

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼ ՍՈՐԱՆ**

**ՄԻԼՎԻԱՆԱ ՀԵՆՐԻԿԻ ԷԼԲԱԿՅԱՆ**

**ՋԷԿ-ԵՐՈՒՄ ԳԱԶԱՅԻՆ ԱՐՏԱԼԵՏՈՒ ՄԼԵՐԻ ՄԱՔՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱ-  
ԿԱԿԻՑ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒ ՄԸ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆՆԵՐԻ  
ՏԵԽՆԻԿԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՎՐԱ ԴՐԱՆՑ  
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒ ՄԸ**

Ե.14.03 «Ջերմաէներգետիկա» մասնագիտու թյամբ տեխնիկական  
գիտու թյուններ թեկնածու ի գիտական աստիճանի հայցման  
ատենախոսու թյան

**ՍԵՂՄԱԳԻՐ**

ԵՐԵՎԱՆ 2018

---

---

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ**

**ЭЛБАКЯН СИЛЬВИАНА ГЕНРИХОВНА**

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ  
ГАЗОВ ТЭС И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ТЕХНИКО-  
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.14.03 - “Теплоэнергетика”

ԵՐԵՎԱՆ 2018

Ատենախոսությունը անթեման հաստատվել է Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարանում (Ներկայիս ՀԱՊՀ):

Գիտական դեկանատը՝ տ.գ.թ., պրոֆ. Ո. Զ.  
Մարուխյան  
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տ.գ.դ., պրոֆ. Ս. Ա.  
Մինասյան  
տ.գ.թ., դոց. Հ. Ա. Հովսեփյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ «Գազպրոմ Արմենիա»  
ՓԲԸ «Հրազդան-5» հիմնարկ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2018թ.-ի հունիսի 29-ին, ժամը 12<sup>00</sup>-ին ՀԱՊՀ – ում գործող ԲՈՅ-ի Էներգետիկայի 043 մասնագիտական խորհրդի նիստում (հասցեն՝ 0009, Երևան, Տերյան փ., 105):

Ատենախոսությունը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:  
Սեղմագիրն առաքված է 2018թ.-ի մայիսի 29-ին:

Մասնագիտական խորհրդի  
գիտական քարտուղար, տ.գ.թ., դոց. Ա. Ա.  
Գևորգյան

Тема диссертации утверждена в Государственном инженерном университете Армении (в настоящее время НПУА).

Научный руководитель: к.т.н., проф. В. З. Марухян  
Официальные оппоненты: д.т.н., проф. С. А. Минасян  
к.т.н., доц. А. А. Овсепян

Ведущая организация: Предприятие “Раздан-5” ЗАО  
“Газпром Армения”

Защита диссертации состоится: 29 июня 2018г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета ВАК 043 “Энергетика”, действующего при НПУА (по адресу: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.  
Автореферат разослан 29 мая 2018г.

Ученый секретарь специализированного  
совета к.т.н., доц.

А. А. Геворгян

**Թեմայի արդիականությունը:**

Անվիճարկելի է այն իրողությունը, որ մարդկային հասարակության տնտեսական առաջընթացի արդի մակարդակը ձևավորվել է Եներգետիկայի շնորհիվ, սակայն վերջինս իր գարգացման սկզբնափուլում «որդեգրել» էր ռեսուրսների ոչ նպատակային օգտագործման և մատչելի օրգանական Եներգակիրների չսահմանափակված սպառման ուղին, որը ցավոք, շրջակա միջավայրի պահպանության տեսանկյունից անհետևանք մնալ չէր կարող: Երկրագնդի համապարփակ աղտոտման հիմնախնդրի լուծման նպատակով ներկայումս համաշխարհային հանրության առջև դրված է Եներգետիկական տեղակայանքների աշխատանքի արդյունքում շրջակա միջավայրին հասցված վնասը նվազագույնին հասցնելու կամ կանխարգելելու առաքելությունը, որի իրագործման միակ ընդունելի և արդարացիված տարբերակը Էկոլոգիայի և անվտանգ տեխնոլոգիաների նախագծումն ու շահագործումն է:

Գոյություն ունեն բազմաթիվ հետազոտություններ՝ վերաբերող արդյունաբերական ձեռնարկությունների, այդ թվում ջերմային Էլեկտրակայանների (ՋԵԿ-երի), հոսքաբերի վնասագործմանը և որպես վերջնարդյունք անհոսքաբեր և սակավաթափոնային տեխնոլոգիական սխեմաների ստեղծմանը, մինչդեռ մթնոլորտային օդի շարունակական աղտոտման պայմաններում Եներգետիկական ձեռնարկությունների գազային արտանետումների մաքրման և դեպի մթնոլորտ նվազագույն արտանետումներով ՋԵԿ-երի շահագործմանը վերաբերող ուսումնասիրությունները իրապես պահանջարկված են և արդիական: Ընդ որում, կարևոր է նաև այն հանգամանքը, որ գիտատեխնիկական առաջընթացի ներկա պայմաններում գրոյական գազային արտանետումներով ջերմային Էլեկտրակայանների շահագործումը լիովին իրատեսական է:

**Աշխատանքի նպատակը և հետազոտության հիմնական խնդիրները:**

Ատենախոսության նպատակն է, գերակա համարելով մթնոլորտի պահպանության հիմնախնդիրները ու Էկոլոգիայի և անվտանգ ՋԵԿ-երի գազային արտանետումների համար սահմանված չափորոշիչները, Էկոլոգիան տնտեսական հիմնավորման ուղով ընտրել ծխագազերի մաքրման համապատասխան տեխնոլոգիական սխեմաները և վերլուծել դրանց իրականացման արդյունքում կայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների փոփոխությունը: Ծարարվածի իրագործման համար առաջարկվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- գազային արտանետումների մաքրման կիրառվող և հեռանկարային տարբերակների իրականացման հիմնահարցերի վերլուծություն՝ Էկոլոգիայի և անվտանգ ՋԵԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչների հաշվի առմամբ,
- վառելիքի թերայրման արգասիքների քանակական գնահատման գրաֆիկական առնչությունների փոխարինում մաքեմատիկական արտահայտություններով և դրանց կիրառմամբ հաշվարկային ալգորիթմների մշակում,
- վառելիքի վերահսկելի քիմիական թերայրման պարագայում դեպի մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների,

դրանց դիմաց գանձվող բնապահ պանակ ան վճարների և գումարային վտանգավորություն աստիճանների հաշվարկում,

- գլոբալ տաքացման գործընթացում որպես ջերմոցային գազածխածնի երկօքսիդի ներդրման գնահատմամբ՝ վերլուծվել են էկոլոգիայի անվտանգ ՋԷԿ-երում վերջինիս կապակցման տեխնոլոգիաները և դրանց իրականացման հնարավորությունները:

**Գիտական նորարարություններ:**

- Ծծմբի և ազոտի օքսիդներից ծխազագերի մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաների ներդրման էկոլոգիան տեսական հիմնահարցերի գնահատմամբ՝ համապատասխան ալգորիթմների մշակում և իրականացում:
- Այրման գործընթացի ոչ ճիշտ ռեժիմատեխնոլոգիաների կազմակերպման, ինչպես նաև վնասակար որևէ միացություն ազդեցությունների նվազեցման նպատակով իրականացվող բնապահ պանակ միջոցառումների հետևանքով առաջացող թերայրման արգասիքների արտանետումների հաշվարկային ծրագրի մշակում:
- Այրման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակություն գնահատման մաթեմատիկական արտահայտությունների ստացում և վերջիններիս ներառմամբ հաշվարկային ալգորիթմի մշակում:
- Հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի օպտիմալ մեծություն որոշման ալգորիթմի մշակում՝ գազային արտանետումների վտանգավորության աստիճանի ազդեցության և տարեկան բնապահ պանակ ան վճարների գնահատմամբ:

**Աշխատանքի կիրառական նշանակություններ:**

Գազային արտանետումների մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաների վերլուծությունը և մշակված ալգորիթմները թույլ են տալիս իրականացնել ներդրման ենթակա որևէ տարբերակի ընտրություն՝ գերակա ընդունելով էկոլոգիական չափորոշիչները և նվազեցնելով կայանի տեխնիկան տեսական ցուցանիշների վրա դրանց ունեցած ազդեցությունը: Գրաֆիկական առնչությունների փոխարինումը մաթեմատիկական արտահայտություններով հնարավորություն է ընձեռում դյուրինացնել մթնոլորտ արտատվող թերայրման արգասիքների քանակություն ճշգրիտ գնահատումը՝ հաշվի առնելով օդի ավելցուկի գործակցի մեծությունը, ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների առկայությունը և ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական ցուցանիշների փոփոխությունը: Առաջարկվող ալգորիթմի և հաշվարկային ծրագրի միջոցով որոշվում է հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի օպտիմալ արժեքը՝ ըստ մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների գումարային վտանգավորության աստիճանի և դրանց դիմաց գանձվող բնապահ պանակ ան վճարների մեծություն:

**Հրապարակումներ:**

Ատենախոսության հիմնական դրույթները և արդյունքները գեկուցվել և քննարկվել են «Ջերմաներգետիկա և շրջակա միջավայրի պաշտպանություն» ամբիոնի գիտական սեմինարներում և ՀՊՃՀ-ի ամենամյա տարեկան գիտաժողովներում (2010-2017թթ.): Ատենախոսության դրույթներն ու արդյունքներն արտացոլված են 6

գիտական աշխատություններում, որոնց ցանկը բերված է սեղմագրի վերջում:

**Աշխատանքի ծավալը և կառուցվածքը:**

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, հինգ գլուխներից, եզրակացություններից, 105 անուն գրականության ցանկից և 7 հավելվածներից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 179 էջ, այդ թվում՝ 59 նկար և 5 աղյուսակ:

**Պարտանշանային ներկայացվող տրոխեոններ:**

1. Կայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա գազային արտանետումների մաքրման գործընթացի ունեցած ազդեցության գնահատման ալգորիթմ:
2. Այրման արգասիքներում բենզապիրենի քանակության հաշվարկման գրաֆիկական առաջնությունները փոխարինող մաթեմատիկական արտահայտություններ:
3. Ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական գործընթացների հաշվի առմամբ թերայրման արգասիքների արտանետումների որոշման հաշվարկային ծրագիր:
4. Ըստ մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների գումարային վտանգավորության աստիճանի և դրանց դիմաց գանձվող բնապահպանական վճարների մեծության՝ հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի օպտիմալ արժեքի հաշվարկման ալգորիթմ:

**ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՆՈՒ ԹԱԳԻՐԸ**

**Ներածությունում** հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են աշխատանքի նպատակը և խնդիրները, գիտական նորությունը, գործնական նշանակությունը և ատենախոսության բաժինների ամփոփ նկարագրերը:

**Առաջին գլխում** կատարվել է էլեկտրակայաններից արտանետվող ծխազագերի մաքրման կիրառվող և հեռանկարային տեխնոլոգիաների, ինչպես նաև մաքրման գործընթացի արդյունքում ձևավորվող ուղեկցող արգասիքների հնարավոր օգտահանման տարբերակների համադրական ուսումնասիրություն: Վերլուծվել են զրոյական գազային արտանետումներով ՋԷԿ-երի ստեղծման հնարավորություններին նվիրված տարաբնույթ հետազոտություններ և աշխատություններ, ինչից էլ եզրակացվել է, որ մթնոլորտին հասցված վնասը կարելի է նվազեցնել կամ կանխարգելել էկոլոգիապես արդարացված և տնտեսական տեսանկյունից ընդունելի միջոցառումների միաժամանակյա իրականացմամբ: Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ գազային արտանետումների մաքրման տեսանկյունից էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչների պահպանումը անխուսափելիորեն ունենալու է ազդեցություն կայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա, դիտարկվել են նաև այդ ոլորտի հարցադրումները:

**Երկրորդ գլխում** իրականացվել է ծխազագերից ծծմբի օքսիդների մաքրման տարբերակների համադրական վերլուծություն: Առաջնորդվելով զրոյական գազային արտանետումներով և անթափոխ համարվող կահավորված ՋԷԿ-ի ստեղծման գաղափարով՝ իրականացված

վերլուծության արդյունքում ընտրվել է ծծմբային անհիդրիդից ծխազագերի մաքրման թաց կրային մեթոդը և մշակվել է համապատասխան ալգորիթմ, որի ծրագրային իրականացման արդյունքում գնահատվել է ընտրված տարբերակի ազդեցությունը արտադրվող և առաքվող էլեկտրատեներգիայի ինքնարժեքի վրա: Առաջադրված խնդրի շրջանակներում էկոլոգիական պահանջների գերակայությունն ապահովվել է.

1. մաքրման բարձր արդյունավետությամբ (95% և ավելի),
  2. ստացվող վերջնարդյունքի պիտանելիությամբ (չերմային մշակուկից հետո շինարարական որակի գիպսի ստացում):
- Խնդրի տնտեսական հիմնահարցերը քննարկվելիս հաշվի են առնվել՝

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

Ծրագրված վերջին գործոնների միաժամանակյա իրագործումը հնարավորություն է ընձեռում նվազեցնել արտադրվող և առաքվող էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի վրա մաքրման տեղակայանքի ձեռք բերման կապիտալ ներդրումների և շահագործման ծախսերի ազդեցությունը, ինչն էլ գնահատվել է համապատասխան ալգորիթմով: Վերջինս հիմնված է հետևյալ դրույթների վրա.

1. Ծծմբի օքսիդներից ծխազագերի մաքրման տեղակայանքի կապիտալ ներդրումների և շահագործման ծախսերի հաշվարկ: Ընդ որում, շահագործման ծախսերի գնահատման ժամանակ հաշվի են առնվել՝

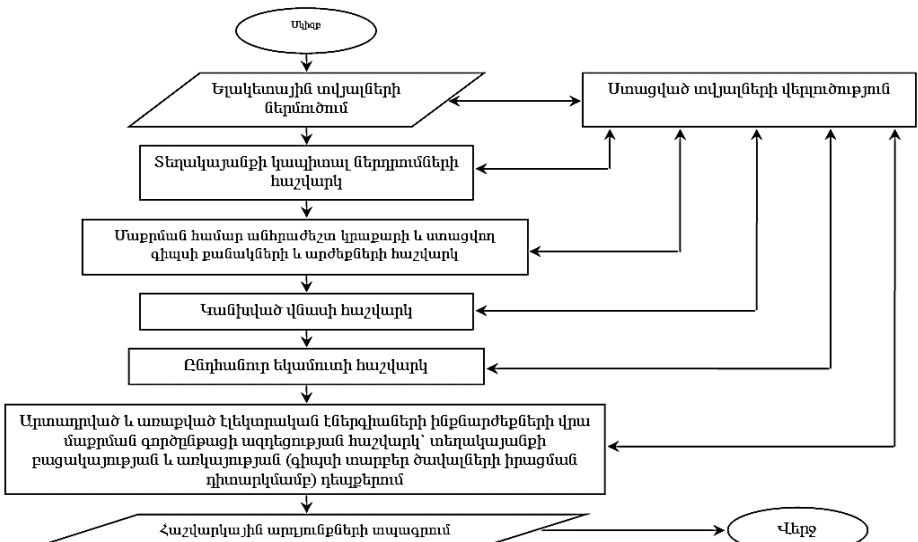
- կրաքարի ձեռք բերման նպատակով պահանջվող գումարի չափը,
- աբսորբերում սուղազտեցիայի մղման համար պոմպերի աշխատանքով պայմանավորված կայանի սեփական կարիքների գործակցի մեծացումը,
- ընդհանուր կայանային և ընթացիկ վերանորոգման ծախսերի անընդմեջ պայմանավորված կրակաթի վատ լուծելիության հանգամանքով աբսորբերում ցայտեցնող փողրակների խցանման հավանականությամբ և փոխարինման անհրաժեշտությունով:

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, էլեկտրոլիտի շինարարական գիպսի նկատմամբ շուկայական պահանջարկի փոփոխման հանգամանքից՝ իրական եկամտի մեծությունը հաշվարկվել է գիպսի տարբեր ծավալների իրացման պարագայում:

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

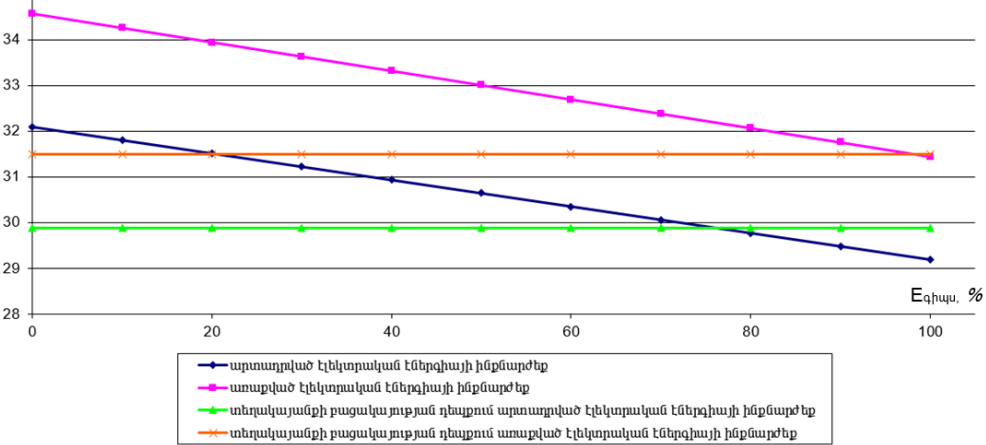
Մշակված ալգորիթմի հիման վրա կառուցված բլոկ-սխեման ունի հետևյալ տեսքը (նկ.1):



Նկ. 1. Էլ եկտրական Էներգայի ինքնարժեքի վրա ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման գործընթացի ազդեցության հաշվարկային ալգորիթմի բլոկ-սխեմա

