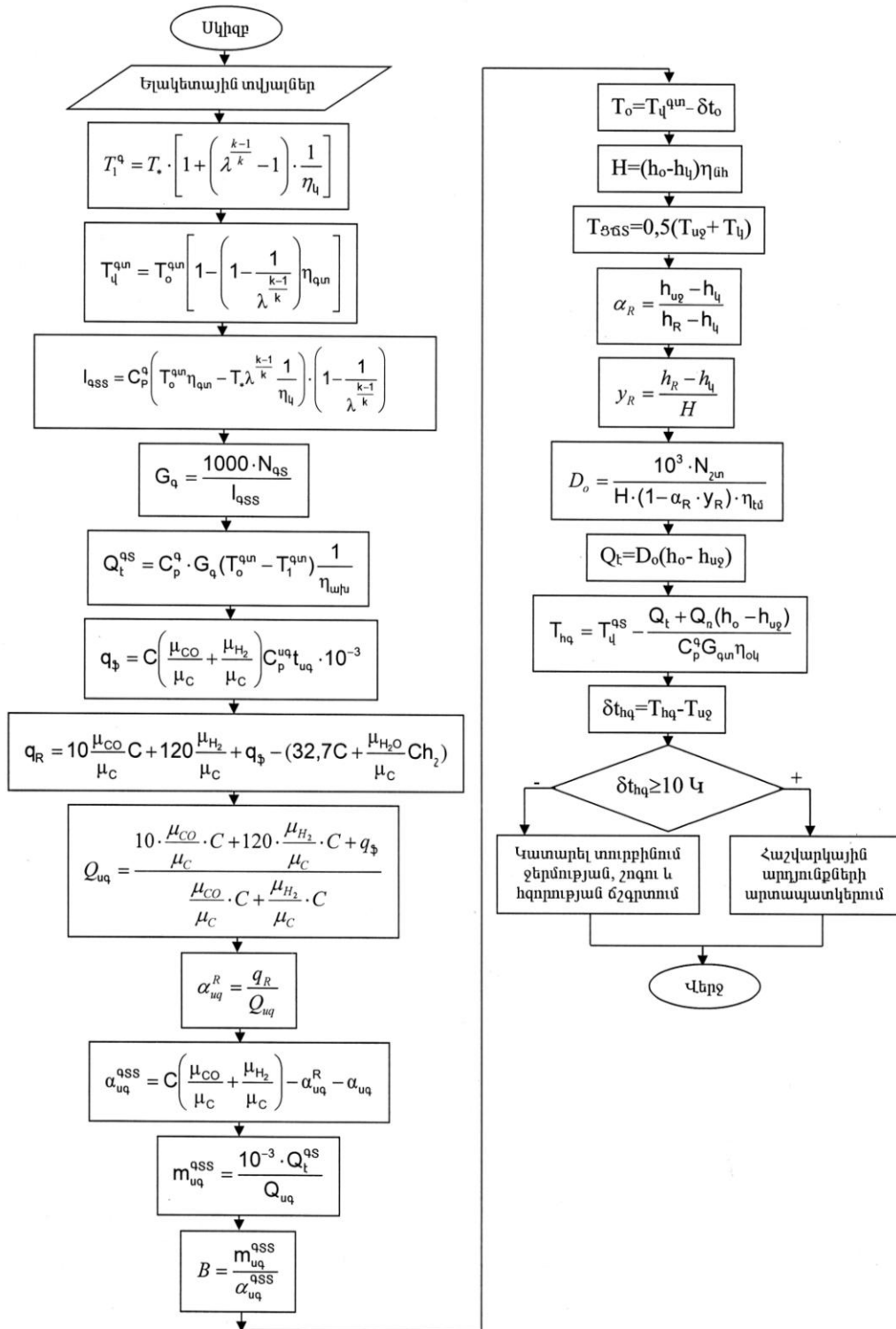


Նկ. 5.6. Ածխի ներցիկլային գազիֆիկացմամբ ԾԳՏՏ-ի տեխնոլոգիական սխեմա (Polk ՁԷԿ)

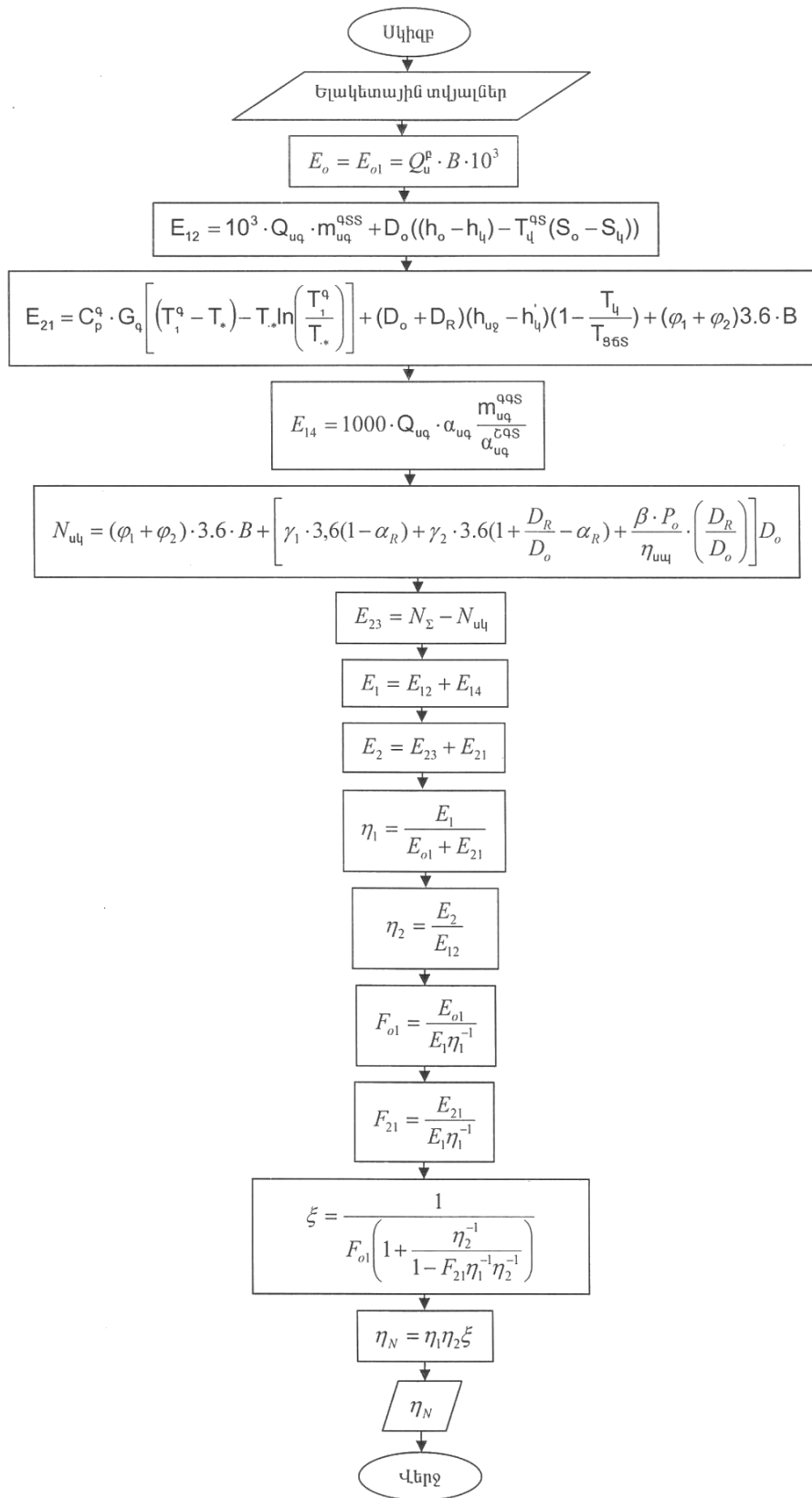
Ածխի ցիկլային գազաֆիկացմամբ շոգեգազային տեղակայանքների բարձր ՕԳԳ-ի և վնասակար նյութերի նվազագույն արտանետումների հետ միաժամանակ Polk ՁԷԿ-ն ունենում է չորս տեսակի ուղեկցող արտադրանքների ստացում ու առևտրային իրացում: Իրականում այսպիսի օբյեկտում սկզբունքորեն ձևավորվում է յուրօրինակ «ածխի համալիր մշակման գործարան» հայեցակարգը, այսինքն, ձեռնարկություն, որում ածխից ստանում են շուկայում պահանջարկ ունեցող մի քանի նյութեր: Polk ՁԷԿ-ն աշխատում է 2.3% ծծմբապարունակությամբ ածխով: Ծծմբագերծման աստիճանը հասնում է 95%-ի, ուստի ՁԷԿ-ն օրական վաճառում է մոտ 100տ 98%-անոց ծծմբական թթու ֆոսֆորական պարարտանյութ

արտադրող ձեռնարկությանը: NO<sub>x</sub>-երի արտանետումները կազմում են 25 ppm, իսկ օգտահանված ամոնիումի քլորիդն իր հատկություններով բավարարում է շուկայական պահանջներին: Բարձր ջերմաստիճանային գազամաքրման արդյունքում ապահովվում է գազերից ֆտորի և քլորի միացությունների 90%-ով որսում, որոնք էլ այնուհետև չոր տեսքով օգտագործվում են պարարտանյութերի արտադրության համար [63,64]:

Քարածխի գազի ֆիկացմամբ շոգեգազային տեղակայանքի կառուցվածքային սխեմայի առանձին հանգույցների հաշվարկման և արդյունավետության գնահատման համար իրականացվել է համապատասխան բլոկ-սխեմաների մշակում, որոնք բերված են նկ. 5.7-ում և 5.8-ում, իսկ հաշվարկային արդյունքները հավելված 6-ում:



Նկ. 5.7. Քարածխի գազի ֆիկացմամբ շոգեգազային տեղակայանքի կառուցվածքային սխեմայի հաշվարկային ալգորիթմ



Նկ. 5.8. Քարածիխ գազի ֆիկացմամբ շոգեգազատու ըրիւսայի ն տեղակայ անքի աղոյ ու նալետու թյ ան գնահատման ալ գորիթ

Կախված գազի ֆիկացման պրոցեսի պայմաններից (ճնշում, ջերմաստիճան, ածխափոշու չափսեր և այլն), գազի ֆիկացնող միջավայրից, վառելիք-օքսիդիչ հարաբերակցությունից ( $\gamma$ ), ջրաածխային լուծույթի խոնավապարունակությունից ( $w$ ), առաջացող սինթետիկ գազի բաղադրամասային կազմը կարող է լինել տարբեր, որն էլ իր հերթին կհանգեցի դեպի մթնոլորտ արտանետվող միացությունների քանակական փոփոխության: Տարբեր բաղադրամասային կազմով սինթետիկ գազերի դեպքում դեպի մթնոլորտ արտանետվող ածխածնի երկօքսիդի քանակությունները բերված են հավելված 7-ում, իսկ դրանց հաշվարկը կատարվել է ըստ աղյուսակ 5.2-ի տվյալների:

Աղյուսակ 5.2. Սինթետիկ գազի բաղադրամասային կազմը՝ գազի ֆիկացման տարբեր պայմանների դեպքում

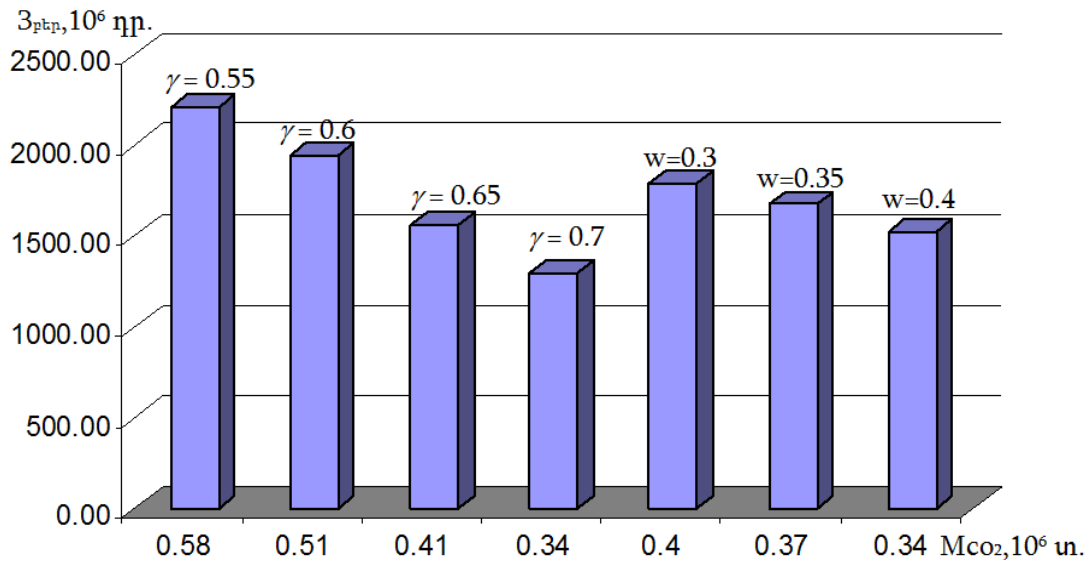
Գազի ֆիկացվող միջավայր	CO, %	H <sub>2</sub> , %	CH <sub>4</sub> , %	H <sub>2</sub> O, %	N <sub>2</sub> , %	CO <sub>2</sub> , %	H <sub>2</sub> S, %
<b>Չոր ածխափոշի</b>							
$\gamma=0.55$	66.31	27.58	4.5	<0.01	1.4	<0.01	0.2
$\gamma=0.6$	64.41	33.49	0.06	0.36	1.32	0.17	0.18
$\gamma=0.65$	48.4	30.3	<0.01	14.36	1.14	5.64	0.15
$\gamma=0.7$	37.94	27.07	<0.01	25.16	1.01	8.68	0.13
<b>Ջրաածխային լուծույթ</b>							
$w=0.3$	46.06	27.21	<0.01	17.93	1.17	7.47	0.15
$w=0.35$	41.20	25.33	<0.01	22.99	1.13	9.2	0.14
$w=0.4$	36.31	23.29	<0.01	28.31	1.09	10.86	0.13

Աղ. 5.2-ում բերված տվյալների վերլուծությունից հստակ երևում է, որ անկախ գազի ֆիկացման տարբերակից, առաջացող սինթետիկ գազը հիմնականում կազմված է ածխածնի մոնօքսիդից (CO), ջրածնից (H<sub>2</sub>), մեթանից (CH<sub>4</sub>), ջրային գոլորշիներից (H<sub>2</sub>O), ածխաթթու գազից (CO<sub>2</sub>) և կարող է պարունակել մոլեկուլային ազոտ (N<sub>2</sub>) և ծծմբաջրածին (H<sub>2</sub>S): Քանի որ սինթետիկ գազում գոյություն ունեցող CO<sub>2</sub>-ը համարվում է չայրվող միացություն, ուստի դրա քանակությունը այրման արգասիքներում կմնա միևնույնը և վերը գրված միացություններից միայն ածխածնի մոնօքսիդի և մեթանի այրումն կուղեկցվի լրացուցիչ CO<sub>2</sub>-ի առաջացմամբ: Դիտարկվող յուրաքանչյուր տարբերակի համար հաշվարկվել են ածխածնի երկօքսիդի գումարային և մեմբրանային մեթոդով դրանց որսման դեպքում դեպի մթնոլորտ արտանետվող քանակությունները՝ արդյունքները զետեղելով հավելված 7-ում:



Համաձայն NanoGLOWA կազմակերպության տվյալների 1 տ CO<sub>2</sub>-ի որսման համար պահանջվող ծախսերը գտնվում են 15...20եվրո/տ տիրույթում, մինչդեռ, CO<sub>2</sub>-ի արտանետումների շուկայում քվոտի արժեքը կազմում է 10...35եվրո/տ:

Նկ. 5.9-ում պատկերված է տարբեր բաղադրամասային կազմով սինթեզ գազերի դեպքում մեմբրանային մեթոդի համար պահանջվող բերված ծախսերի (3) և համապատասխանաբար որսված ածխաթթու գազի քանակների (Mco<sub>2</sub>) միջև կապը:

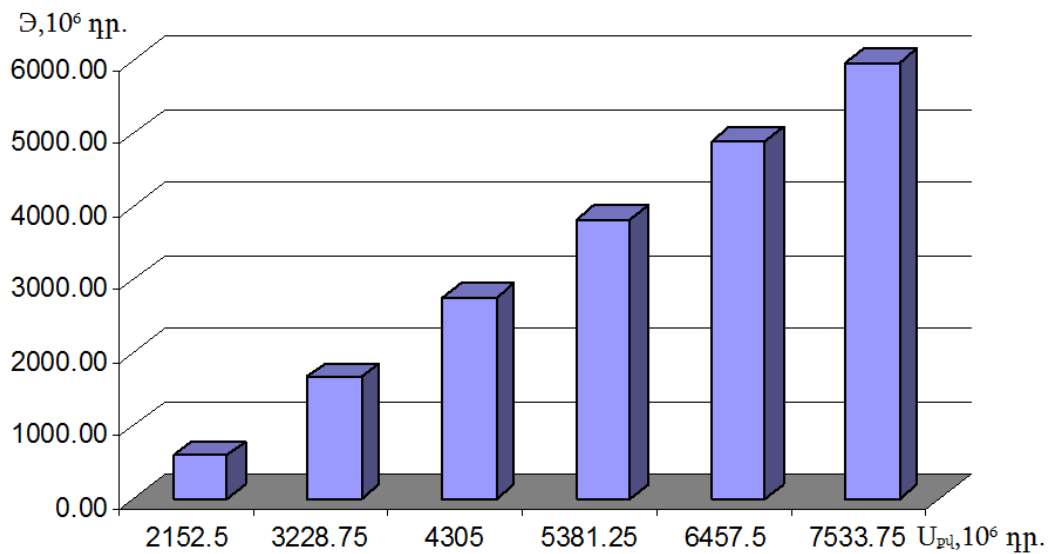


Նկ. 5.9. Բերված ծախսերի կախվածությունը մեմբրանային մեթոդով որսված ածխածնի երկօքսիդի քանակությունից

Բերված գրաֆիկական առնչություննից կարելի է եզրակացնել, որ չոր ածխափոշու գազի ֆիկացման դեպքում վառելիք-օքսիդիչ հարաբերակցության մեծացումը հանգեցնում է CO<sub>2</sub>-ի որսման համար պահանջվող բերված ծախսերի նվազեցման՝ պայմանավորված նշված տարբերակների դեպքում առաջացած, և հետևաբար նաև որսված CO<sub>2</sub>-ի քանակի կրճատմամբ: Նույն դատողություններով կարելի է բացատրել նաև ջրածխային լուծույթի գազի ֆիկացման դեպքում՝ խոնավապարունակության մեծացման հետևանքով բերված ծախսերի նվազեցումը:

Նկ. 5.10-ում պատկերված է ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման գործընթացի տարեկան տնտեսական արդյունքի կախվածությունը արտանետումների շուկայում քվոտի վաճառքի գնից: Ընդ որում, հաշվարկները իրականացվել են դիտարկվող տարբերակներից միայն մեկի օրինակով ( $\gamma=0.65$ ), քանզի մնացած

տարբերակների դեպքում օրինաչափությունը նույնությամբ պահպանվում է:



Նկ. 5.10. Ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման գործընթացի տարեկան տնտեսական արդյունքի կախվածությունը արտանետումների շուկայում քվոտի վաճառքի գնից ( $\gamma=0.65$  դեպքում)

Բերված գրաֆիկական պատկերումից կարելի է եզրակացնել, որ արտանետումների շուկայում CO<sub>2</sub>-ի քվոտի արժեքի ավելացումը, ակնհայտորեն, բերում է տարեկան տնտեսական արդյունքի մեծացման և արտանետումների շուկայում CO<sub>2</sub>-ի քվոտի անգամ նվազագույն վաճառքի գնի դեպքում իրականացվող միջոցառումը արդյունավետ է և ապահովում է տարեկան դրական տնտեսական արդյունք:

### 5.1.2. Ջրային գույորշիների արտանետումների նվազեցման տարբերակների հետազոտում

ՋԷԿ-երից դեպի մթնոլորտ արտանետվող ջրային գույորշիներ ուղղակիորեն բացասաբար չի ազդում մարդու օրգանիզմի, կենդանական և բուսական աշխարհի վրա, սակայն, ինչպես ցանկացած եռատոմ գազ, ունի իր ուրույն դերը գլոբալ տաքացման գործընթացում, հանգեցնում է մառախուղների, հաղորդալարերի և ճանապարհների վրա սառցե շերտերի առաջացման, խթանում է ծծմբական թթվի գույորշիների և ֆոսֆորիմիական թունամշուշի առաջացման երևույթները: Էլեկտրակայաններից ջրային

գույնի արտանետման աղբյուրներ են տուրբինի կոնդենսատորների հովացման համակարգերն ու ծխնելույզները:

Կաթսայական ագրեգատներից հեռացող ծխագազերում պարունակվող ջրային գույնի ձևավորվում է վառելիքի այրման արդյունքում՝ դրանում պարունակող խոնավության՝  $W^p$ , և ջրածնի՝  $H^p$ , պատճառով: Հատկապես շատ ջրային գույնիներ են պարունակում բնական գազի, համեմատաբար ավելի քիչ մագնիսի և գրեթե աննշան հանածո ածխի այրման արգասիքներում: Կատարված հետազոտությունների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ որոշ դեպքերում ծխնելույզից դեպի մթնոլորտ արտանետվող ջրային գույնիների քանակը կարող է գերազանցել աշտարակահովացուցիչից գույնիացման և կաթիլային տարվածքով պայմանավորված արտանետումները: Ծարադրվածն առավելապես վերաբերում է բնական գազով աշխատող ջերմաֆիկացիոն էներգաբլոկներով կահավորված ՁԵԿ-երին, որոնցից ջրային գույնիների 60%-ը արտանետվում է ծխնելույզից և միայն 40%-ը՝ աշտարակահովացուցիչներից:

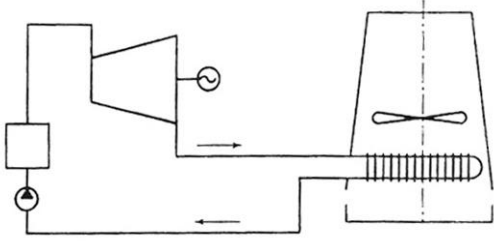
Արտասահմանյան գրականությանը ունից հայտնի է հեռացող ծխագազերում պարունակվող ջրային գույնիներից ջրի ստացման տեխնոլոգիան: Այն հիմնվում է մակերևույթային կամ կոնտակտային ջերմափոխանակիչների օգտագործման վրա, որոնց արտաքին մակերևույթին տեղի է ունենում ծխագազերում պարունակվող ջրային գույնիների կոնդենսացում: Նման տեխնոլոգիաները կարող են կիրառվել ոչ միայն նվազեցնելու համար տեխնիկական ջրի ծախսը, այլ և վերադարձնելու հնոցում ջրի գույնիացման վրածախսված ջերմությանը [48, 49]:

Հեռացող ծխագազերի հետ ջերմության կորուստների նվազեցման արդյունավետ և հեռանկարային մեթոդներից մեկը դրանց հովացումն է մինչև ցողի կետից ցածր ջերմաստիճանը: Այդ դեպքում ունենում ենք զգալի քանակությամբ ցածր պոտենցիալային ջերմության, ինչպես վառելիքի այրման արգասիքների հովացման (ֆիզիկական ջերմության օգտահանում), այնպես էլ դրանցից ջրային գույնիների կոնդենսացման (թաքնված ջերմաքանակի օգտահանում) միջոցով՝ ապահովելով վառելիքի զգալի տնտեսում: Տեսականորեն հնարավոր է օգտահանել վառելիքի այրման արգասիքներից ջրային գույնիների կոնդենսացման լրիվ

(հեռացող ծխագազերի  $0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի դեպքում) ջերմություները, սակայն հեռացող ծխագազերի հովացման իրական հնարավորությունները կազմում է մինչև  $20...40^{\circ}\text{C}$ , որի դեպքում կոնդենսացման ջերմության օգտագործման արդյունավետությունները մասամբ նվազեցնում է [50, 51]:

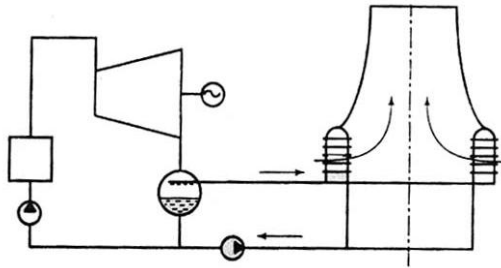
Յեռացող ծխագազերի խորը օգտահանման տեխնոլոգիաների ներդրման դեպքում ստեղծվում են իրական հնարավորություններ բարելավելու էլեկտրակայանի էկոլոգիական ցուցանիշները՝ շնորհիվ դեպի շրջակա միջավայր ծխագազերի հետ ջերմության, ազոտի օքսիդների և ածխաթթու գազի արտանետումների բացակայություն:

Մթնոլորտ արտանետվող ջրային գոլորշիների կրճատման տեսանկյունից ուշագրավ է շրջանառու ջրի հովացումը չոր և կիսաչոր աշտարակահովացուցիչներում: Սխեմաներից մեկը (նկ. 5.11) ապահովում է տուրբինում աշխատած շոգու ուղղակի հովացում մակերևույթային տիպի շոգեօդային ջերմափոխանակիչում՝ հովացնող օդի հարկադրական շարժման պայմաններում: Դիտարկվող տարբերակում բացառվում է աշտարակահովացուցիչից ջրային գոլորշիների արտանետումը դեպի մթնոլորտ: Այս համակարգի թերություններն են՝ շոգեհեռացման խողովակների մեծ տրամագիծն ու երկարությունը, ինչպես նաև մակերևույթային ջերմափոխանակիչի մեծ չափերը: Առկա են նաև դժվարություններ կապված ՋԷԿ-ի մեքենայական սրահում կոնդենսատորի տեղադրման հետ: Տվյալ դեպքում տուրբինում աշխատած գոլորշու ճնշումը որոշվում է արտաքին օդի ջերմաստիճանով՝ կոնդենսատորում ջերմափոխանցման ամենափոքր գործակցի դեպքում, սակայն կոնդենսատորի շոգեհեռացնող խողովակների դիմադրության պատճառով աշխատած գոլորշու ճնշումը տուրբինի էլքում ստացվում է բավականին բարձր և կարող է հասնել  $15...24$  կՊա՝ սովորական  $3...5$  կՊա-ի փոխարեն:



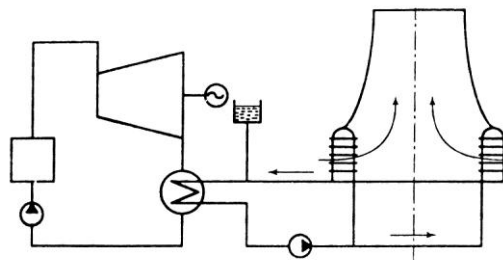
Նկ. 5.11. Ուղղակի հովացմամբ կոնդենսացիոն տեղակայանքի սխեմա

Նկար 5.12-ում ներկայացված է խառնման տիպի կոնդենսատորով և չոր աշտարակահովացուցիչով կոնդենսացիոն տեղակայանքի սկզբունքային սխեմա: Կոնդենսատորը այդ դեպքում տեղակայվում է անմիջապես տուրբինին կից, իսկ որպես հովացնող ջուր օգտագործվում է տուրբինի կոնդենսատի որակի ջուր, որը նախապես հովացվում է չոր աշտարակահովացուցիչում:



Նկ. 5.12. Չոր աշտարակահովացուցիչով կոնդենսացիոն տեղակայանքի սկզբունքային սխեմա

Նկար 5.13-ում պատկերված է մակերևույթային կոնդենսատորով և չոր աշտարակահովացուցիչով տեղակայանքի սխեման, որի համար որպես առավել ություն կարող ենք նշել գոլորշացման և կաթիլային տարվածքի հետևանքով շրջանառու ջրի կորուստների բացակայությունը, իսկ որպես թերություն՝ շրջանառու ջրի ոչ բավարար հովացման հետևանքով կոնդենսատորում բարձր ճնշումը:



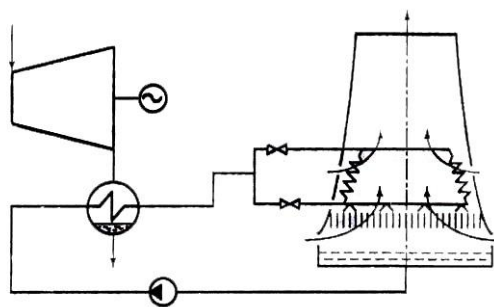
Նկ. 5.13. Մակերևույթային տիպի կոնդենսատորով և անուղղակի չոր հովացմամբ տեղակայանքի սխեմա

Ի տարբերություն թաց աշտարակահովացուցիչների, չորում հովացումը կատարվում է միայն կոնվեկցիայով, ինչի շնորհիվ բացառվում են դեպի շրջակա միջավայր ջրային գոլորշիների արտանետումները և օդի խոնավության բարձրացումը, չեն առաջանում ջրի անվերադարձ կորուստներ, մառախուղներ և ջրի կաթիլների կոնդենսացման պատճառով լրացուցիչ տեղումներ [75]: Վերոնշյալ առավել ությունների հետ մեկտեղ, շրջակա միջավայրի

վրա ունեցած ազդեցությունների տեսանկյունից, չոր աշտարակահովացուցիչներն ունեն նաև մի շարք թերություններ: Մասնավորապես.