200 ՄՎտ հզորությամբ Էներգաբլոկներով կահավորված կայանի համար կատարված հաշվարկների իրականացումից հետո արտապատկերվում են արտադրված և առաքված Էլ եկտրաէներգիայի 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):

S, S°, դր/կՎտ.ժ



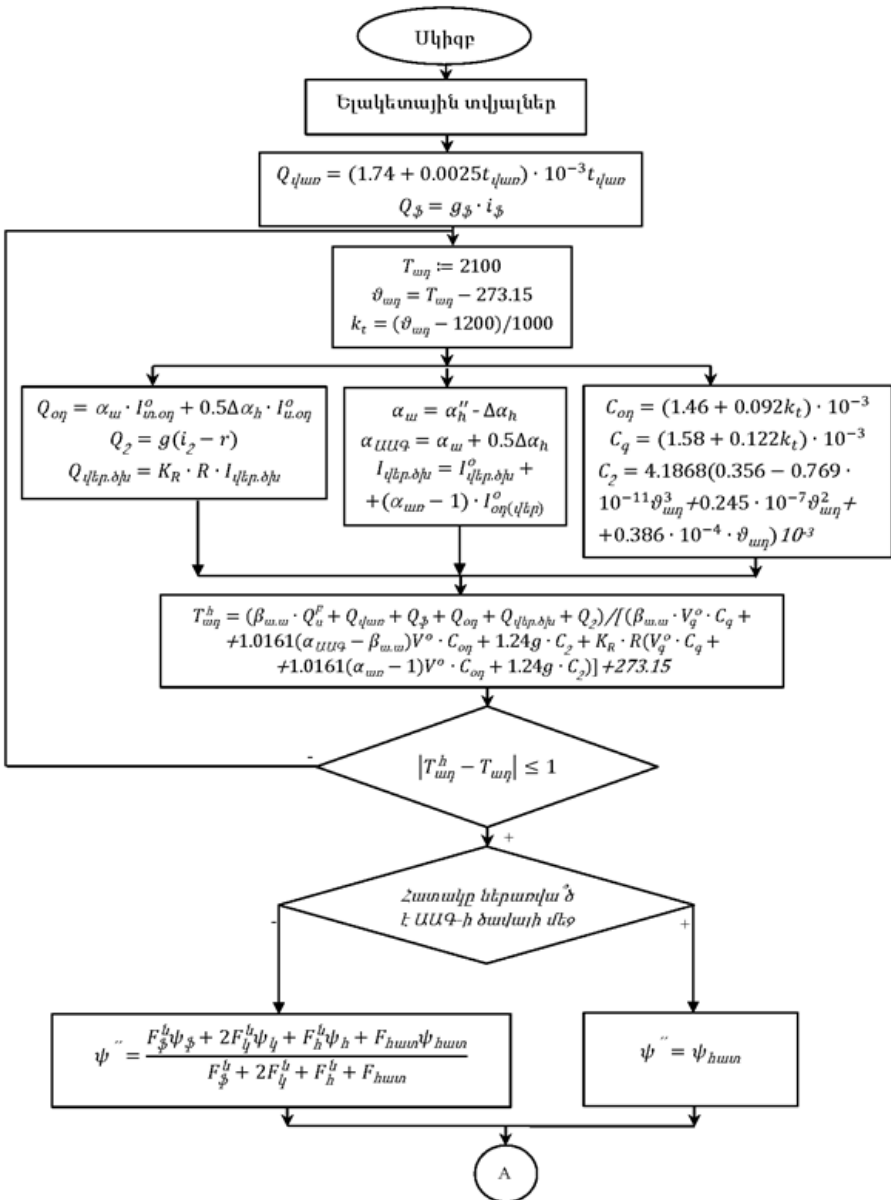
*Նկ. 2. Գիպսի իրացման քանակության ազդեցությունը արտադրվող և առաքվող  
Էլեկտրական Էներգիայի ինքնարժեքների վրա*

Ստացված գրաֆիկական առևտրային ուղիները վկայում է այն մասին, որ իրացվող գիպսի քանակության մեծացմանը զուգընթաց Էլեկտրաէներգիայի 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 զրոյական իրացման դեպքում Էլեկտրաէներգիայի ինքնարժեքն աճում է մոտ 10%-ով, իսկ գիպսի 100% իրացման դեպքում՝ նվազում 5%-ով:

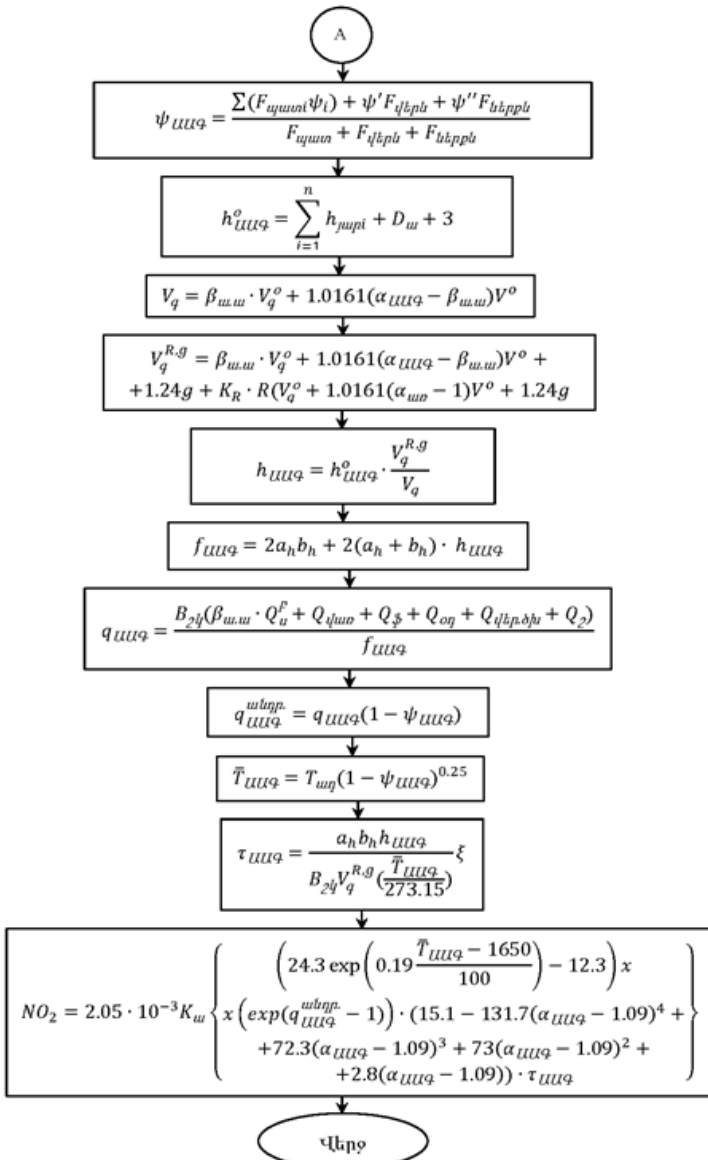
Ընտրված մեթոդի հիմնական թերությունները մթնոլորտում ծխագազերի արդյունավետ ցրման կազմակերպման նպատակով դրանց ջերմաստիճանի լրացուցիչ բարձրացման անհրաժեշտությունն է, որը կարելի է լուծել կամ գազազային տաքացուցիչում մաքրման ենթական ծխագազերի ջերմության հաշվին հեռացող ծխագազերի տաքացմամբ, կամ Էլ ազոտի օքսիդներից ծխագազերի մաքրումից հետո ցրման գործընթացը աշտարակահովացուցիչից կազմակերպելով: Ըստ հաշվարկների արդյունքների թաց կրային եղանակով ծխագազերի մաքրման արդյունքում տարեկան առաջանում է 239250տ գիպս, որի ամբողջական իրացումը ներքին շուկայում բարդ է, ուստի որպես մարքեթինգային լուծում կարելի է դիտարկել ավելցուկային գիպսի արտահանման նպատակահարմարությունը:

**Երրորդ գլուխը** վերաբերում է ջերմաէներգետիկական տեղակայանքներից արտանետվող ազոտի օքսիդների սահմանային թույլատրելի չափաքանակները չգերազանցելու նպատակով իրականացվող ներհնոցային ռեժիմառեխնոլոգիական և ծխագազերից քիմիական եղանակով ազոտի օքսիդների մաքրման միջոցառումներին: Նվազագույն կապիտալ ներդրումներ են անհրաժեշտ ներհնոցային ռեժիմառեխնոլոգիական միջոցառումների իրականացման համար, մինչև դեռ հնոցային խցում այրիչների նախընտրելի տիպային հարմարադասումը հնարավորություն կընձեռնի 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 ջերմազանգվածախոխանակության պայմանների փոփոխության մշակվել է համապատասխան ավգորիթմ և բլոկ-սխեմա (Նկ. 3):





Նկ. 3. Այրման սրգաաիքներու մ պարու նակվող ազոտի օքսիդների քանակու թյան հաշվարկման բլոկ-սխեմա