1. չոր աշտարակահովացուցիչում ջրի հովացման համար պահանջվում է 3...5 անգամ ավելի շատ օդ,
2. հովացնող ջրի և օդի անմիջական հպման բացակայության պայմաններում հովացման արդյունավետությունը նվազում է, ինչը ամառային ժամանակահատվածում բերում է տուրբիների հզորության անկման,
3. որոշակի խնդիր է առաջանում նաև ձմեռային ժամանակահատվածում, երբ շատ ցածր ջերմաստիճանների դեպքում առկա է ջրի սառեցման վտանգ և կարիք է զգացվում մշակել միջոցառումների մի ամբողջ շարք այդ վտանգը կանխելու և տեղակայանքի հուսալի աշխատանքը ապահովելու համար,
4. մեծ հզորությամբ էներգաբլոկների չոր աշտարակահովացուցիչների չափերը զգալի են և դա որոշակի դժվարություններ է առաջացնում հարմարադասման տեսանկյունից:

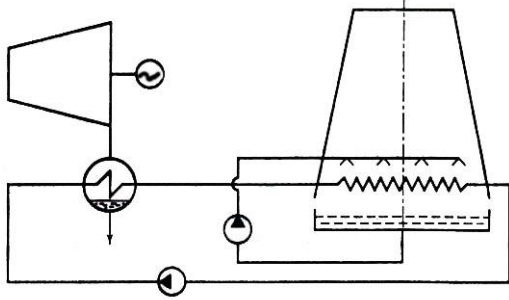
Բացի չոր աշտարակահովացուցիչներով շրջանառու ջրամատակարարման համակարգերից, որոշ դեպքերում կարող են կիրառվել թաց-գոլորշային և չոր-օդային աշտարակահովացուցիչների համակցումներ (հիբրիդ աշտարակահովացուցիչներ նկ. 5.14):



Նկ. 5.14. Հիբրիդ աշտարակահովացուցիչով շրջանառու ջրամատակարարման սխեմա

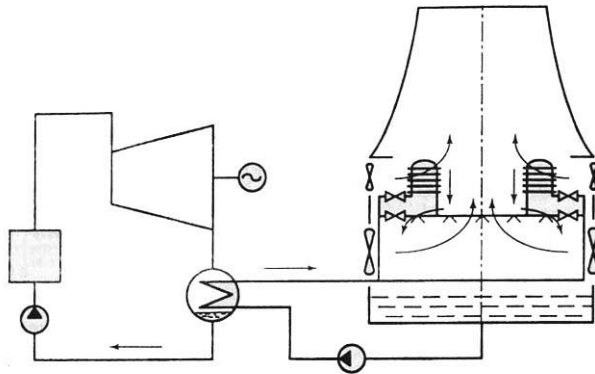
Թաց-գոլորշային աշտարակահովացուցիչում տեղակայվում է մակերևույթային տիպի ջերմափոխանակիչ, որը հովացվում է մթնոլորտային օդով: Ավելի ներքև գտնվում են ոռոգիչ

սարքավորման ջրաբաշխիչը և ջրի գոլորշիացմամբ հովացման թաղանթային կամ կաթիլային տիպի կոնտակտային մակերևույթները: Շրջանառու ջրի առբերիչ և հեռացնող խողովակների վրա փոխարկող սողնակների առկայությունը թույլ է տալիս միացնել աշտարակահովացուցիչի առաջին կամ երկրորդ աստիճանների ախտանքը առանձին, կամ միաժամանակ: Նկար 5.15-ում պատկերված է ջրային ոռոգումով չոր տիպի աշտարակահովացուցիչի մեկ այլ սխեմա, որում ջերմափոխանակության պրոցեսի արդյունավետության մեծացման համար իրականացվում է խողովակների ջրային ոռոգում՝ աշտարակահովացուցիչի ջրահավաք ավազանից: Ոռոգիչ ջուրը մասամբ գոլորշիանում է՝ իջեցնելով ջերմափոխանակման մակերևույթի ջերմաստիճանը մինչև խոնավ ջերմաչափի ցուցմունք: Ավազանից ջրի կորուստները վերականգնվում են ջրի բնական աղբյուրից (գետ, լիճ, արտեզյան ջրեր) վերցված ջրով: Այս սխեմայում օգտագործվում են երկու շրջանառության պոմպեր՝ մեծ արտադրողականությամբ, որը օգտագործվում է հովացնող ջուրը դեպի կոնդենսատոր մղելու համար, իսկ մյուսը՝ համեմատաբար ավելի փոքր արտադրողականությամբ, ծառայում է ոռոգման համակարգի համար [105]:



Նկ. 5.15. Ջրային ոռոգումով չոր աշտարակահովացուցիչի սխեմա

Նկար 5.16-ում պատկերված է համակցված վենտիլյատորային աշտարակահովացուցիչի սխեման:



Նկ. 5.16. Մակերևույթային տիպի կոնդենսատորով համակցված վենտիլյատորային աշտարակահովացուցիչի սխեմա

Տաքացված կոնդենսատորից աշտարակահովացուցիչ, որը կազմված է երկու մասից. կողավորված խողովակներով մակերևույթային ջերմափոխանակիչի տեսքով և թաց գոլորշիացող մասից՝ թաղանթային տիպի ոռոգման սարքավորումներով: Համակցված աշխատանքային ռեժիմում շրջանառության ջրի մեծ մասի հովացումն ապահովվում է դրա մասամբ գոլորշիացմամբ, իսկ 20...25%-ը տրվում է օդային ջերմափոխանակիչ: Մաքուր գոլորշային աշխատանքային ռեժիմը բնութագրվում է մակերևույթային ջերմափոխանակիչի անջատմամբ և շրջանառության ողջ ջուրը, շրջանցելով չոր մասը, անմիջապես ուղղվում է ոռոգիչ սարքավորում: Թաց մասի վենտիլյատորները մատուցում են մթնոլորտային օդ՝ ոռոգիչով ներքև իջնող ջրին հակահոս: Ջրի հովացումը կատարվում է առավելապես գոլորշիացման հաշվին: Հովացված ջուրը կրկին պոմպերով ուղղվում է դեպի կոնդենսատոր: Աշխատանքային համակցված ռեժիմում շրջանառության ջուրը սկզբում մասամբ կամ ամբողջությամբ անցնում է ջերմափոխանակիչի միջով՝ չոր մասում (որի ելքում օդը տաքանում է) և որոշ չափով հովացած մուտք է գործում գոլորշիացմամբ հովացման հատված: Հետագայում չոր և գոլորշիացման հատվածների օդային հոսքերը խառնվում են միմյանց, ինչի հետևանքով աշտարակահովացուցիչի ելքում օդի հարաբերական խոնավությունը նվազում է, իսկ ջերմաստիճանը՝ աճում: Այս դեպքում քարշիչ աշտարակի վրա մառախուղը կամ նվազում է, կամ էլ լրիվ անհետանում՝ կախված շրջապատի օդի



չերմաստիճանից և խոնավությունից: Ձմեռային ժամանակաշրջանում, երբ հովացնող ջրի ծախսը զգալի կերպով նվազում է, հիմնականում գործում է աշտարակահովացուցիչի չոր հատվածը, ինչը թույլ է տալիս գործնականորեն բացառել մառախուղների առաջացումը:

Դեպի մթնոլորտ արտանետվող ջրային գոլորշիների նվազեցման համար համակցված աշտարակահովացուցիչների շահագործումը նպատակահարմար է ոչ միայն ջրասակավ տարածաշրջաններում՝ շրջանառու ջրի կորուստների լրասման ինդիքի լուծման, այլև կայանի էկոլոգիական չափորոշիչների բարելավման տեսանկյունից:

## ԵԶՐԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Ծխագազերի մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաների ներդրումը կանխարգելում է շրջակա միջավայրի աղտոտումը՝ նվազագույնի հասցնելով կամ բացառելով դրա առանձին բաղադրիչներին ՁԵԿ-երի շահագործմամբ պատճառված վնասը: Ժամանակակից գիտահետազոտական և նախագծավորձարարական աշխատանքների գործնական իրացումը հնարավոր է դարձնում ՁԵԿ-երի արտանետումների մաքրման տեխնոլոգիական գործառնությունների կատարելագործումը և զրոյական գազային արտանետումներով էլեկտրակայանի շահագործումը:
2. Ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման թաց կրային մեթոդի արտադրատեխնոլոգիական ճիշտ կազմակերպմամբ հնարավոր է ոչ միայն պահպանել արտադրված էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի մակարդակը, այլև մարքեթինգային ճիշտ լուծումներով նվազեցնել այն: Համաձայն կատարված հաշվարկների արդյունքների իրացվող գիպսի քանակության մեծացմանը զուգընթաց էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքը նվազում է և իրացման որոշակի ծավալից սկսած մաքրման տեղակայանքի առկայության դեպքում արտադրված և առաքված էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքները ավելի փոքր են ստացվում, քան տեղակայանքի բացակայության դեպքում: Ընդ որում, գիպսի զրոյական իրացման դեպքում էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքն աճում է մոտ 10%-ով, իսկ գիպսի 100%-ով իրացման դեպքում ինքնարժեքի նվազումը կազմում է 5%:
3. Հաշվի առնելով ԱԱԳ-ի հիմնական բնութագրերի փոփոխությունը՝ առաջարկվող ալգորիթմը հնարավորություն է ընձեռում գնահատել այրիչների հարմարադասման ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա: Ըստ Հրագրան ՁԵԿ-ի օրինակով կատարված հաշվարկների՝ այրիչների հատակային հարմարադասման պարագայում, հնոցային աերոդինամիկայի և ջերմազանգվածափոխանակության պայմանների բարելավման շնորհիվ, ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքը նվազում է 20%-ով:
4. Քանի որ ազոտի օքսիդների նվազեցմանը նպասակաուղղված բնապահպանական միջոցառումների տնտեսական արդյունավետությունը դրսևորվում է միայն խնայված

բնապահպանական վճարների ձևով, ուստի արտանետվող միացությունների համար սահմանված դրույքաչափի մեծությունն այս պարագայում դառնում է որոշիչ գործոն: Հաշվարկային արդյունքները վկայում են, որ միայն դրույքաչափի 100 անգամյա մեծացումն է ապահովում էկոլոգիական տեսանկյունից անհրաժեշտ միջոցառման՝ վերականգնման սելեկտիվ կառավարման մեթոդի, ընդգրկում «մրցակցող» միջոցառումների եռյակում:

5. Գրաֆիկական առնչությունների փոխարինումը մաթեմատիկական արտահայտություններով հնարավորություն է ընձեռում կառուցել այրման արգասիքներում բենզապիրենի քանակության հաշվարկման ալգորիթմը՝ զգալիորեն փոքրացնելով սուբյեկտիվ սխալի հավանականությունը և մեծացնելով հաշվարկների ճշտությունը:
6. Հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի թույլ ատրելի սահմաններում նվազեցնելու և այրման ռեժիմային գործընթացի վերահսկելի փոփոխման արդյունքում կարելի է իրականացնել և դեպի մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների, և դրանց դիմաց գանձվող բնապահպանական վճարների նվազեցում: Տարեկան բնապահպանական վճարները մինչև  $\alpha_n'' = 1.054$  արժեքը պայմանավորված են գերակշռորեն թերայրման արգասիքների արտանետումների համար գանձումներով, որոնց էական չափաբաժինը կազմում են բենզապիրենի արտանետումների համար գանձումները, իսկ 1.054 արժեքի գերազանցման պարագայում՝ հիմնականում պայմանավորված են ազոտի օքսիդների արտանետումներով և մնում են գրեթե հաստատուն:
7. Նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ էլեկտրակայանից դեպի շրջակա միջավայր CO<sub>2</sub>-ի արտանետումները մոտ 45%-ով ավելի քիչ են, հետևաբար՝ անգամ շուկայում գործող քվոտի վաճառքի առավելագույն գնով դրանց իրացման դեպքում վաճառքից ստացված գումարը տարեկան շահագործման ծախսերի և էլեկտրակայան էներգիայի ինքնարժեքի մեծությունները նվազեցնում է ընդամենը 12%-ով, մինչդեռ ծխազագերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված էլեկտրակայանի նույնանուն մեծությունները նվազում են գրեթե 30%-ով:

8. Արտանետումների շուկայում CO<sub>2</sub>-ի քվոտի արժեքի ավելացումը, միանշորեն հանգեցնում է տարեկան տնտեսական արդյունքի մեծացման, ընդ որում, արտանետումների շուկայում CO<sub>2</sub>-ի քվոտի անգամ նվազագույն վաճառքի գնի դեպքում իրականացվող միջոցառումը արդյունավետ է և ապահովում է տարեկան դրական տնտեսական արդյունք:

### ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Большаков Б.Е.** Наука устойчивого развития. Книга I. Введение. – М.: РАЕН, 2011. – 272 с.
2. ՀՀ օրենքը «Մթնոլորտային օդի պահպանության մասին». - Երևան, 1994:
3. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the council **on industrial emissions (integrated pollution prevention and control): Text with EEA relevance**, 2010. – 102p.
4. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС, РД 34.02.305-98, 1998.-36 с.
5. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). - СПб.: ОАО «НИИ Атмосфера», 2012. – 224 с.
6. Технологические методы защиты окружающей среды от выбросов вредных соединений в энергетике и химическом производстве / **А.В. Ефимов, М.А. Цейтлин, А.Л. Гончаренко и др.** Учебное пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. – 217 с.
7. **Росляков П.В.** Методы защиты окружающей среды: Учебник для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007.- 336 с.
8. **Беспалов В.И., Беспалова С.У., Вагнер М.А.** Природоохранные технологии на ТЭС: Учебное пособие. - 2-е изд. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 240 с.
9. **Григорьева Н.А., Жагфаров Ф.Г.** Расчет установки получения серы методом Клауса: Методические указания по выполнению курсового проекта по курсу “Газохимия” / Под редакцией проф. А.Л. Лapidуса. – М., - 2006. - 15с.
10. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3502>. 02.05.2018г.
11. <http://tes.power.nstu.ru/index.php?id=21> 02.05.2018г.

12. Саламов А.А. Опыт некоторых энергетических компаний США и Центральной Европы по защите окружающей среды // Теплоэнергетика. – 2002. – № 2. – С. 76-78.
13. Ежова Н.Н., Власов А.С., Делицын Л.М. Современные методы очистки дымовых газов // Экология промышленного производства. – М., 2006.- С. 50-57.
14. Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС. – М.: Энергоиздат, 1981. – 296 с.
15. Zhang Zhilong, Tang Mao-Ping. Introduction to the sea water scrubbing desulfurization technology of 6×6 00MW generating units in Zhangzhou Houshi Power Plant // Zhongguo dianli-Elec. Power. – 2002. - V. 35. № 7. - P. 69-71.
16. Мостинский И.Л. О возможности очистки газов ТЭС от диоксидов серы щелочным регенерируемым сорбентом // Теплоэнергетика. – 1990. – №2. – С. 50–54.
17. Нолан П.С. Сероочистка дымовых газов на ТЭС // Сжигание топлив с минимальным воздействием на окружающую среду: Тезисы докл. Междунар. конф., июнь 1993г.: – М., 1993. – 42 с.
18. Вольчин И.А., Ясинецкий А.А Технологии сухой и полусухой сероочистки дымовых газов угольных ТЭС // Энергетика та електрифікація : наук.-вироб. журн. – 2012. – №5. – С. 46-51.
19. <https://www.topsoe.com/ru/tehnologii/udalenie-sery/tehnologiya-polucheniya-sernoy-kisloty-metodom-mokrogo-kataliza-wsa>. 02.05.2018.
20. Опыт освоения опытно-промышленной установки очистки дымовых газов от диоксида серы на Дорогобужской ТЭЦ / В.М. Беляйкин, Б.В. Некрасов, И.Н. Шмиголь и др. Электрические станции. - 1996. - № 7. - С. 34-36.
21. Саламова Н.В. Методы одновременной очистки дымовых газов ТЭС от оксидов серы и азота // Электрические станции. - 1997. - № 12. - С. 56—60.
22. Ежов В.С. Разработка комплексного способа очистки газообразных выбросов теплогенерирующих установок: Дис. ... д.т.н. – М., 2009. – 341с.
23. Մարտիկյան Ռ.Զ. Շրջակա միջավայրի պաշտպանությունը ՋԷԿ-երի և ԱԷԿ-ների արտանետումներից. Ուսումնական ձեռնարկ. - Մաս I / ՀԳՃՀ. - Եր.: Ըարտարագետ, 2002. – 116 էջ :
24. Долинин И.В. Экологический мониторинг выбросов NO<sub>x</sub> на ТЭЦ-27 ОАО “Мосэнерго” // Теплоэнергетика. – 2002.- № 12. - С. 9-13.

25. **Котлер В.Р., Енякин Ю.П.** Реализация и эффективность технологических методов подавления оксидов азота на ТЭС // Теплоэнергетика. - 1994. - № 6. - С. 2-9.
26. Разработка и внедрение на энергетических котлах низкотоксичных газомазутных горелок / **Е.К. Чавчанидзе, Н.С. Шестаков, Н.Г. Жмерик и др.** Теплоэнергетика. - 2003. - № 2. - С. 58-63.
27. **Блинов Е.А.** Топливо и теория горения. Раздел: Подготовка и сжигание топлива: Учеб.-метод. комплекс (Учеб. пособие). - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – 119 с.
28. **Абрютин А.А., Чупров В.В.** Исследование влияния ступенчатого сжигания топлива на теплообмен в топках газомазутных котлов // Теплоэнергетика. - 2007. - № 2. - С. 54-61.
29. **Котлер В.Р.** Опыт компании Mitsui Babcock по снижению выбросов оксидов азота на угольных электростанциях // Теплоэнергетика. - 2005. - № 12. - С. 67-71.
30. BOFA System Retrofit for NO<sub>x</sub> Emission Reduction at Sines Unit 4 / **M.D. Maloney, T.A. Naja, S. Sen et al** // Modern Power System. - 2006. - № 7. - P. 13-14.
31. **Бабий В.И., Алавердов П.И., Барбараш В.М., Канаева Т.В.** Влияние предварительного подогрева угольной пыли на выход “топливных” окислов азота // Теплоэнергетика. - 1983. - № 9. - С. 10-13.
32. Повышение экологической безопасности ТЭС / **А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров и др.** Учебное пособие для вузов/ Под ред. А.С. Седлова. - М.: Издательство МЭИ. 2002. – 377с.
33. **Ульянов В.В.** Расширение технологических возможностей схем рециркуляции продуктов сгорания на газомазутных котлах // Электрические станции. – 2005.- № 5.- С. 30-35.
34. **Внуков А.К., Розанова Ф.А.** Цена подавления оксидов азота рециркуляцией газов на котлах // Энергетик.-2008.- № 7.-С. 35-36.
35. Применение СНКВ-технологии для снижения выбросов NO<sub>x</sub> котельными установками / **Ю.С. Ходаков, А.А. Алфеев, Ю.В. Ржезников и др.** // Теплоэнергетика. - 2004. - № 5.- С. 53-59.
36. **Серен С. Эневолдсен.** Применение технологии DeNO<sub>x</sub> компании «Хальдор Топсе АО» на российских электростанциях // Материалы Междунар. научн.-практ. конф.

“Экология энергетики – 2000”, Москва, 18-20 октября 2000г. - М.: Изд-во МЭИ, 2000. - С. 106-109.

37. Горюнов И.Т., Сандлер Н.М., Долинин И.В. Северная ТЭЦ: реализация новейших научных, технических и экологических решений // Электрические станции. - 1997. - №7.- С. 65-69.
38. 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.
39. Скорик Л.Д., Ивонов Ю.В. Очистка дымовых газов ТЭС от оксидов азота вводом аммиака в высокотемпературный тракт котла // Энергетика. - 1985. - №11.- С. 17-18.
40. Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144с.
41. Озонный метод очистки дымовых газов от SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub>/ С.С. Новоселов, А.Ф. Гаврилов, В.А. Светличный и др. // Теплоэнергетика. – 1986. - №9.- С. 30-33.
42. Исследование озонно-аммиачного метода одновременной очистки дымовых газов т SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> при сжигании донецких углей / В.Ю. Симачев, С.И. Новоселов, В.М. Светличный и др. // Теплоэнергетика. - 1988. - № 3. - С. 9-12.
43. Заицев А.Н., Бойко Т.В. Утилизация ванадийсодержащих шлаков промывочных вод ТЭС // Энергосбережение и водоподготовка. - 1999. - № 3. - С. 46-50.
44. Hofmann D., Jockenhövel T., Rosenbauer G. Carbon Capture Technologies for the European Market // VGB PowerTech. - 2008. – р. 52-58.
45. Ежова Н.Н., Сударева С.В. Современные методы очистки дымовых газов тепловых электростанций от диоксида углерода // Теплоэнергетика. – 2009. - № 1. - С. 14-19.
46. Альтшулер В.С., Большедворский А.Д. Газификация углей на тепловых электростанциях // Теплоэнергетика. - 1988. - № 8. - С. 26-30.
47. Сжигание топлив в среде кислорода с рециркуляцией CO<sub>2</sub> / Г. А. Рябов, О.М. Фоломеев, К. В. Ханеев и др. // Энергетика за рубежом. - 2009. - № 1. - С. 26-37.
48. Киосов А.Д., Авруцкий Г.Д. Глубокая утилизация тепла уходящих газов котлов и его аккумулирование // Теплоэнергетика. - 2011. - № 11. - С. 60-63.
49. Гершуни А.Н., Нищик А.П. Энергоэкономическая эффективность утилизации теплоты // Промышленная теплотехника. – 2009. – №2. – С. 82 – 86.

50. Эффективность систем утилизации теплоты отходящих газов энергетических установок различного типа / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, А.И. Степанова и др. // Промышленная теплотехника. – 2008. – №3. – С. 68 – 76.
51. **Закревский В.А.** Контактный нагрев воды уходящими газами в газовых котлах // Вестник БНТУ. – 2007. -№ 3. – С. 54-62.
52. **Ղազարյան Մ.Գ., Էլբակյան Ս.Յ.** Ծրջակա միջավայրի պաշտպանության տնտեսական մեխանիզմների համադրական վերլուծությունը // ՀՊԵՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2009. Հատոր I, №1. - Էջ 667-671
53. **Автономов А.Б.** Мировая энергетика: состояние, масштабы, перспективы, устойчивость развития, проблемы экологии, ценовая динамика топливно-энергетических ресурсов // Электрические станции. - 2003. - № 5. - С. 55—64.
54. <http://www.zeroemissionsplatform.eu/> 05.05.2018.
55. Применение современных технологических процессов и систем управления на экологически чистой пылеугольной ТЭС: Сокращенные переводы докладов на конференции PowerGen Europe 2007 и VGB Workshop “Flue Gas Cleaning 2007” May 22/23, 2007. - Vienna, Austria.
56. [http://libz.ucoz.ru/publ/ugol/tehnologija\\_chistogo\\_szhiganiya\\_uglja/11-1-0-112](http://libz.ucoz.ru/publ/ugol/tehnologija_chistogo_szhiganiya_uglja/11-1-0-112).  
06.05.2018
57. **Брассудов Н.С., Гарденина Г.Н.** Системы очистки дымовых газов для топок с кипящим слоем // Теплоэнергетика.- 1985, - № 11.- С. 70-71.
58. **Рябов Г.А., Фоломеев О.М., Литун Д.С.** Перспективы использования технологии ЦКС при техническом перевооружении ТЭС России // Теплоэнергетика. - 2009.- № 1. - С. 28-36.
59. **Беляев А.А.** Автотермическая газификация низкосортных топлив в кипящем слое // Теплоэнергетика. – 2009. - № 1. - С. 9-13.
60. **Рябов Г.А., Фоломеев О.М., Санкин Д.А.** Сепарация CO<sub>2</sub> с использованием химических циклов сжигания и газификации топлив // Теплоэнергетика. - 2009. - № 6.- С. 39-49.
61. **Безносова Д.С., Григорук Д.К., Лялин Д.А., Туркин А.В.** Перспективы применения гибридных энергоустановок на основе твердооксидных топливных элементов с внутрицикловой газификацией углей // Теплоэнергетика. - 2011. - № 9.- С. 63-67.



62. **Stephens J.C.** Coupling CO<sub>2</sub> Capture and Storage with Coal Gasification: Defining "Sequestration-Ready" IGCC // Fourth Annual Conference on Carbon Capture and Sequestration DOE/NETL. - May 2-5, 2005. – 29 p.
63. **Joos E., Vittu V.** Analysis of IGCC Acceptance Test Data: The Puertollano Case. Gasification Technologies. - San Francisco, California, October 7-10. 2001. - 13p.
64. **Briggs White B., Ames R., Burke P.** Tampa Electric Polk Power Station Integrated Gasification Combined-Cycle Project—Final Technical Report U.S. Department of Energy. - August 2002. 4p.
65. **Батенин В.М., Масленников В.М., Выскубенко Ю.А., Штеренберг В.Я.** Сравнительный технико-экономический анализ вариантов использования угля в парогазовой установке с минимальными выбросами диоксида углерода в атмосферу // Теплоэнергетика. – 2007. - № 1. - С. 43-56.
66. **Масленников В.М., Цалко Э.А., Штеренберг В.Я.** Сравнительный термодинамический анализ альтернативных технологий использования угля в парогазовой установке при минимизации выбросов диоксида углерода в атмосферу // Теплоэнергетика. – 2007. - № 1. - С. 16-23.
67. **Veenhuizen D.** Karita P800 supercritical 360 MW PFBC plant reaches full power // Modern Power Systems. – Nov.1999. - Vol. 19, issue 11. - 35 p.
68. **Аверин А.А., Кудрявцев Н.Ю., Усов А.В.** Образование серного ангидрида в дымовых газах паровых котлов при сжигании сернистого мазута // Теплоэнергетика. - 1994. - № 1. - С. 66-71.
69. **Мостинский И.Л., Визель Я.М.** Очистка уходящих газов тепловых электростанций от окислов серы // "Итоги науки и техники / ВИНТИ АН СССР. Сер. "Тепловые электростанции. Теплоснабжение". - 1981. - Том 2. 92 с.
70. **Rodriguez J., Perez M., Jirsak T.** Coadsorbtion of sodium and SO<sub>2</sub> on MgO (100): alkali promoted S-O bond cleavage // Surface Science. – 2001. - P. 279-288.
71. **Эллисон У.** Десульфуризационные установки с использованием аммиака // Мировая электроэнергетика. - 1996. - № 1. - С. 44-46.

72. **Honghong Yi, Hua Deng, Xiaolong Tang.** Adsorption equilibrium and kinetics for SO<sub>2</sub>, NO, CO<sub>2</sub> on zeolites FAU and LTA // [Journal of Hazardous Materials.](#) - 15 February 2012. - [V. 203-204](#), - P. 111-117.
73. 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.
74. Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Инф. сб. / Под ред. **В.Я. Путилова.** - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 388 -С.
75. **Մարուխյան Ռ.Չ., Հովհաննիսյան Լ.Ս.** Ջրախնայ ողական տեխնոլոգիաների օգտագործումը էներգետիկայում. Դասագիրք. - Եր.: Ճարտարագետ, 2007.-288 էջ :
76. **Մարուխյան Ռ.Չ., Էլբակյան Ս.Յ.** Ծծմբի միացություններից ծխազազերի մաքրման գործընթացի ազդեցությունը էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի վրա // **ՀՊԵՀ (Պոլիտեխնիկ)** տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2010.- Հատոր 2, № 2. - էջ 376-380:
77. **Курочкин А. В., Беляев А. Ф., Беликов С.Е.** Уменьшение выбросов оксидов азота за счет режимных мероприятий при сжигании природного газа // Промышленная энергетика. - 2004. - №12. - С. 49-52.
78. **Кабишов С.М., Трусова И.А., Ратников П.Э., Менделев Д.В.** Анализ эффективности технологических методов снижения выбросов NO<sub>x</sub> при сжигании углеводородного топлива в теплоэнергетических установках. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2013. – 2. - С. 48-53.
79. **Буров Д.В., Котлер В.Р.** Аналитическая статическая модель процесса образования топливных NO<sub>x</sub> при ступенчатом сжигании топлива // Теплоэнергетика. – 1992. - №12. - С. 42-46.
80. **Котлер В.Р.** Усовершенствованный метод двухступенчатого сжигания топлива // Теплоэнергетика. – 2007. - № 2. - С. 73-75.
81. **Котлер В.Р., Сосин Д.В.** Решение экологических проблем при переводе котлов с мазута на водно-битумную смесь.ю // Теплоэнергетика. – 2009. - №3. - С. 75-77.