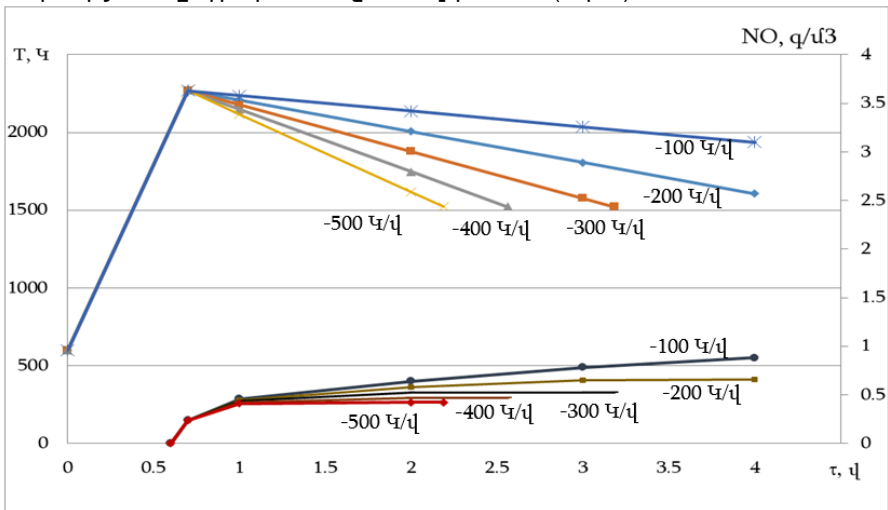


Նկ. 3. Այրման արգասիքներում պարունակվող ազոտի օքսիդների քանակը թյան հաշվարկման բլոկ-սխեմա (շարունակյալ թյուն)

Մշակված բլոկ-սխեմայի կիրառմամբ կատարված հաշվարկների արդյունքները համեմատվել են Հրագրանի ՋԷԿ-ի TGM-104 շոգեկաթսայի շահագործման տվյալների հետ և վկայում են այն մասին, որ այրիչների հարմարադասման փոփոխությունը, հաշվի առնելով

յուրաքանչյուրի դեպքում հնոցային տարածության և ցվածության գործակիցները և այրման ակտիվ գոտում (ԱԱԳ) ծխագազերի մնալու ժամանակամիջոցը, հանգեցնում է ԱԱԳ-ում ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցման ( $\Delta T_{\text{ԱԱԳ}} = T_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{a}} - T_{\text{ԱԱԳ}}^{\text{հառ}} \approx 130 \text{ Կ}$ ) և թերմիկ NOx-երի ելքի կրճատման: Ընդ որում, ծխագազերի վերաբրջանառության բացակայության դեպքում, այրիչների հարմարարասման փոփոխությունը՝ հնոցային անբողիսամիկայի և ջերմազանգվածափոխանակության պայմանների բարելավման շնորհիվ, հանգեցնում է թերմիկ NO-ների մոտավորապես 20% նվազման: Այ գործիքը հնարավորություն է ընձեռում հաշվի առնել նաև վերաբրջանավոր ծխագազերի քանակության, հնոց մատուցման ձևի, ինչպես նաև ԱԱԳ խոնավության կամ շոգու սրսկման դեպքերում ազոտի օքսիդների ելքի կրճատումը:

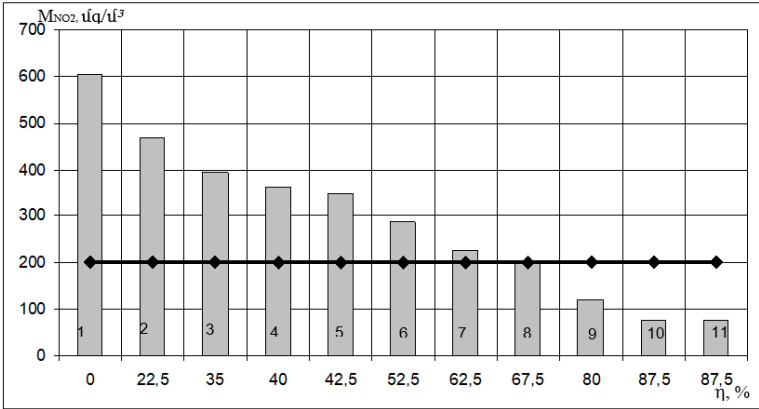
Գնահատելով ջահի հովացման արագության ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա՝ կարելի է եզրակացնել, որ հովացման արագության մեծացմանը զուգընթաց յուրաքանչյուր հաջորդ վայրկյանում, պայմանավորված հնոցային խցում ջերմաստիճանի նվազմամբ, առաջացող ազոտի թերմիկ օքսիդների քանակությունը նվազում է, ընդ որում որոշակի ջերմաստիճանից սկսած (ըստ կատարված հաշվարկների արդյունքների նշված ջերմաստիճանը կազմում է մոտ 1800 Կ) առաջացող թերմիկ օքսիդների քանակությունը գրեթե աննշան էլիսում (Նկ. 4):



Նկ. 4. Ջահի հովացման տեմպի ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա

Եկով ոգիապես անվտանգ ՁԷԿ-երին ազոտի օքսիդների արտանետումների կրճատման տեսանկյունից ներկայացվող չափորոշիչներից ելնելով (200 մգ/մ<sup>3</sup>)՝ դիտարկվել են համապատասխան միջոցառումներ (Նկ. 5) և գնահատվել է դրանց տարեկան տնտեսական արդյունքի կախվածությունը արտանետման համար սահմանված դրույքաչափի մեծությունից: Նկ. 5-ում պատկերված գրաֆիկական առնչությունից ակնհայտ երևում է, որ որպես այդպիսիք հանդես են

գալ իս 8, 9, 10 և 11 հերթական համարներով նշված միջոցառումները: Սակայն հազվի առնելով այն հանգամանքը, որ հազվարկների իրականացման ժամանակ դիտարկված բոլոր միջոցառումների համարմաքրման արդյունավետության թվային արժեքները վերցվել են միջինացված, ուստի 7-րդ համարով նշված միջոցառումը ևս պայմանականորեն համարվել է ընտրված չափորոշիչին բավարարող: Եկոլոգիական չափորոշիչներին բավարարող առանձնացված միջոցառումների Եկոլոգիատնտեսական հիմնավորման ժամանակ նախապատվությունը պետք է տրվի այնպիսիներին, որոնք կուղեկցվեն կապիտալ և շահագործման փոքր ծախսերով, չեն առաջացնի Եկոլոգիական բնույթի այլ, ոչ ցանկալի երևույթներ և հնարավորություն դեպքում կիրառործվեն շահագործող անձնակազմի ուժերով: Կարևոր է նաև այն հանգամանքը, որ դրանք չունենան էական ազդեցություն կաթսայական տեղակայանքի աշխատանքի հուսալի հոլթյան և արդյունավետության վրա: Ազոտի օքսիդների նվազեցմանը նախասկառնողված բնապահպանական միջոցառումների տնտեսական արդյունավետությունը (դրանց իրականացումը չի ուղեկցվում ապրանքային վերջնարդյունքի և դրա իրացման դիմաց հավելյալ շահույթի ստացումով) դրսևորվում է միայն խնայված բնապահպանական վճարների ձևով:

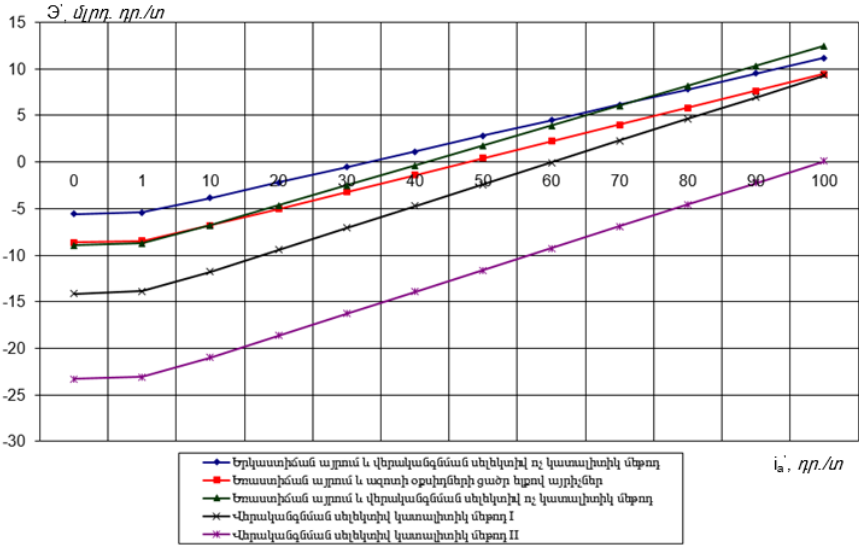


Նկ. 5. Եկոլոգիական տեսանկյունից նախասկստարմար տարբերակի ընտրությունը

1. միջոցառումները բացակայում են, 2. երկաստիճանայինում, 3. ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչներ, 4. վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ մեթոդ, 5. եռաստիճանայինում, 6. երկաստիճանայինում և ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչներ, 7. երկաստիճանայինում և վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ մեթոդ, 8. եռաստիճանայինում և ազոտի օքսիդների ցածր ելքով այրիչներ, 9. եռաստիճանայինում և վերականգնման սելեկտիվ ոչ կատալիտիկ մեթոդ,
10. վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդ I, 11. վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդ II

Առանձնացված բնապահպանական միջոցառումների տարեկան տնտեսական արդյունքը, որի մեծությամբ առավելագույն արժեքով կատարվում է տնտեսապես արդարացիված միջոցառման ընտրությունը, կորոշվի որպես խնայված բնապահպանական վճարների և դրանք ապահովող միջոցառումների բերված ծախսերի տարբերությունը (նկ.