82. **Кормилицын В.И., Лысков М.Г., Третьяков Ю.М.** Экономичность работы парового котла при управлении процессом сжигания топлива вводом влаги в зону горения // Теплоэнергетика. – 1988. - №8. - С. 13-15.
83. **Хзмалян Д.М.** Теория топочных процессов: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1990.-352 с.
84. **ԷԼ ԲԱԿՅԱՆ Ս.Ր.** Այրիչևերի հարմարադասման ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա. – Երևան, 2017. - Հատ. 70, N3. - Էջ 340-349:
85. **Росляков П.В., Зинкина Н.В.** Влияние условий теплообмена в топочных камерах на образование термических оксидов азота // Теплоэнергетика – 1991.- N12. - С. 60-62.
86. **Hutson, Nick D., Rege, Salil U., and Yang, Ralph T.** Air Separation by Pressure Swing Absorption Using Superior Absorbent, National Energy Technology Laboratory, Department of Energy. - March 2001. – 3p.
87. **Ruthven D.M.** Principles of Absorption and Absorption Process. - Wiley-InterScience, Hoboken, NJ, 2004. – 464p.
88. **Burdyny T., Struchtrup H.** Hybrid membrane/cryogenic separation of oxygen from air for use in the oxy-fuel process // [Energy](#). – May 2010. – [Vol. 35, issue 5](#). - P. 1884-1897.
89. **Մարուխյան Ռ.Չ., Էլ Բակյան Ս.Ր.** Ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների համադրական վերլուծությունը // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2011.- Հատոր 3. - Էջ 392-397:
90. **Барышев В.И.** Снижение выброса окислов азота с помощью регулируемого остаточного химического недожога // Теплоэнергетика. – 1985. - №10, С. 58-60.
91. **Гаврилов А.Ф., Аничков С.М., Бабий В.Ф.** Оценка содержания бенз(а)пирена в уходящих газах котлов, сжигающих мазут // Теплоэнергетика. -1985. -№ 7. - С.43-45.
92. **Гаврилов А.Ф., Аничков С.Н.** Расчёт содержания бенз(а)пирена в продуктах сгорания котлов ТЭС // Теплоэнергетика. - 1988. - № 7. - С. 72-73.
93. **Մարուխյան Ռ.Չ., Էլ Բակյան Ս.Ր., Ակարմազյան Ջ.Ս.** Բենզապիրենի առաջացման պայմանների ուսումնասիրում և հաշվարկային ալգորիթմի մշակում // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) գիտ. և մեթոդ. հոդվ. ժողովածու. - Երևան, 2013. – Մաս 2. - Էջ 540-546:

94. Росляков П.В., Плешанов К.А., Ионкин И.Л. Оптимальные условия для сжигания топлива с контролируемым химическим недожогом // Теплоэнергетика. - 2010. - №4. - С. 17-22.
95. **ԷԼ ԲԱԿՅԱՆ Ս.Ջ.** Օդի ալեկոնկի գործակցի նվազեցման ժամանակ ՋԷԿ-երի գազային արտանետումների վտանգավորության աստիճանի գնահատման ալգորիթմի մշակումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր, Տեխն. գիտ. սերիա. - Երևան 2013. - Հատ. 66. - N2. Էջ 133-138.
96. Пабат А.А. Глобальные изменения климата: антропогенная и космогенная концепции // Энергия. - 2006. - N 7. - С. 42-46.
97. Беляев Л.С., Марченко О.В. Филиппов С.П. Энергетика мира как фактор устойчивого развития // Энергия.- N 11.- 2001. С. 2-11.
98. Historical Overview of Climate Change // Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding et al [S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. -Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. – 36P.
99. United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount. UNFCCC. - 2008. – 130p.
100. CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion highlights. OECD/IEA, 2017. – 162p.
101. Figueroa J.D., Fout T., Plasynski S. Advances in CO<sub>2</sub> capture technology—The U.S. Department of Energy's Carbon Sequestration Program // [International Journal of Greenhouse Gas Control](#). - January 2008. – [Vol. 2, issue 1](#). – P. 9-20.
102. *Разработка отечественной ПГУ сгазификацией угля* / Г. Г. Ольховский, С. И. Сучков и др. // Теплоэнергетика. – 2010. - № 2.- С. 19-26.
103. **Մարուխյան Ռ.Չ., Էլ Բակյան Ս.Ջ.** Ջերմային էլեկտրակայանների տնտեսական արդյունավետության ցուցանիշների վրա ածխածնի երկօքսիդի կապակցման գործընթացի ազդեցության գնահատումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր, Տեխն. գիտ. սերիա. - Երևան 2017. - Հատ. 70, N2. - Էջ 170-177:

104. **Ноздренко Г.В., Щинников П.А., Гепитиной Т. А.** Методические указания к расчету структурной схемы ПГУ с газификацией угля. – Новосибирск: НГТУ, 1997. - 19 с.

105. **Природоохранные технологии ТЭС: Сб. научн. статей / Под ред. Г.Г. Ольховского, А.Г. Тумановского, В.П. Глебова.** - М.: ВТИ, 1996. – 212с.

## ՀԱՎԵԼՎԱԾՆԵՐ

**Հավելված 1. Էլեկտրական էներգայի ինքնարժեքի վրա ծծմբային անհիդրիդից ծխազագերի մաքրման գործընթացի ազդեցության հաշվարկ**

n	N	M <sub>SO2</sub>	i <sub>a</sub>	M <sub>SO2</sub>	M <sub>a</sub>	M' <sub>a</sub>	I <sub>a1</sub>	I <sub>a2</sub>	ΔI
	կՎտ	գ/վ	դր./տ	գ/վ	տ/տարի	տ/տարի	հազ. դր.	հազ. դր.	հազ. դր.
6	200000	688.75	1800	4132.5	81823.5	4091.18	147282.30	7364.12	139918.19

**Հավելված 1. (շարունակություն)**

Տեղակայանքի տես. կապիտալ ներդրումներ	Տեղակայված հզորություն	Կապիտալ ներդրումներ	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub> քանակ	CaCO <sub>3</sub> -ի ձեռք բերման ծախսեր	Այլ ծախսեր	գիպսի արժեք	գիպսի քանակ	եկամուտ	Ընդհանուր մաքուր եկամուտ
դր/կՎտ	կՎտ	մլն. դր	դր/տ	տ/տարի	մլն. դր/տ	մլն. դր/տ	դր/տ	տ/տարի	մլն. դր/տ	հազ. դր./տ
66000	1200000	71280	25000	143880	3597	712.8	80000	239250	19140	19000081.82

**Հավելված 1. (շարունակություն)**

Տեղ. առկա,	K <sub>տեղ.</sub>	U <sub>տեղ. ընթ.</sub>	U <sub>ընդ. եկ.</sub>	E <sub>գիպս</sub>	Q <sub>u</sub> <sup>p</sup>	A	K' <sub>p</sub>	K'' <sub>p</sub>	K <sub>սեյ</sub>	K <sub>սեյ միջ.</sub>	K <sup>կո</sup> <sub>սկ</sub>	η <sup>գ</sup> <sub>եր</sub>
	10 <sup>9</sup> դր	10 <sup>9</sup> դր/տ	10 <sup>9</sup> դր/տ	%	կՋ/կգ		10 <sup>9</sup> դր	10 <sup>9</sup> դր	10 <sup>9</sup> դր	10 <sup>3</sup> դր/կՎտ		
0	0	0.00	0	0	38799.4	1.04	149.15	54.36	437.79	364.82	0.042	0.388
1	71.28	4.31	19.14	0	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	10	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	20	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	30	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	40	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	50	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	60	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	70	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	80	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	90	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380
1	71.28	4.31	19.14	100	38799.4	1.04	149.15	54.36	509.07	424.22	0.063	0.380

**Հավելված 1. (շարունակություն)**

$b_{uy}$	$h_{տնդ}$	$\Psi_t$	$B_{uy}^n$	$B_{տն}$	$\ddot{O}_q$	$U_q$	$\alpha_{տն}$	$U_{տն}$	$\alpha_{ըզ}$	$U_{ըզ}$
կգ/կՎտ·ժ	ժ		$10^9$ կգ	$10^9$ կգ	դր/տ	$10^9$ դր	%	$10^9$ դր	%	$10^9$ դր
0.3167	5500	1.007	2.10	1.59	96000	152.74	6.2	27.14	20	5.43
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31
0.3236	5500	1.007	2.15	1.63	96000	156.10	6.2	31.56	20	6.31

**Հավելված 1. (շարունակություն)**

$n_h$	$\Phi_{\ddot{u}}$	$U_{տն}$	$U_{ըզ}$	$U_{տն}$	$\dot{Y}_{տն}$	$\dot{Y}_{տն}$	$\dot{Y}_{տն}^{\circ}$	$S_{տն}$	$S_{տն}^{\circ}$
	դր	$10^9$ դր	$10^9$ դր	$10^9$ դր	$10^6$ կՎտ·ժ		$10^6$ կՎտ·ժ	դր/կՎտ·ժ	դր/կՎտ·ժ
1.06	1400000	1.78	10.31	197.26	6600	0.051	6262.175	29.88756	31.49991
1.06	1400000	1.78	11.90	211.82	6600	0.072	6127.535	32.09365	34.56824
1.06	1400000	1.78	11.90	209.90	6600	0.072	6127.535	31.80365	34.25588
1.06	1400000	1.78	11.90	207.99	6600	0.072	6127.535	31.51365	33.94351
1.06	1400000	1.78	11.90	206.08	6600	0.072	6127.535	31.22365	33.63115
1.06	1400000	1.78	11.90	204.16	6600	0.072	6127.535	30.93365	33.31879
1.06	1400000	1.78	11.90	202.25	6600	0.072	6127.535	30.64365	33.00643
1.06	1400000	1.78	11.90	200.33	6600	0.072	6127.535	30.35365	32.69407
1.06	1400000	1.78	11.90	198.42	6600	0.072	6127.535	30.06365	32.38171
1.06	1400000	1.78	11.90	196.51	6600	0.072	6127.535	29.77365	32.06935
1.06	1400000	1.78	11.90	194.59	6600	0.072	6127.535	29.48365	31.75699
1.06	1400000	1.78	11.90	192.68	6600	0.072	6127.535	29.19365	31.44463

**Հավելված 2. Այրիչների տարբեր հարմարադասման պարագայում այրման արգասիքներում պարունակվող ազոտի օքսիդների քանակության հաշվարկ  
Այրիչների հատակային հարմարադասում**

$K_w$	$\alpha_{սսֆ}$	$\xi$	$NO_2$	$\bar{T}_{սսֆ}$	$q_{սսֆ}^{անոր.}$	$\tau_{սսֆ}$	$T_{աղ}$	$\psi_{սսֆ}$	$\beta_{ս.ս}$	$Q_u^P$	$Q_{վառ}$	$Q_{ֆ}$	$Q_{օղ}$	$Q_{վեր.ծխ}$	$Q_2$
			գ/մ <sup>3</sup>	Կ	ՄՎտ/մ <sup>2</sup>	Վ	Կ			ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ
1	1.05	0.9	0.237	1868.419	0.373	0.691	2267.51	0.539	0.915	39.7631	0.2448	0	3.364	0	-0.35795

**Հավելված 2. (շարունակություն)**

$V_q^o$	$V^o$	$V_q$	$C_q$	$C_{օղ}$	g	$C_2$	Kr	R	$\alpha_{սսն}$	$\Delta\alpha_h$
մ <sup>3</sup> /կգ	մ <sup>3</sup> /կգ	մ <sup>3</sup> /կգ	ՄՋ/մ <sup>3</sup> աստ	ՄՋ/մ <sup>3</sup> աստ		ՄՋ/մ <sup>3</sup> աստ				
11.28	10.45	11.755	0.00167699	0.00153314	0.15	0.001965526	1	0	1.17	0.12

**Հավելված 2. (շարունակություն)**

$q_{սսֆ}$	$B_{2կ}$	$f_{սսֆ}$	$C_{վառ}$	$t_{վառ}$	$g_{ֆ}$	$i_{ֆ}$	$\alpha_w$	$I_{ն.օղ}^o$	$I_{վեր.ծխ}$	T	$k_t$	$\vartheta_{աղ}$
ՄՎտ/մ <sup>2</sup>	կգ/վ	մ <sup>2</sup>	ՄՋ/մ <sup>3</sup> աստ	°C	կգ/կգ	ՄՋ/կգ		ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	°C		°C
0.809256392	13.55556	663.904	0.00204	120	0.04	3.065	1.05	3.204263	7.574025	350	0.795	1995

**Հավելված 2. (շարունակություն)**

$\psi_i$	$F_{պատնի}$	$\psi'$	$F_{վերև}$	$a_h$	$b_h$	$h_{սսֆ}^o$	$h_{սսֆ}$	$V_q^{R,g}$	$\psi''$	$F_{ներքև}$	$D_w$	$F_{պատն}$
	մ <sup>2</sup>		մ <sup>2</sup>	մ	մ	մ	մ	մ <sup>3</sup> /կգ		մ <sup>2</sup>	մ	մ <sup>2</sup>
0.55	392.8799	0.2	135.512064	18.432	7.352	7.5	7.618676	11.94066	0.1	117.8496	1.5	392.8799



**Այրիչների ճակատային հարմարադասում**

**Հավելված 2. (շարունակություն)**

$K_w$	$\alpha_{սսգ}$	$\xi$	NO <sub>2</sub>	$\bar{T}_{սսգ}$	$q_{սսգ}^{անոր.}$	$\tau_{սսգ}$	$T_{սսգ}$	$\psi_{սսգ}$	$\beta_{ս.ս}$	$Q_{ս}^P$	$Q_{վան}$	$Q_{ֆ}$	$Q_{օդ}$	$Q_{վերծիս}$	$Q_2$
			գ/մ <sup>3</sup>	Կ	ՄՎտ/մ <sup>2</sup>	վ	Կ			ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ
1	1.05	0.75	0.397	1998.292	0.4697	0.6144	2267.3	0.397	0.915	39.7631	0.2448	0	3.364	0	-0.3642

**Հավելված 2. (շարունակություն)**

$V_q^o$	$V^o$	$V_q$	$C_q$	$C_{օդ}$	g	$C_2$	Kr	R	$\alpha_{սսն}$	$\Delta\alpha_h$
մ <sup>3</sup> /կգ	մ <sup>3</sup> /կգ	մ <sup>3</sup> /կգ	ՄՋ/մ <sup>3</sup> աստ	ՄՋ/մ <sup>3</sup> աստ		ՄՋ/մ <sup>3</sup> աստ				
11.28	10.45	11.755	0.001676868	0.001533048	0.15	0.00196534	1	0	1.17	0.12

**Հավելված 2. (շարունակություն)**

$q_{սսգ}$	$B_{2կ}$	$f_{սսգ}$	$C_{վան}$	$t_{վան}$	$g_{ֆ}$	$i_{ֆ}$	$\alpha_{սս}$	$I_{ուն.օդ}^o$	$I_{վերծիս}$	t	$k_t$	$\vartheta_{սսդ}$
ՄՎտ/մ <sup>2</sup>	կգ/վ	մ <sup>2</sup>	ՄՋ/մ <sup>3</sup> աստ	°C	կգ/կգ	ՄՋ/կգ		ՄՋ/կգ	ՄՋ/կգ	°C		°C
0.778414938	13.55556	690.096	0.00204	120	0.04	3.065	1.05	3.20407	7.573486	350	0.794	1994

**Հավելված 2. (շարունակություն)**

$\psi_i$	$F_{պլաստi}$	$\psi'$	$F_{վերև}$	$a_h$	$b_h$	$h_{սսգ}^o$	$h_{սսգ}$	$V_q^{R.g}$	$\psi''$	$F_{ներքև}$	$D_w$	$F_{պլաստ}$	$h_{հատ}$	$\psi_{հատ}$
	մ <sup>2</sup>		մ <sup>2</sup>	մ	մ	մ	մ	մ <sup>3</sup> /կգ		մ <sup>2</sup>	մ	մ <sup>2</sup>	մ	
0.55	397.877	0.2	135.5121	18.432	7.352	8	8.12659	11.9407	0.20502264	176.767	1.5	419.07	0.8	0.1

**Հավելված 3. Ազոտի օքսիդների նվազեցման տարբերակի ընտրություն՝ էկոլոգիատնտեսական հիմնավորմամբ**

$I_a$	$I'_a$	$M_{NO_2}$	$M_a$	$I_{a1}$	$I'_{a1}$	Ամոնիակ
դր./տ	դր./տ	գ/վ	տ/տարի	մլն. դր.	մլն. դր.	դր./տոննա
14800	1480000	913.3953152	18085.2272	267.66	26766.14	120000.00

**Հավելված 3. (շարունակություն)**

N	Անվանում	Մաքրման արդյունավետություն $\eta$	$M'_a$ (արտանետված)	$\Delta M$ (մաքրված)	$\Delta M$ (մաքրված)	չափորոշիչ (Էկ. անվտ. ՋԷԿ)
		%	տ/տարի	տ/տարի	հազ. տ/տարի	մգ/մ <sup>3</sup>
1	Միջոցառումը բացակայում է	0	18085.22724	0	0	200
2	Երկաստիճան ալյում	22.5	14016.05111	4069.176129	4.07	200
3	Սակավատորքիկ ալյուրներ	35	11755.39771	6329.829534	6.33	200
4	Վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ մեթոդ	40	10851.13634	7234.090896	7.23	200
5	Եռաստիճան ալյում	42.5	10399.00566	7686.221577	7.69	200
6	Երկաստիճան ալյում և սակավատորքիկ ալյուրներ	52.5	8590.482939	9494.744301	9.49	200
7	Երկաստիճան ալյում և ՎՍՈԿ	62.5	6781.960215	11303.26703	11.3	200
8	Եռաստիճան ալյում և սակավատորքիկ ալյուրներ	67.5	5877.698853	12207.52839	12.21	200
9	Եռաստիճան ալյում և ՎՍՈԿ	80	3617.045448	14468.18179	14.47	200
10	Վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդ I	87.5	2260.653405	15824.57384	15.82	200
11	Վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդ II	87.5	2260.653405	15824.57384	15.82	200

**Հավելված 3. (շարունակություն)**

$M_{NO_2}$	$I_{a2}$	$I'_{a2}$	$\Delta I$ (խնայված)	$\Delta I'$ (խնայված)	Տեղակայանքի տես. կապիտալ ներդրումներ	Կապիտալ ներդրումներ	Ընդհանուր մաքուր եկամուտ (Սընդ. եկ.)	Ընդհանուր մաքուր եկամուտ (Ս'ընդ. եկ.)
մգ/մ <sup>3</sup>	մլն. դր.	մլն. դր.	մլն. դր.	մլն. դր.	դր/կՎտ	մլն. դր	մլն.դր./տ	մլն.դր./տ
605.924823	267.66	26766.14	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00
469.5917378	207.44	20743.76	60.22	6022.38	7200	8640	60.22	6022.38

**Հավելված 3. (շարունակություն)**

393.8511349	173.98	17397.99	93.68	9368.15	8640	10368	93.68	9368.15
363.5548938	160.60	16059.68	107.06	10706.45	4320	5184	107.06	10706.45
348.4067732	153.91	15390.53	113.76	11375.61	20160	24192	113.76	11375.61
287.8142909	127.14	12713.91	140.52	14052.22	12960	15552	140.52	14052.22
227.2218086	100.37	10037.30	167.29	16728.84	8640	10368	167.29	16728.84
196.9255675	86.99	8698.99	180.67	18067.14	25920	31104	180.67	18067.14
121.1849646	53.53	5353.23	214.13	21412.91	21600	25920	214.13	21412.91
75.74060287	33.46	3345.77	234.20	23420.37	40320	48384	234.20	23420.37
75.74060287	33.46	3345.77	234.20	23420.37	63360	76032	234.20	23420.37

**Հավելված 3. (շարունակություն)**

$Q_u^p$	A	$K'_p$	$K''_p$	$K_{տէտ}$	$K_{տէտ սիթ.}$	$\eta_{տր}^u$	$b_{սլ}$	$h_{տեղ}$	$\Psi_t$
կՋ/կգ		մլրդ. դր	մլրդ. դր	մլրդ. դր	հազ. դր/կՎտ		կգ/կՎտ·ժ	ժ	
38799.4	1.04	149.148	54.36	437.79	364.82	0.3885	0.3166	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	446.43	372.02	0.3850	0.3195	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	448.15	373.46	0.3885	0.3166	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	442.97	369.14	0.3876	0.3173	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	461.98	384.98	0.3858	0.3188	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	453.34	377.78	0.3850	0.3195	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	448.15	373.46	0.3841	0.3202	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	468.89	390.74	0.3858	0.3188	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	463.71	386.42	0.3849	0.3196	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	486.17	405.14	0.3864	0.3184	5500	1.007
38799.4	1.04	149.148	54.36	513.82	428.18	0.3802	0.3235	5500	1.007

Հավելված 3. (շարունակություն)

$B_{un}^m$	$B_{un}$	$\ddot{O}_q$	$U_q$	$\alpha_{un}$	$U_{un}$	$\alpha_{un}$	$U_{un}$	$n_h$	$\Phi_{\delta}$	$U_{w2}$	$U_{un}$	$U_{un}$
$10^9$ կգ	$10^9$ կգ	դր/տոննա	մլրդ. դր	%	մլրդ. դր	%	մլրդ. դր		դր	մլրդ. դր	մլրդ. դր	մլրդ. դր
2.104	1.59	96000	152.71	6.2	27.14	20	5.43	1.06	1400000	1.78	8.59	195.65
2.123	1.61	96000	154.09	6.2	27.68	20	5.54	1.06	1400000	1.78	8.75	197.84
2.104	1.59	96000	152.71	6.2	27.79	20	5.56	1.06	1400000	1.78	8.78	196.61
2.109	1.59	96000	153.06	6.2	27.46	20	5.49	1.06	1400000	1.78	8.68	197.79
2.119	1.60	96000	153.78	6.2	28.64	20	5.73	1.06	1400000	1.78	9.04	198.97
2.123	1.61	96000	154.09	6.2	28.11	20	5.62	1.06	1400000	1.78	8.88	198.48
2.128	1.61	96000	154.45	6.2	27.79	20	5.56	1.06	1400000	1.78	8.78	199.66
2.119	1.60	96000	153.78	6.2	29.07	20	5.81	1.06	1400000	1.78	9.17	199.62
2.124	1.61	96000	154.14	6.2	28.75	20	5.75	1.06	1400000	1.78	9.07	200.71
2.116	1.60	96000	153.55	6.2	30.14	20	6.03	1.06	1400000	1.78	9.49	202.51
2.150	1.63	96000	156.03	6.2	31.86	20	6.37	1.06	1400000	1.78	10.00	207.56

Հավելված 3. (շարունակություն)

$\dot{Y}_{un}$	$\dot{Y}_{un}$	$\dot{Y}_{un}^o$	$S_{tL}$	$S_{tL}^o$	$\zeta$	$\zeta_{p6}$	մաքրման միավոր արդյունավետության գինը	$\dot{Y}$	$\dot{Y}'$
$10^6$ կՎտ·ժ		$10^6$ կՎտ·ժ	դր/կՎտ·ժ	դր/կՎտ·ժ	մլրդ.դր/տարի	մլրդ. դր/տարի	մլրդ. դր/տարի	մլրդ. դր/տարի	մլրդ.դր/տարի
6600	0.0510	6263.4	31.64399083	34.23708201	261.3182275	0	0	0	0
6600	0.0510	6263.4	31.97539753	34.58629877	264.8015117	3.483284238	0.154812633	-3.423060431	2.539096433
6600	0.0510	6263.4	31.79008538	34.39102779	263.8376515	2.519424	0.071983543	-2.425742523	6.84872371
6600	0.0442	6308.37471	31.96774364	34.35310078	264.232596	2.914368531	0.072859213	-2.807303986	7.792085995
6600	0.0510	6263.4	32.14770369	34.76786479	268.2715323	6.953304866	0.163607173	-6.839548786	4.422303068
6600	0.0510	6263.4	32.0727939	34.68892929	266.4811277	5.162900238	0.098340957	-5.022378022	8.889321328
6600	0.0442	6308.37471	32.25093615	34.64938478	266.8792666	5.561039085	0.088976625	-5.393750733	11.16779611
6600	0.0510	6263.4	32.24510005	34.87049531	269.9511483	8.632920866	0.127895124	-8.452249446	9.434221147
6600	0.0442	6308.37471	32.41080335	34.81664237	270.2671901	8.948962621	0.111862033	-8.73483353	12.46394643
6600	0.0472	6288.57471	32.6830689	35.202568	275.4337427	14.11551523	0.161320174	-13.88131154	9.304854045
6600	0.0622	6189.57471	33.44837601	36.53369034	284.6319696	23.31374216	0.266442768	-23.07953847	0.106627113

**Հավելված 4. Այրման գործընթացի ոչ ճիշտ ռեժիմատեխնոլոգիական կազմակերպվածության, ինչպես նաև վնասակար որևէ միացության նվազեցման նպատակով իրականացվող բնապահպանական միջոցառումների հետևանքով առաջացող թերայրման արգասիքների արտանետումների հաշվարկային ծրագիր**

```
<html>
<head>
<meta http-equiv='content-type' content='text/html; charset=utf-8;'>
<title>Այրման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակության
հաշվարկման ծրագիր</title>
<style>
body {margin: 0; padding: 0;}
sub, sup {font-size: 10px;}
.step1 { margin-top: 20px;}
.step_end {margin-bottom: 20px;}
.step_nox1, .step_nox2, .step_nox3, .step_nox4, .step_nox5, .step_end {margin-top: 20px;
display: none;}
td {padding: 5px;}
a {color: black;}
</style>
<script language="JavaScript">
//alert(Math.pow(4, 0.59));
q_v=0;
alfa_h_2shtrix=0;
D_Danvanakan=0;
r=0;
delta=0;
sigma=0;
C_C20H12=false;
C_C20H12_shtrix=false;
function xstep1(){
    xstop=false;
    C_C20H12=false;
    document.getElementById("table_step_nox2").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox3").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox4").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox5").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_end").style.display="none";
    q_v=document.step1.q_v.value;
    alfa_h_2shtrix=document.step1.alfa_h_2shtrix.value;
    D_Danvanakan=document.step1.D_Danvanakan.value;
    document.getElementById("td_q_v").style.color="";
    document.getElementById("td_alfa_h_2shtrix").style.color="";
    document.getElementById("td_D_Danvanakan").style.color="";
```

```

if((isNaN(q_v)) || (q_v == "")){xstop=true;
document.getElementById("td_q_v").style.color="red"; }
if((isNaN(alfa_h_2shtrix)) || (alfa_h_2shtrix == "") || (alfa_h_2shtrix < 1) || (alfa_h_2shtrix
> 1.1))
{xstop=true; document.getElementById("td_alfa_h_2shtrix").style.color="red"; }
if((isNaN(D_Danvanakan)) || (D_Danvanakan == "") || (D_Danvanakan < 0.5) ||
(D_Danvanakan > 1))
{xstop=true; document.getElementById("td_D_Danvanakan").style.color="red";}
if(xstop){alert('Տվյալները սխալ են...');}
else{K_D=1.3782/(0.3782+Math.pow(D_Danvanakan, 2.821));
C_C20H12=K_D*(25+0.05*q_v)*Math.pow(10, -2)/Math.pow(alfa_h_2shtrix, 28);
document.getElementById("table_step_nox1").style.display="block";}
return false;}
function xstep_nox1(tmp){C_C20H12_shtrix=false;
if(tmp == 1){
document.getElementById("table_step_nox2").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox3").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox4").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox5").style.display="none";
K_alfa_h_2shtrix=1351.8-
3725.09*alfa_h_2shtrix+3424.06*Math.pow(alfa_h_2shtrix, 2)-
1049.77*Math.pow(alfa_h_2shtrix, 3);
C_C20H12_shtrix=C_C20H12*K_alfa_h_2shtrix;
xstep_end(1);}
else if(tmp == 2){
document.getElementById("table_step_end").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox3").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox4").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox5").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox2").style.display="block";
}
else if(tmp == 3){
document.getElementById("table_step_end").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox2").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox4").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox5").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox3").style.display="block";
}
else if(tmp == 4){
document.getElementById("table_step_end").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox2").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox3").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox5").style.display="none";
document.getElementById("table_step_nox4").style.display="block";
}
}

```

```

else if(tmp == 5){
    document.getElementById("table_step_end").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox2").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox3").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox4").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox5").style.display="block";
}
else{
    document.getElementById("table_step_nox2").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox3").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox4").style.display="none";
    document.getElementById("table_step_nox5").style.display="none";
    xstep_end();
}
return false;
}
function xstep_nox2(){
    xstop=false;
    r=document.step_nox2.r.value;
    document.getElementById("td_r").style.color="";
    if((isNaN(r) || (r == "") || (r < 0) || (r > 30))){
        xstop=true;
        document.getElementById("td_r").style.color="red";
    }
    if(xstop){
        alert('Տվյալները սխալ են...');
    }
    else{
        if(document.step_nox2.verashrjanarutyun[0].checked){
             $K_r = 0.04 * r + 1$ ;
        }
        else if(document.step_nox2.verashrjanarutyun[1].checked){
             $K_r = 0.0267 * r + 1$ ;
        }
        else {
             $K_r = 0.0196 * r + 1$ ;
        }
        C_C20H12_shtrix=C_C20H12*K_r;
        xstep_end(2);
    }
    return false;
}
function xstep_nox3(){
    xstop=false;
    delta=document.step_nox3.delta.value;

```

```

document.getElementById("td_delta").style.color="";
if((isNaN(delta)) || (delta == "") || (delta < 0) || (delta > 0.3)){
    xstop=true;
    document.getElementById("td_delta").style.color="red";
}
if(xstop){
    alert('Տվյալները սխալ են...');
}
else{
    if(document.step_nox3.astitchanakan_ajrum[0].checked){
        K_delta=7.0263*delta+1;
    }
    else if(document.step_nox3.astitchanakan_ajrum[1].checked){
        K_delta=-2.916*delta+1;
    }
    else {
        K_delta=-1.071*delta+1;
    }
    C_C20H12_shtrix=C_C20H12*K_delta;
    xstep_end(3);
}
return false;
}
function xstep_nox4(){
    xstop=false;

    sigma=document.step_nox4.sigma.value;
    document.getElementById("td_sigma").style.color="";
    if((isNaN(sigma)) || (sigma == "") || (sigma < 0) || (sigma > 0.2)){
        xstop=true;
        document.getElementById("td_sigma").style.color="red";
    }
    if(xstop){
        alert('Տվյալները սխալ են...');
    }
    else{
        if(document.step_nox4.xonavutyun[0].checked){
            K_sigma=1-2.2712*sigma+1.7272*Math.pow(sigma,
2)+6.4783*Math.pow(sigma, 3);
        }
        else {
            K_sigma=Math.pow((0.9991-1.175*sigma), 12.564)+0.0117;
        }
        C_C20H12_shtrix=C_C20H12*K_sigma;
        xstep_end(4);
    }
}