6): Ի նկատի ունենալով օդային ավազանն արտոտող վնասակար միացությունների համար սահմանված ցածր դրույքաչափերը, տարեկան տնտեսական արդյունքն ունենում է բացասական նշանակություն: Գնահատելու համար վերջինիս կախվածությունն ազդեցիկների արտանետումների դրույքաչափի մեծությունից՝ դրանց թվային արժեքը համապատասխանաբար մեծացվել է ընդհուպ մինչև 100 անգամ: 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:



Նկ. 6. Բնապահպանական միջոցառումների տարեկան տնտեսական արդյունքի կախվածությունն ազոտի օքսիդների ցածր կարգի ալիլների մեծությունից

Վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդների ոչ մրցունակ լինելը, չնայած մաքրման մեծ արդյունավետությանը, բացառվում է վերջիններիս տեղակայման և շահագործման մեծ ծախսերով, և միայն դրույքաչափի 100 անգամյա մեծացումն է ապահովում վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդի I տարբերակի ընդգրկում մրցակցող եռյակում, իսկ վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ մեթոդի II տարբերակը դառնում է տնտեսապես արդարացի, բայց ոչ մրցակցող:

**Չորրորդ գլխում** կատարվել է այրման ներհնոցային ռեժիմատեխնոլոգիական գործընթացների փոփոխման արդյունքում թերայրման արգասիքների առաջացման պայմանների ուսումնասիրում՝ հաշվարկային ալգորիթմի և աշխատանքային ծրագրի մշակմամբ:

Յաշվի առնելու համար նշված գործոնների ազդեցությունը հեղուկ վառելիքի այրման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակության վրա՝ առաջարկվում է (1) կիսաէմպիրիկ բանաձևային առնչությունը բազմապատկել մաթեմատիկական ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքում ստացված համապատասխան գործակիցներով.

$$C_{C_{20}H_{12}} = \frac{25 + 0.05q_V}{(\alpha_h'')^{28}} \cdot 10^{-2} \quad (1)$$

Որտեղ  $q_V$ -ն հնոցային տարածության ջերմային լարվածությունն է, կվտ/մ<sup>3</sup>, իսկ  $\alpha_h''$ -ն՝ հնոցի ելքում օդի ավելցուկի գործակիցը:

Գիշերային ժամերին բեռի անկման, գործարկման և կանգաման ռեժիմների, մասնակի բեռնվածքներով էներգաբլոկի շահագործման դեպքում բենզապիրենի քանակության գնահատման համար առաջարկվում է  $K_D$  գործակցի որոշման գրաֆիկական առնչությունը փոխարինել ստորև բերված մաթեմատիկական արտահայտությամբ:

$$K_D = 1.3782 \cdot \left( 0.3782 + \left( \frac{D}{D_w} \right)^{2.821} \right)^{-1} \quad (2)$$

Օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցման հետևանքով ազոտի օքսիդների ելքի կրճատումը միաժամանակ հանգեցնում է այրման արգասիքներում բենզապիրենի քանակության աճի, ուստի  $\alpha_h''$ -ի ելակետային արժեքից ցածր արժեքների դեպքում (1) արտահայտության հաշվարկային արդյունքը պետք է բազմապատկել համապատասխան գործակցով.

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

Դեպի հնոց վերաբերանամվող ծխագազերի մատուցումը, անկախ դրանց տրման ձևից և տեղից, ևս հանգեցնում է արտանետվող բենզապիրենի քանակության մեծացման, ինչն էլ առաջարկվում է հաշվի առնել հետևյալ մաթեմատիկական արտահայտությամբ.

- վերաբերանամվող ծխագազերը խառնվում են այրման համար տվող օդին՝

$$K_r = 0.04r + 1 \quad (4)$$

- վերաբերանամվող ծխագազերը հնոց են մատուցվում հիմնական արիչների տակ տեղակայված տուլփախողովակներով՝

$$K_r = 0.0267r + 1 \quad (5)$$

- վերաբերանամվող ծխագազերը հնոց են մատուցվում հիմնական արիչներին հանդիպակաց տեղակայված տուլփախողովակներով՝

$$K_r = 0.0196r + 1 \quad (6)$$

Վառելիքի աստիճանական այրումը, կախված վերջինիս կազմակերպման ձևից, կարող է բերել հեռացող ծխագազերում բենզապիրենի քանակության և աճի և նվազեցման: Մասնավորապես, «ուղղահայաց» աստիճանական այրման դեպքում, երբ երկրորդային օդը մատուցվում է ջահի վերջնամաս, ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցման հետևանքով բենզապիրենի քանակությունը աճում է, մասնավորապես՝

$$K_8 = 7.0263\delta + 1 \quad (7)$$

«Յորիզոնական» աստիճանական այրման դեպքում երկրորդային օդը մատուցվում է ջահի նախքան ամպել ազուրյն ջերմանջատման տիրույթ՝ նպաստելով վառելիքի վերջնայրմանը և հանգեցնելով բենզապիրենի քանակության նվազման,

$$K_8 = -2.916\delta + 1 \quad (8)$$

Նմանօրինակ օրինաչափությունն նկատվում է նաև, երբ անջատվում է վերին յարուսի այրիչների կեսը (ըստվառելիքի):

$$K_8 = -1.071\delta + 1 \quad (9)$$

Առաջացող բենզապիրենի քանակության վրա ԱԱԳ խոնավության մատուցման ազդեցությունը գնահատելու համար առաջարկվում են հետևյալ արտահայտությունները.

- խոնավությունը մատուցվում է այրման համար տրվող օդի հետ՝

$$K_6 = 1-2.2712\sigma + 1.7272\sigma^2 + 6.4783\sigma^3 \quad (10)$$

- խոնավությունը մատուցվում է անմիջապես ԱԱԳ՝

$$K_6 = (0.9991-1.175\sigma)^{12.564} - 0.0117 \quad (11)$$

Ստացված մաթեմատիկական արտահայտությունները հիմնական մասի սխալ անքննիչ գերազանցում 1%-ը, մնացածներինը՝ գտնվում է մինչև և 3% տիրույթում: Գրաֆիկական առնչությունները փոխարինումը մաթեմատիկական արտահայտություններով հնարավորություն է ընձեռում կառուցել այրման արգասիքներում բենզապիրենի քանակության հաշվարկման և գործիքմը և աշխատանքային ծրագիր (նկ.7)՝ զգալիորեն փոքրացնելով սուբյեկտիվ սխալի հավանականությունը և բնականաբար մեծացնելով հաշվարկների ճշտությունը: Հաշվարկային ծրագրի աշխատանքային դաշտում մուտքագրելով պահանջվող ելակետային տվյալները, նշելով իրականացվող ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումներից որևէ մեկը և վերջինիս բնորոշող լրացուցիչ տվյալները, կատարվում է հաշվարկային արդյունքների արտապատկերում:

Ազոտի օքսիդների ելքի նվազման նպատակով իրականացվող ռեժիմատեխնոլոգիական միջոցառումների հետևանքով թերայրման արգասիքների ի հայտ գալու հավանականության պարագայում է կոլոգիական չափորոշիչների գերակայությունն առաջարկվում է իրականացնել հետևյալ պայմանի ապահովմամբ.