```



```

    }
    return false;
}
function xstep_nox5(){
    xstop=false;
    r=document.step_nox5.r.value;
    delta=document.step_nox5.delta.value;
    document.getElementById("td5_r").style.color="";
    document.getElementById("td5_delta").style.color="";
    if((isNaN(r) || (r == "") || (r < 0) || (r > 30))){
        xstop=true;
        document.getElementById("td5_r").style.color="red";
    }
    if((isNaN(delta) || (delta == "") || (delta < 0) || (delta > 0.3))){
        xstop=true;
        document.getElementById("td5_delta").style.color="red";
    }
    if(xstop){
        alert('Տվյալները սխալ են...');
    }
    else{
        if(document.step_nox5.verashrjanarutyun[0].checked){
             $K_r=0.04*r+1$ ;
        }
        else if(document.step_nox5.verashrjanarutyun[1].checked){
             $K_r=0.0267*r+1$ ;
        }
        else {
             $K_r=0.0196*r+1$ ;
        }
        if(document.step_nox5.astitchanakan_ajrum[0].checked){
             $K_{\text{delta}}=7.0263*\text{delta}+1$ ;
        }
        else if(document.step_nox5.astitchanakan_ajrum[1].checked){
             $K_{\text{delta}}=-2.916*\text{delta}+1$ ;
        }
        else {
             $K_{\text{delta}}=-1.071*\text{delta}+1$ ;
        }
        C_C20H12_shtrix=C_C20H12*K_r*K_delta;
        xstep_end(5);
    }
    return false;
}
function xstep_end(tmp){

```

```

document.getElementById("table_step_end").style.display="block";
//alert('C_C20H12 = '+tmp);
if((tmp >= 1) && (tmp <= 5)){
document.getElementById("td_step_end").innerHTML="C<sub>C20H12</sub><sup>'</s
up> = "+(Math.floor(C_C20H12_shtrix*10000)/10000)+" մկգ/մ<sup>3</sup>";
}
else {
document.getElementById("td_step_end").innerHTML="C<sub>C20H12</sub> =
"+(Math.floor(C_C20H12*10000)/10000)+" մկգ/մ<sup>3</sup>";
}
}
</script>
</head>
<body >
<form name="step1">
<table width="300px" border="1px" align="center" class="step1">
<tr><td colspan="4" width="300px" align="center"><b>Այրման արգասիքներում
պարունակվող բենզապիրենի քանակության հաշվարկման ծրագիր</b></td></tr>
<tr><td id="td_q_v">q<sub>v</sub></td><td align="center"><input name="q_v" size="5"
value=""></td><td align="center">կՎ/մ<sup>3</sup></td><td align="center">&nbsp;</td></tr>
<tr><td id="td_alfa_h_2shtrix">&alpha;<sub>h</sub><sup>'</sup></td><td
align="center"><input name="alfa_h_2shtrix" size="5" value=""></td><td
align="center">&nbsp;</td><td align="center">[1...1,1]</td></tr>
<tr><td id="td_D_Danvanakan">D/D<sub>u</sub></td><td align="center"><input
name="D_Danvanakan" size="5" value=""></td><td align="center">&nbsp;</td><td
align="center">[0,5...1]</td></tr>

<tr><td colspan="4">
<table width="100%" border="0px">
<tr><td align="center"><input type="reset" value="Չնջել"><td
align="center"><input type="submit" value="Հաշվել" onclick="return xstep1();" ></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>
</form>

<table width="600px" border="1px" align="center" id="table_step_nox1" class="step_nox1">
<tr><td width="600px" align="center"><b>Ազոտի օքսիդների կրճատման միջոցառումների
իրականացում</b></td></tr>
<tr><td><a href="#" onclick="return xstep_nox1(1);">1. Օդի ավելցուկի գործակցի
ազդեցությունը ծխազագերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության
վրա</a></td></tr>
<tr><td><a href="#" onclick="return xstep_nox1(2);">2. Վերաշրջանավորող ծխազագերի հնոց
մատուցման ձևի ազդեցությունը այրման արգասիքներում առկա բենզապիրենի
քանակության վրա</a></td></tr>

```

```

<tr><td><a href="#" onclick="return xstep_nox1(3);">3. Աստիճանական այրման
ազդեցությունը ծխագազերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության
վրա</a></td></tr>
<tr><td><a href="#" onclick="return xstep_nox1(4);">4. Այրման ակտիվ գոտի խոնավության
մատուցման ազդեցությունը այրման արգասիքներում առկա բենզապիրենի
քանակության վրա</a></td></tr>
<tr><td><a href="#" onclick="return xstep_nox1(5);">5. Ծխագազերի վերաշրջանառության և
աստիճանական այրման միաժամանակյա իրականացում</a></td></tr>
<tr><td><a href="#" onclick="return xstep_nox1(6);">6. Ազոտի օքսիդների նվազեցման որևէ
միջոցառում չի իրականացվում</a></td></tr>
</table>

```

```

<form name="step_nox2">
<table width="450px" border="1px" align="center" id="table_step_nox2" class="step_nox2">
<tr><td colspan="4" width="400px" align="center"><b>Լրացուցիչ տվյալներ</b></td></tr>
<tr><td colspan="4">1. Վերաշրջանառվող ծխագազերի մատուցում առաջնային օդի մեջ
<input type="radio" name="verashrjanarutyun" value="1" checked></td></tr>
<tr><td colspan="4">2. Վերաշրջանառվող ծխագազերի մատուցում այրիչների տակ
զոնվող շլիցներով <input type="radio" name="verashrjanarutyun" value="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">3. Վերաշրջանառվող ծխագազերի մատուցում այրիչների դիմաց
զոնվող շլիցներով <input type="radio" name="verashrjanarutyun" value="3"></td></tr>
<tr><td id="td_r">r:</td><td align="center"><input name="r" size="5" value=""></td><td
align="center">%</td><td align="center">[0...30]</td></tr>
<tr><td colspan="4" align="center"><input type="submit" value="Հաշվել" onclick="return
xstep_nox2();" ></td></tr>
</table>
</form>

```

```

<form name="step_nox3">
<table width="450px" border="1px" align="center" id="table_step_nox3" class="step_nox3">
<tr><td colspan="3" width="450px" align="center"><b>Լրացուցիչ տվյալներ</b></td></tr>
<tr><td colspan="3">1. «Ուղղահայաց» աստիճանական այրում <input type="radio"
name="astitchanakan_ajrum" value="1" checked></td></tr>
<tr><td colspan="3">2. «Հորիզոնական» աստիճանական այրում <input type="radio"
name="astitchanakan_ajrum" value="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Վերին շարքի (յարուսի) այրիչների կեսը անջատված են <input
type="radio" name="astitchanakan_ajrum" value="3"></td></tr>
<tr><td id="td_delta">&delta;</td><td align="center"><input name="delta" size="5"
value=""></td><td align="center">[0...0,3]</td></tr>
<tr><td colspan="3" align="center"><input type="submit" value="Հաշվել" onclick="return
xstep_nox3();" ></td></tr>
</table>
</form>

```

```

<form name="step_nox4">

```

```
<table width="450px" border="1px" align="center" id="table_step_nox4" class="step_nox4">
<tr><td colspan="3" width="450px" align="center"><b>Լրացուցիչ տվյալներ</b></td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Խոնավության մատուցում առաջնային օդի մեջ <input type="radio"
name="xonavutyun" value="1" checked></td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Խոնավության սրսկում հնցի հարպատային գոտի <input
type="radio" name="xonavutyun" value="2"></td></tr>
<tr><td id="td_sigma">&sigma;:</td><td align="center"><input name="sigma" size="5"
value=""><td align="center">[0...0,2]</td></tr>
<tr><td colspan="3" align="center"><input type="submit" value="Հաշվել" onclick="return
xstep_nox4();" ></td></tr>
</table>
</form>
```

```
<form name="step_nox5">
<table width="450px" border="1px" align="center" id="table_step_nox5" class="step_nox5">
<tr><td colspan="4" width="450px" align="center"><b>Լրացուցիչ տվյալներ</b></td></tr>
<tr><td colspan="4">1. Վերաշրջանառվող ծխազագերի մատուցում առաջնային օդի մեջ
<input type="radio" name="verashrjanarutyun" value="1" checked></td></tr>
<tr><td colspan="4">2. Վերաշրջանառվող ծխազագերի մատուցում այրիչների տակ
զոնցող շլիցներով <input type="radio" name="verashrjanarutyun" value="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">3. Վերաշրջանառվող ծխազագերի մատուցում այրիչների դիմաց
զոնվող շլիցներով <input type="radio" name="verashrjanarutyun" value="3"></td></tr>
<tr><td id="td5_r">r:</td><td align="center"><input name="r" size="5" value=""><td align="center">%</td><td align="center">[0...30]</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4">1. «Ուղղահայաց» աստիճանական այրում <input type="radio"
name="astitchanakan_ajrum" value="1" checked></td></tr>
<tr><td colspan="4">2. «Հորիզոնական» աստիճանական այրում <input type="radio"
name="astitchanakan_ajrum" value="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">3. Վերին շարքի (յարուսի) այրիչների կեսը անջատված են <input
type="radio" name="astitchanakan_ajrum" value="3"></td></tr>
<tr><td id="td5_delta">&delta;:</td><td align="center"><input name="delta" size="5"
value=""><td colspan="2" align="center">[0...0,3]</td></tr>
<tr><td colspan="4" align="center"><input type="submit" value="Հաշվել" onclick="return
xstep_nox5();" ></td></tr>
</table>
</form>
```

```
<table width="300px" border="1px" align="center" id="table_step_end" class="step_end">
<tr><td width="300px" align="center"><b>Հաշվարկային արդյունքներ</b></td></tr>
<tr><td align="center" id="td_step_end"></td></tr>
</table>
```

```
</body>
</html>
```

**Հավելված 5. Ծխագազերում պարունակվող ազոտի օքսիդների, ածխածնի մոնօքսիդի և բենզապիրենի քանակությունների, դրանց մասնակի վտանգավորության աստիճանների հաշվարկն օդի ավելցուկի գործակցի տարբեր արժեքների դեպքում**

$\alpha_h$	q <sub>3</sub>	C <sub>NOx</sub>	Π <sub>NOx</sub>	C <sub>C20H12</sub>	Π <sub>C20H12</sub>	C <sub>CO</sub>	Π <sub>CO</sub>	Π <sup>Σ</sup>	$C_{CO}^{թույլ}$	S <sub>NOx</sub>	S <sub>C20H12</sub>	S <sub>CO</sub>
		մգ/մ <sup>3</sup>		մգ/մ <sup>3</sup>		մգ/մ <sup>3</sup>			մգ/մ <sup>3</sup>	դր.	դր.	դր.
1.007	0.576517	358.617	0.041827	0.289863162	0.002873649	1306	0.002589	0.04729	300	21816619	1.072E+09	1288395
1.008	0.51203	379.0035	0.044204	0.274323763	0.002719595	1159.916	0.0023	0.049224	300	23056839	1.015E+09	1144281
1.009	0.458794	399.2385	0.046564	0.259590647	0.002573533	1039.32	0.002061	0.051199	300	24287846	960343033	1025310
1.010	0.414129	419.3195	0.048907	0.245623962	0.00243507	938.1386	0.00186	0.053202	300	25509478	908673961	925492.9
1.011	0.376143	439.2436	0.05123	0.232385737	0.002303829	852.0874	0.001689	0.055224	300	26721572	859699789	840601.6
1.012	0.343462	459.0083	0.053536	0.219839792	0.002179451	778.0553	0.001543	0.057258	300	27923964	813286670	767567.5
1.013	0.315067	478.6107	0.055822	0.207951656	0.002061594	713.7296	0.001415	0.059299	300	29116489	769307088	704108.8
1.014	0.290181	498.0483	0.058089	0.196688496	0.001949933	657.355	0.001303	0.061342	300	30298983	727639572	648494.2
1.015	0.268206	517.3183	0.060336	0.186019034	0.001844158	607.5754	0.001205	0.063385	300	31471282	688168415	599385.6
1.016	0.248673	536.418	0.062564	0.175913482	0.001743973	563.3264	0.001117	0.065425	300	32633220	650783413	555733
1.017	0.231208	555.3447	0.064772	0.16634347	0.001649098	523.761	0.001038	0.067459	300	33784631	615379615	516700.9
1.018	0.215508	574.0956	0.066959	0.157281983	0.001559264	488.1966	0.000968	0.069486	300	34925350	581857082	481615.9
1.019	0.201329	592.668	0.069125	0.148703299	0.001474217	456.077	0.000904	0.071503	300	36055211	550120656	449929.3
1.020	0.188469	611.0592	0.07127	0.140582929	0.001393713	426.9447	0.000847	0.07351	300	37174046	520079741	421189.6
1.021	0.17676	629.2664	0.073393	0.132897561	0.001317522	400.4195	0.000794	0.075505	300	38281691	491648094	395022.1

Հավելված 5. (շարունակություն)

1.022	0.166061	647.287	0.075495	0.125625004	0.001245423	376.1834	0.000746	0.077486	300	39377978	464743623	371112.6
1.023	0.156254	665.1181	0.077575	0.11874414	0.001177207	353.9676	0.000702	0.079454	300	40462740	439288200	349196.3
1.024	0.147239	682.757	0.079632	0.11223487	0.001112676	333.5442	0.000661	0.081406	300	41535811	415207471	329048.2
1.025	0.138928	700.2009	0.081667	0.106078071	0.001051638	314.7181	0.000624	0.083342	300	42597022	392430689	310475.9
1.026	0.131249	717.4472	0.083678	0.100255546	0.000993915	297.3216	0.00059	0.085262	300	43646207	370890541	293313.8
1.027	0.124136	734.4931	0.085666	0.094749988	0.000939334	281.2095	0.000558	0.087163	300	44683199	350522994	277418.9
1.028	0.117535	751.3357	0.087631	0.089544931	0.000887732	266.2557	0.000528	0.089046	300	45707830	331267137	262666.7
1.029	0.111397	767.9725	0.089571	0.084624716	0.000838954	252.3501	0.0005	0.09091	300	46719932	313065041	248948.6
1.030	0.105678	784.4005	0.091487	0.079974453	0.000792852	239.3961	0.000475	0.092755	300	47719339	295861618	236169.2
1.031	0.100342	800.6171	0.093378	0.075579983	0.000749286	227.3086	0.000451	0.094578	300	48705883	279604487	224244.6
1.032	0.095356	816.6195	0.095245	0.071427844	0.000708122	216.0122	0.000428	0.096381	300	49679396	264243851	213100.4
1.033	0.090689	832.405	0.097086	0.067505241	0.000669234	205.4402	0.000407	0.098163	300	50639712	249732371	202670.9
1.034	0.086316	847.9708	0.098901	0.063800012	0.000632501	195.533	0.000388	0.099922	300	51586663	236025057	192897.3
1.035	0.082212	863.3141	0.100691	0.0603006	0.000597809	186.2375	0.000369	0.101658	300	52520082	223079151	183727.1
1.036	0.078358	878.4323	0.102454	0.056996023	0.000565048	177.5059	0.000352	0.103371	300	53439802	210854028	175113.2
1.037	0.074733	893.3225	0.104191	0.053875847	0.000534115	169.2955	0.000336	0.105061	300	54345658	199311090	167013.5
1.038	0.071322	907.9821	0.105901	0.050930164	0.000504912	161.5676	0.00032	0.106726	300	55237481	188413676	159389.8
1.039	0.068108	922.4084	0.107583	0.048149559	0.000477346	154.2873	0.000306	0.108367	300	56115107	178126964	152207.6
1.040	0.065078	936.5985	0.109238	0.045525096	0.000451327	147.423	0.000292	0.109982	300	56978368	168417889	145435.8
1.041	0.062219	950.5498	0.110866	0.043048288	0.000426773	140.9459	0.000279	0.111572	300	57827100	159255056	139046