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

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

Ազոտի օքսիդների կոնցենտրացիայի կախվածությունը հնցում օդի ավելցուկի գործակցի մեծությունից, ունի էքստրեմում: Դա բացատրվում է նրանով, որ մինչև որոշակի սահման օքսիդիչի քանակության աճը հանգեցնում է հեռացող ծխագազերում NOx-երի կոնցենտրացիայի մեծացման, իսկ դրանից հետո, պայմանավորված ջերմաստիճանային մակարդակի նվազեցմամբ, ազոտի օքսիդների կոնցենտրացիան նվազում է:

Այրման արգասիքներում պարունակվող բենզապիրենի քանակության հաշվարկման ծրագիր			
q <sub>h</sub> :	350	կ <sup>4</sup> /տ <sup>3</sup>	
α <sub>h</sub> ''	1.05		[1...1.1]
D/D <sub>ա</sub>	1		[0.5...1]
Ձևը		Հաշվը	

Հաշվարկային արդյունքներ
C <sub>հոմ</sub> = 0.2607 մկգ/մ <sup>3</sup>

Ազդի օբյեկտների կրճատման միջոցառումների իրականացում
1. Օդի ավելցուկի գործակից արդեոպոմոն ծխազագերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության վրա
2. Վերաբառնառվող ծխազագերի հնոց մատուցման ձևի արդեոպոմոն այրման արգասիքներում առկա բենզապիրենի քանակության վրա
3. Ատոհճանախան այրման արդեոպոմոն ծխազագերում պարունակվող բենզապիրենի քանակության վրա
4. Այրման ակտիվ գործի խոնավության մատուցման արդեոպոմոն այրման արգասիքներում առկա բենզապիրենի քանակության վրա
5. Ծխազագերի վերաբառնառության և ատոհճանախան այրման միաժամանակյա իրականացում
6. Ազդի օբյեկտների նվազեցման որևէ միջոցառում չի իրականացվում

Լրացուցիչ տվյալներ	
1. «Ուրդահայաց» ատոհճանախան այրում	<input checked="" type="radio"/>
2. «Հարիգեանախան» ատոհճանախան այրում	<input type="radio"/>
3. Վերին շարքի (յարտակ) այրիչների կետը անջատված են	<input type="radio"/>
δ:	0.2 [0...0.3]
Հաշվը	

Նկ. 7. Հաշվարկային ծրագրի աշխատանքային ռազմաչափ

Արդյունքում, երբ  $1.007 \leq \alpha_h'' \leq 1.08$ , ապա NO<sub>x</sub>-երի կոնցենտրացիայի հաշվարկում առաջարկվում է գնահատել ստորև բերված արտահայտությամբ.

$$C_{NO_x} = \frac{1}{\left(3.4518 \cdot 10^{-4} \cdot (\alpha_h'' - 1.1402)^2 + 4.1177 \cdot 10^{-5}\right)} - 20638 \alpha_h'', \quad (13)$$

երբ  $\alpha_h'' > 1.08$ , ապա  $C_{NO_x} = -4.8261 \cdot (\alpha_h'')^{36.747} + 1360.2$ : (14)

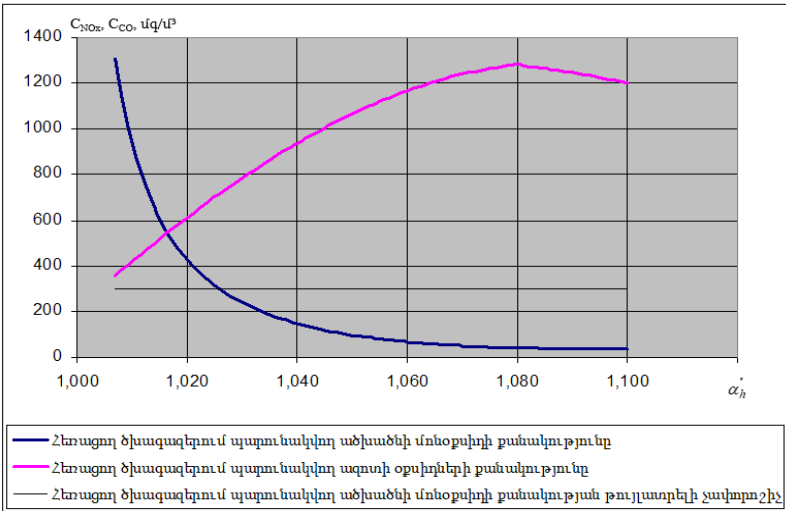
Օդի ավելցուկի գործակցի դիտարկվող տիրույթում քիմիական թերայրման հետևանքով շերտնախան կորուստներն առաջարկվում է հաշվարկել (15) արտահայտությամբ, որն էլ հետագա հաշվարկներում օգտագործվում է թերայրման հետևանքով դեպի մթնոլորտ արտանետվող ածխածնի մոնօքսիդի կոնցենտրացիան որոշելու համար.

$$q_3 = \frac{\alpha_h'' - 1.0019}{0.33808 - 0.33984 \cdot (\alpha_h'')^2} + 1.357 \quad (15)$$

Համաձայն գործող չափորոշիչների հեռացող ծխազագերում պարունակվող ածխածնի մոնօքսիդի քանակությունը չպետք է գերազանցի 300 մգ/մ<sup>3</sup>: Ի նկատի ունենալով նշված չափորոշիչը և օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցման արդյունքում ազդի օբյեկտների ելքի կրճատման հանգամանքը, նպատակահարմար է գտնվել գրաֆիկորեն պատկերել դրանց փոփոխությունը՝ օդի ավելցուկի գործակցի նվազագույն թույլատրելի մեծության արժեքը որոշելու համար: Համաձայն հաշվարկային արդյունքների օդի

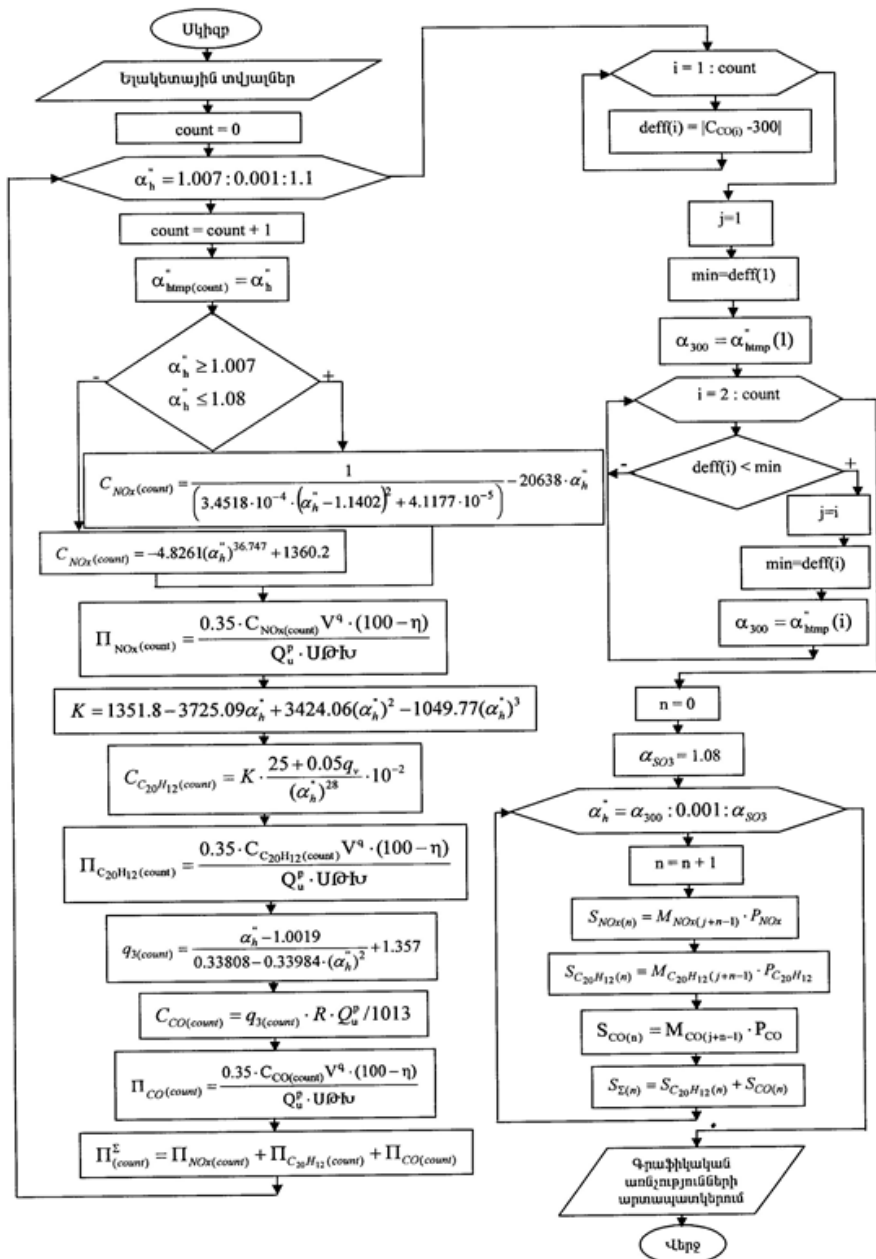


ավելցուկի գործակցի նվազագույն թույլատրելի մեծությունը, որի դեպքում էներգետիկական և էկոլոգիական նկատառումներից ելնելով, հեռացող ծխազագերում ածխածնի մոնօքսիդի կոնցենտրացիան չի գերազանցում թույլատրելի չափորոշիչը, կազմում է 1.026 (նկ. 8):