Հավելված 5. (շարունակություն)

1.042	0.059519	964.2595	0.112465	0.040711078	0.000403602	134.8299	0.000267	0.113136	300	58661137	150608664	133012.4
1.043	0.056968	977.725	0.114035	0.038505822	0.00038174	129.051	0.000256	0.114673	300	59480314	142450426	127311.5
1.044	0.054556	990.9434	0.115577	0.036425263	0.000361113	123.5876	0.000245	0.116183	300	60284467	134753499	121921.7
1.045	0.052275	1003.912	0.117089	0.034462517	0.000341655	118.4196	0.000235	0.117666	300	61073431	127492414	116823.4
1.046	0.050116	1016.629	0.118573	0.032611053	0.0003233	113.5287	0.000225	0.119121	300	61847043	120643011	111998.4
1.047	0.048072	1029.09	0.120026	0.030864676	0.000305987	108.898	0.000216	0.120548	300	62605139	114182375	107430.1
1.048	0.046135	1041.294	0.121449	0.029217513	0.000289657	104.512	0.000207	0.121946	300	63347556	108088775	103103.3
1.049	0.044301	1053.237	0.122842	0.027663995	0.000274256	100.3565	0.000199	0.123316	300	64074132	102341609	99003.7
1.050	0.042563	1064.917	0.124205	0.026198842	0.00025973	96.41806	0.000191	0.124656	300	64784706	96921348	95118.39
1.051	0.040914	1076.332	0.125536	0.024817052	0.000246032	92.68458	0.000184	0.125966	300	65479117	91809484	91435.23
1.052	0.039352	1087.478	0.126836	0.023513885	0.000233112	89.14467	0.000177	0.127246	300	66157203	86988480	87943.04
1.053	0.03787	1098.354	0.128104	0.02228485	0.000220928	85.78782	0.00017	0.128495	300	66818805	82441723	84631.44
1.054	0.036465	1108.955	0.129341	0.021125693	0.000209436	82.60424	0.000164	0.129714	300	67463763	78153479	81490.77
1.055	0.035132	1119.281	0.130545	0.020032388	0.000198597	79.58482	0.000158	0.130902	300	68091920	74108848	78512.05
1.056	0.033868	1129.327	0.131717	0.019001121	0.000188374	76.72108	0.000152	0.132057	300	68703117	70293727	75686.92
1.057	0.032669	1139.093	0.132856	0.018028284	0.000178729	74.00512	0.000147	0.133181	300	69297197	66694765	73007.56
1.058	0.031532	1148.574	0.133962	0.017110463	0.00016963	71.42953	0.000142	0.134273	300	69874005	63299330	70466.69
1.059	0.030454	1157.769	0.135034	0.016244427	0.000161044	68.98741	0.000137	0.135332	300	70433384	60095473	68057.49
1.060	0.029432	1166.675	0.136073	0.015427122	0.000152942	66.67229	0.000132	0.136358	300	70975180	57071891	65773.58

Հավելված 5. (շարունակություն)

1.061	0.028463	1175.29	0.137078	0.014655658	0.000145293	64.47811	0.000128	0.137351	300	71499240	54217899	63608.97
1.062	0.027545	1183.61	0.138048	0.013927306	0.000138073	62.39918	0.000124	0.13831	300	72005411	51523396	61558.07
1.063	0.026676	1191.634	0.138984	0.013239485	0.000131254	60.43017	0.00012	0.139235	300	72493540	48978836	59615.6
1.064	0.025853	1199.358	0.139885	0.012589758	0.000124813	58.56605	0.000116	0.140126	300	72963477	46575200	57776.61
1.065	0.025075	1206.782	0.140751	0.011975821	0.000118726	56.80211	0.000113	0.140982	300	73415072	44303971	56036.44
1.066	0.024338	1213.901	0.141581	0.011395502	0.000112973	55.13389	0.000109	0.141803	300	73848177	42157108	54390.71
1.067	0.023642	1220.714	0.142376	0.010846748	0.000107533	53.55721	0.000106	0.142589	300	74262642	40127019	52835.28
1.068	0.022985	1227.218	0.143134	0.010327623	0.000102386	52.06812	0.000103	0.14334	300	74658323	38206541	51366.26
1.069	0.022364	1233.411	0.143857	0.0098363	9.75152E-05	50.66288	0.0001	0.144054	300	75035073	36388917	49979.97
1.070	0.02178	1239.29	0.144542	0.009371058	9.29029E-05	49.33797	9.78E-05	0.144733	300	75392748	34667777	48672.92
1.071	0.021229	1244.854	0.145191	0.008930273	8.85331E-05	48.09005	9.54E-05	0.145375	300	75731205	33037114	47441.82
1.072	0.02071	1250.099	0.145803	0.008512415	8.43905E-05	46.91598	9.3E-05	0.14598	300	76050301	31491268	46283.57
1.073	0.020223	1255.024	0.146377	0.008116043	8.04609E-05	45.81275	9.08E-05	0.146549	300	76349896	30024909	45195.21
1.074	0.019766	1259.625	0.146914	0.0077398	7.67309E-05	44.77754	8.88E-05	0.14708	300	76629850	28633014	44173.96
1.075	0.019338	1263.902	0.147413	0.007382408	7.31878E-05	43.80767	8.69E-05	0.147573	300	76890025	27310860	43217.16
1.076	0.018938	1267.851	0.147873	0.007042665	6.98197E-05	42.90058	8.51E-05	0.148028	300	77130285	26054000	42322.3
1.077	0.018564	1271.471	0.148296	0.006719442	6.66153E-05	42.05385	8.34E-05	0.148446	300	77350494	24858252	41486.98
1.078	0.018216	1274.759	0.148679	0.006411676	6.35642E-05	41.26519	8.18E-05	0.148824	300	77550517	23719685	40708.95
1.079	0.017893	1277.713	0.149024	0.006118368	6.06564E-05	40.5324	8.04E-05	0.149165	300	77730222	22634605	39986.04



Հավելված 5. (շարունակություն)

1.080	0.017593	1280.331	0.149329	0.00583858	5.78826E-05	39.8534	7.9E-05	0.149466	300	77889478	21599543	39316.19
1.081	0.017316	1275.752	0.148795	0.005571431	5.52341E-05	39.22621	7.78E-05	0.148928	300	77610920	20611240	38697.46
1.082	0.017061	1272.833	0.148454	0.005316096	5.27028E-05	38.64895	7.66E-05	0.148584	300	77433362	19666641	38127.98
1.083	0.016827	1269.817	0.148103	0.0050718	5.02809E-05	38.11981	7.56E-05	0.148229	300	77249840	18762877	37605.97
1.084	0.016614	1266.699	0.147739	0.004837815	4.79612E-05	37.63708	7.46E-05	0.147862	300	77060159	17897262	37129.75
1.085	0.016421	1263.476	0.147363	0.004613461	4.5737E-05	37.19911	7.38E-05	0.147483	300	76864119	17067277	36697.68
1.086	0.016247	1260.146	0.146975	0.004398102	4.3602E-05	36.80435	7.3E-05	0.147091	300	76661513	16270564	36308.25
1.087	0.016091	1256.704	0.146573	0.00419114	4.15502E-05	36.4513	7.23E-05	0.146687	300	76452126	15504918	35959.95
1.088	0.015953	1253.147	0.146158	0.003992017	3.95761E-05	36.13854	7.17E-05	0.14627	300	76235740	14768274	35651.4
1.089	0.015832	1249.471	0.14573	0.003800213	3.76746E-05	35.86468	7.11E-05	0.145839	300	76012125	14058703	35381.24
1.090	0.015728	1245.673	0.145287	0.00361524	3.58408E-05	35.62844	7.06E-05	0.145393	300	75781049	13374404	35148.19
1.091	0.015639	1241.748	0.144829	0.003436643	3.40702E-05	35.42856	7.02E-05	0.144933	300	75542269	12713694	34951
1.092	0.015567	1237.692	0.144356	0.003263999	3.23587E-05	35.26385	6.99E-05	0.144458	300	75295535	12075005	34788.5
1.093	0.015509	1233.502	0.143867	0.003096911	3.07022E-05	35.13314	6.97E-05	0.143967	300	75040591	11456874	34659.56
1.094	0.015466	1229.171	0.143362	0.002935013	2.90972E-05	35.03535	6.95E-05	0.143461	300	74777171	10857939	34563.09
1.095	0.015437	1224.698	0.14284	0.002777961	2.75402E-05	34.96942	6.93E-05	0.142937	300	74505001	10276933	34498.05
1.096	0.015421	1220.075	0.142301	0.002625437	2.60281E-05	34.93434	6.93E-05	0.142396	300	74223800	9712676.9	34463.44
1.097	0.015419	1215.3	0.141744	0.002477144	2.45579E-05	34.92914	6.93E-05	0.141838	300	73933276	9164075.4	34458.31
1.098	0.015429	1210.366	0.141169	0.002332809	2.3127E-05	34.95288	6.93E-05	0.141261	300	73633129	8630112.4	34481.73
1.099	0.015452	1205.269	0.140574	0.002192175	2.17328E-05	35.00467	6.94E-05	0.140665	300	73323049	8109845.3	34532.82
1.100	0.015487	1200.003	0.13996	0.002055007	2.0373E-05	35.08365	6.96E-05	0.14005	300	73002718	7602400.8	34610.74

**Հավելված 6. Քարածխի գազիֆիկացմամբ շոգեգազային տեղակայանքի կառուցվածքային սխեմայի առանձին հանգույցների և արդյունավետության հաշվարկ**

$T^*$	$\lambda$	$K$	$\eta_{կ}$	$T_o^{qu}$	$\eta_{qu}$	$C_p^a$	$N_{qS}$	$\eta_{սխ}$	$T_1^a$	$T_d^{qu}$	$I_{qSS}$	$G_q$	$Q_t^{qS}$
Կ				Կ		կՋ/կգ·աստ	ՄՎտ		Կ	Կ	կՋ/կգ	կգ/վ	կՎտ
283	15	1.4	0.88	1373	0.87	1	150	0.98	658.5649	729.5054	267.929748	559.8482	408138.01

**Հավելված 6. (շարունակություն)**

$C$	$t_{uq}$	$C_p^{uq}$	$h_2$	$\alpha_{uq}$	$q_{ֆ}$	$q_R$	$Q_{uq}$	$\alpha_{uq}^R$	$\alpha_{uq}^{qSS}$	$m_{uq}^{qSS}$	$B$
կգ/կգ քարածուխ	°C	կՋ/կգ·աստ	ՄՋ/կգ		ՄՋ/կգ քարածուխ	ՄՋ/կգ քարածուխ	ՄՋ/կգ	կգ/կգ քարածուխ	կգ/կգ քարածուխ	կգ/վ	կգ/վ
0.65	1200	1	3.35	0.15	1.95	5.595417	18.4333333	0.301911	1.173089	22.02183515	18.77252

**Հավելված 6. (շարունակություն)**

$\delta t_o$	$H_o$	$h_{կ}$	$\eta_{տհ}$	$T_{u2}$	$T_{կ}$	$\alpha_R$	$yr$	$h_{u2}$	$N_{2տ}$	$\eta_{տի}$	$D_n$	$\eta_{օկ}$
Կ	կՋ/կգ	կՋ/կգ		Կ	Կ			կՋ/կգ	ՄՎտ		կգ/վ	
15	3350	1980	0.87	378	303	0.13	0.16	440	50	0.97	18	0.97

**Հավելված 6. (շարունակություն)**

$T_o$	$H$	$T_{3\&S}$	$Do$	$Q_{է}$	$T_{նգ}$	$\delta t_{նգ}$
Կ	կՋ/կգ	Կ	կգ/վ	կՎտ	Կ	Կ
714.5054	1191.9	340.5	44.1659	128522.76	396.3835167	18.38352

**Հավելված 6. (շարունակություն)**

$Q_u^P$	$So-S_k$	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\beta$	$P_o$	$\eta_{սս}$	$h'_{կ}$	$\xi$
ՄՋ/կգ	կՋ/կգ·աստ	կՎտ/տ ածուխ	կՎտ/տ ածուխ	կՎտ/տ շոգի	կՎտ/տ կոնդենսատ		բար		կՋ/կգ	
26.1875	1	3.3	27	7	0.4	0.14	90	0.86	125.7	0.86

**Հավելված 6. (շարունակություն)**

$E_{01}$	$E_{12}$	$E_{14}$	$N_{սկ}$	$E_{23}$	$E_{21}$	$E_1$	$E_2$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_N$
կՎտ	կՎտ	կՎտ	կՎտ	կՎտ	կՎտ	կՎտ	կՎտ			
491605.3	436426	105040.061	3805.786	196194.21	80640.39581	541466.1	276834.6	0.946213	0.634322	0.48

**Հավելված 7. Տարբեր բաղադրամասային կազմով սինթեզ գազերի դեպքում դեպի մթնոլորտ  
արտանետվող ածխածնի երկօքսիդի քանակության հաշվարկ**

Մատուցման եղանակը	CO <sub>2</sub> ,10 <sup>6</sup> կգ	CO <sub>2</sub> (CO),10 <sup>6</sup> կգ	CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> ),10 <sup>6</sup> կգ	ΣCO <sub>2</sub> ,10 <sup>6</sup> կգ	Որսված CO <sub>2</sub> , 10 <sup>6</sup> տ	Արտանետված CO <sub>2</sub> , 10 <sup>6</sup> տ
<b>Չոր ածխափոշի</b>						
γ=0.55	0.06	615.32	73.14	688.52	0.58	0.11
γ=0.6	1	597.7	0.98	599.68	0.51	0.09
γ=0.65	33.34	449.13	0.16	482.63	0.41	0.08
γ=0.7	51.3	352.06	0.16	403.52	0.34	0.06
<b>Ջրաածխային լուծույթ</b>						
w=0.3	44.15	427.41	0.16	471.72	0.4	0.07
w=0.35	54.38	382.31	0.16	436.85	0.37	0.07
w=0.4	64.19	336.94	0.16	401.29	0.34	0.06