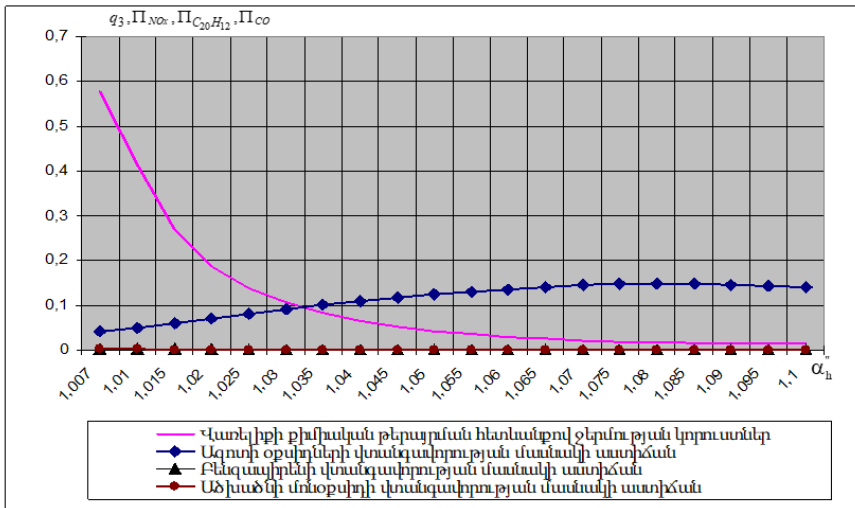


Նկ. 8. Ծխազագերում պարունակվող ազոտի օքսիդների և ածխածնի մոնօքսիդի քանակության կախվածությունը օդի ավելցուկի գործակցից

Ծծմբական անհիդրիդի առաջացման և հետագայում դրա կոռոզիոն ակտիվ ազդեցությունից խուսափելու համար նախատեսարարմար է օդի ավելցուկի գործակցի առավելագույն թույլատրելի մեծության արժեքը սահմանափակել 1.08-ով: Մշակված բլոկ-սխեմայի (նկ. 9) կիրառմամբ հաշվարկվել են բենզապիրենի, ածխածնի մոնօքսիդի և ազոտի օքսիդների մասնակի վտանգավորության աստիճանները կախված հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի փոփոխությունից և ներկայացվել գրաֆիկորեն (նկ. 10 և 11):



Նկ. 9. Օդի ավելի ցուցիչ գործակցից կախած զազային արտանետումների վտանգավորում թյան աստիճանի և տարեկան բնապահպանական վճարների գնահատման բլոկ-սխեմա

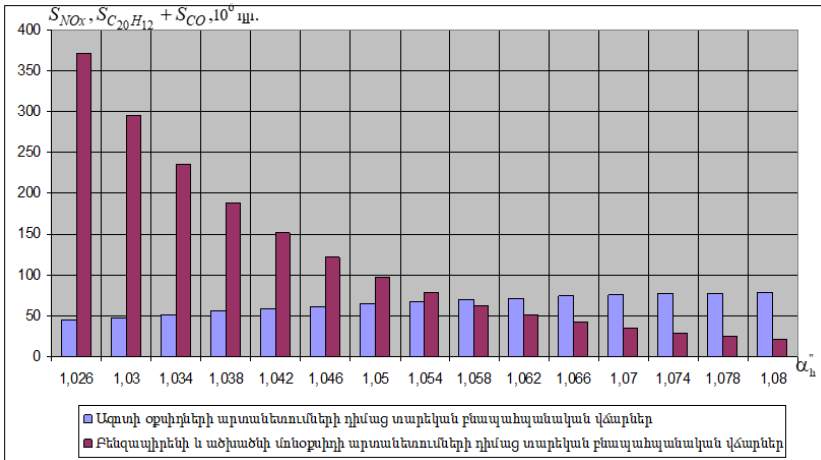


Նկ. 10. Վառելիքի քիմիական թերայրման հետևանքով ջերմության կորուստների, ազոտի օքսիդների, բենզապիրենի և սծխածնի մոնօքսիդի մասնակի վտանգավորության աստիճանների կախվածությունը  $\alpha_i$ -ի ավելցուկի գործակցից

Պատկերված գրաֆիկական առնչություններից և հաշվարկային արդյունքների վերլուծություններից հետևում է, որ հնոցում օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցումը մասնավորապես 1.08-ից մինչև 1.026 հանգեցնում է գու մարային վտանգավորության աստիճանի 1.75 անգամ փոքրացման՝ պայմանավորված ազոտի օքսիդների քանակության կրճատմամբ, սակայն միաժամանակ բենզապիրենի և սծխածնի մոնօքսիդի վտանգավորության մասնակի աստիճանների գումարը գրեթե զրոյական արժեքից աճում է մինչև 0.0016: Քանի որ այրման արգասիքների գումարային վտանգավորության աստիճանն ըստ էության որոշվում է միայն ազոտի օքսիդներով, ուստի էկոլոգիական անվտանգության տեսանկյունից օդի ավելցուկի գործակցի մեծության նվազեցումը դիտարկվող տիրույթում չի սահմանափակվում ( $\Pi^{\Sigma} = f(\alpha_i^*)$ ) կախվածությունը նվազագույն էքստրեմում (չունի), սակայն անպայմանորեն պետք է հաշվի առնել էներգետիկական արդյունավետության նվազեցումը՝ պայմանավորված քիմիական թերայրման հետևանքով ջերմության կորուստներով: Նկ.11-ում պատկերված է օդի ավելցուկի գործակցից կախված բենզապիրենի և սծխածնի մոնօքսիդի գումարային արտանետումների և ազոտի օքսիդների համար տարեկան բնապահպանական վճարների մեծության փոփոխությունը:

Պատկերված գրաֆիկական առնչություններից երևում է, որ օդի ավելցուկի գործակցի թվային մեծության դիտարկված տիրույթում տարեկան բնապահպանական վճարները մինչև  $\alpha_i^* = 1.054$  արժեքը պայմանավորված են հիմնականում թերայրման արգասիքների արտանետումների համար գանձումներով, որոնց էական չափաբաժինը կազմում են բենզապիրենի արտանետումների համար գանձումները՝

վերջինիս արտակարգ վտանգավոր նյութ լինելու պատճառով:  
 $\alpha_h'' = 1.054$  արժեքի գերազանցման պարագայում տարեկան բնապահ պահական վճարները հիմնականում պայմանավորված են ազոտի օքսիդների արտանետումներով և մնում են գրեթե հաստատուն:



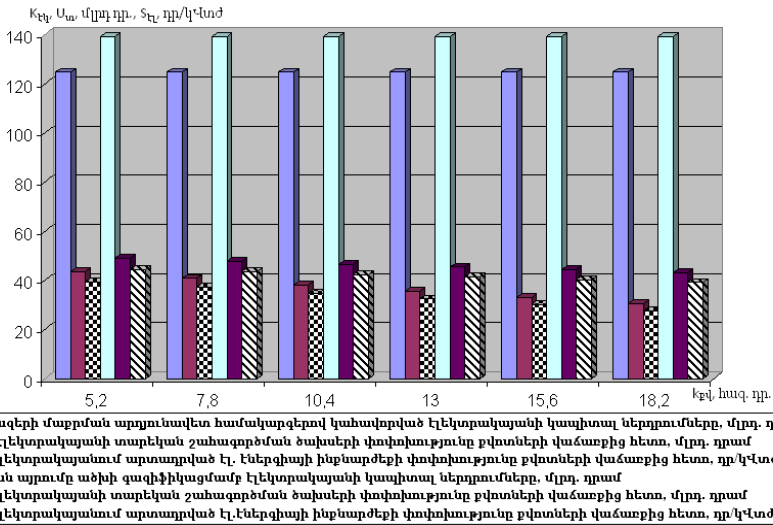
Գր. 11. Բնապահ պահական վճարների մեծություն և կախվածությունը օդի ալել ցուկի գործակցից

Ստացված արդյունքներից կարելի է եզրակացնել, որ հնցում օդի ալել ցուկի գործակցի թույլատրելի սահմաններում նվազեցնելու և այրման ռեժիմային գործընթացի վերահսկելի փոփոխման արդյունքում կարելի է իրականացնել և դեպի մթնոլորտ արտանետվող վնասակար միացությունների, և դրանց դիմաց գանձվող բնապահ պահական վճարների նվազեցում: Միաժամանակ  $\alpha_h''$ -ն կարելի է օգտագործել տարբեր վառելիքներով աշխատող էլեկտրակայանների, այդ թվում նաև Էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երի, հզորությունը նորոգության տեխնիկատնտեսական վերլուծություններում:

**Յինգերոոդ գիտում** վերլուծվել են Էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երում ածխածնի երկօքսիդի կապակցման տեխնոլոգիական լուծումները և դրանց ներդրման հնարավորությունները: Կատարված հետազոտությունների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ածխի այրման դեպքում, ի համեմատությամբ հեղուկ և գազային վառելիքների, արտանետվում է ածխաթթու գազի ամենամեծ քանակությունը, ուստի CO<sub>2</sub>-ի արտանետումների նվազեցման նախարդյալները և դրա Էկոլոգիատնտեսական հիմնահարցերը գնահատվել են կարծիք վառելիքի գազի ֆիկացման արդյունքում ստացվող սինթետիկ գազի օգտագործման պարագայում: Գնահատվել է ծխազգեթի 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: Առաջնորդվելով օդային ավազանի վրա ունեցած ազդեցության տեսանկյունից

Եկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներով՝ անհրաժեշտ է ավանդական ածխափոշային Էլեկտրակայանը կահավորել մոխրի մասնիկների որսման Էլեկտրագոտիչ, ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման թաց կրային և ազոտի օքսիդների վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ տեղակայանքներով, ինչպես նաև ածխածնի երկօքսիդի որսման համապատասխան նանոմեմբրան-ներով: Կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են, որ ՋԷԿ-ի կահավորումը նշված տեղակայանքներով արդեն իսկ հանգեցնելու է պահանջվող կապիտալ ներդրումների մոտ 30%-ով ավելացման, իսկ տարեկան շահագործման ծախսերը ևս կաճեն մոտ 25%-ով:

Ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերի ներդրմամբ ածխափոշային նույն 200 *ՄՎտ* հզորությամբ Էներգաբլոկի տնտեսական ցուցանիշները համեմատվել են նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ տարբերակի հետ: 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. 12) 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 և 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 Էլեկտրաէներգիայի ինքնարժեքի մեծությունները նվազեցնում է ընդամենը 12%-ով, մինչդեռ ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված Էլեկտրակայանի նույնանուն մեծությու-  
նները նվազում են գրեթե 30%-ով:

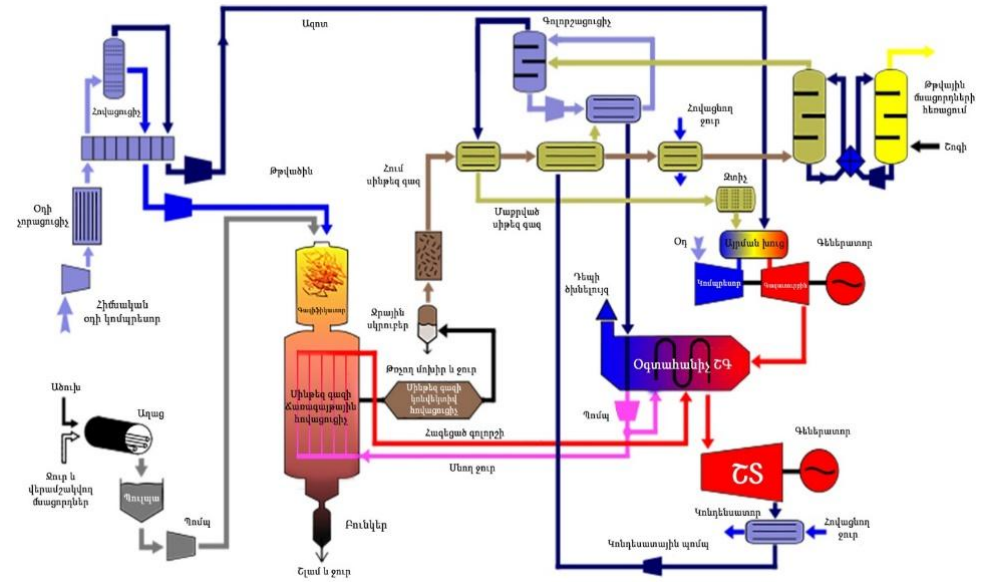


Նկ. 12. Ծխազագեղի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կառավարված էլեկտրակայանի կապիտալ ներդրումները, մլրդ. դրամ  
 և՛ նախքան այրում մը ածխի գազի ֆիկացմամբ ԷԼ էկտրակայանի կապիտալ ներդրում մների, շահագործման ծախսերի և արտադրված ԷԼ էկտրակայան  
 Էներգիայի ինքնարժեքի կախվածությունը ընդամենը և ընդ ածխածնի երկօքսիդի քվոտների վաճառքի գնից

Գնահատելով համեմատվող ԷԼ էկտրակայանների կապիտալ ներդրումների, շահագործման ծախսերի և արտադրված ԷԼ էկտրակայան Էներգիայի ինքնարժեքի մեծությունները, ինչպես նաև CO<sub>2</sub>-ի քվոտների վաճառքի հանգամանքը՝ հստակորեն կարելի է փաստել, որ նախքան այրում մը ածխի գազի ֆիկացման տարբերակը, իր Էկոլոգիակայան բոլոր առավել ութն ու ններով հանդերձ, տնտեսապես ավելի և պատակահարմար է կիրառել առավել մեծ օ.գ.գ. ունեցող շոգեգազատու ըրբինային տեղակայանքներում (ՇԳՏՏ): Ուստի, որպես տրամաբանական վերջնարդյունք դիտարկվել է ներցիկային գազի ֆիկացմամբ ՇԳՏՏ (Նկ. 13), որում բարձր Էներգետիկական ցուցանիշների հետ միաժամանակ պահպանված են Էկոլոգիապես անվտանգ ԷԼ էկտրակայանին ներկայացվող բոլոր չափորոշիչները և գործում է ածխի ադանքային պրոտեկցիալի օգտագործման տնտեսական հայեցակարգը:

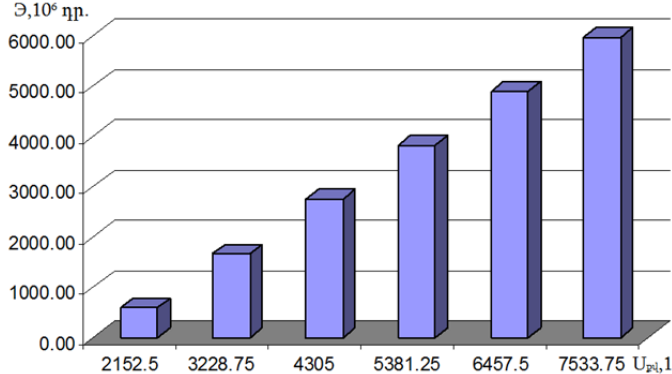
Կախված գազի ֆիկացման պրոցեսի պայմաններից (ճնշում, ջերմաստիճան, ածխախոշու չափսեր և այլն), գազի ֆիկացնող միջավայրից, վառելիք-օքսիդիչ հարաբերակցությունից (γ), ջրածխային լուծույթի խոնավապարու նակությունից (w), առաջացող սինթեզ գազի բաղադրամասային կազմը կարող է լինել տարբեր, որն էլ իր հերթին կհանգեցի դեպի մթնոլորտ արտանետվող միացությունների քանակական փոփոխության: Տարբեր բաղադրամասային կազմով սինթեզ գազերի դեպքում դեպի մթնոլորտ արտանետվող ածխածնի երկօքսիդի քանակությունները ևս կլինեն տարբեր: Ըստ կատարված հաշվարկների արդյունքների չոր ածխափոշու գազի ֆիկացման դեպքում վառելիք-օքսիդիչ հարաբերակցության մեծացումը հանգեցնում է CO<sub>2</sub>-ի որսման համար պահանջվող

ծախսերի նվազեցման՝ պայմանավորված նշված տարբերակների դեպքում առաջացած, և հետևաբար նաև որսված, CO<sub>2</sub>-ի քանակի կրճատմամբ: Նույն դատողություններով կարելի է բացատրել նաև ջրաածխային լուծույթի գազիֆիկացման դեպքում՝ խոնավապարու նակուղայն մեծացման հետևանքով ծախսերի նվազեցումը:



Նկ. 13. Ածխի ներցիկլ այ ին գազիֆիկացմամբ ծԳՏՏ-ի տեխնոլոգիական սխեմա

Հաշվի առնելով CO<sub>2</sub>-ի որսման համար պահանջվող ծախսերը և քվոտների իրացումից ստացված լրացուցիչ եկամուտը գնահատվել է տարեկան տնտեսական արդյունքի մեծությունը (Նկ. 14):



Նկ. 14. Ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման գործընթացի տարեկան տնտեսական արդյունքի կախվածությունը արտանետումների շուկայում քվոտի վաճառքի գնից

Այս պիստով, արտանետումները 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 վճարների գնի դեպքում իրականացվող միջոցառումը արդյունավետ է և ապահովում է տարեկան դրական տնտեսական արդյունք:

## ԵՆԴԱԿԱՏՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Ծխազագերի մաքրման ժամանակակից տեխնոլոգիաների ներդրումը կանխարգելում է շրջակա միջավայրի աղտոտումը՝ նվազագույնի հասցնելով կամ բացառելով դրա առանձին բաղադրիչներին ՁԵԿ-երի շահագործմամբ պատճառված վնասը: Ժամանակակից գիտահետազոտական և նախագծափորձարարական աշխատանքների գործնական իրացումը հնարավոր է դարձնում ՁԵԿ-երի արտանետումների մաքրման տեխնոլոգիական գործառույթի կատարելագործումը և գրոյական գազային արտանետումներով էլեկտրակայանի շահագործումը:
2. Ծծմբային անհիդրիդից ծխազագերի 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 գուժընթաց էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքը նվազում է և իրացման որոշակի ծավալից սկսած մաքրման տեղակայանքի առկայության դեպքում արտադրված և առավել 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%:
3. Հաշվի առնելով ԱԱԳ-ի հիմնական բնութագրերի փոփոխությունը՝ առաջարկվող ալգորիթմը հնարավորություն է ընձեռում գնահատել այրիչների հարմարադասման ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա: Ըստ Հրազդան ՁԵԿ-ի օրինակով կատարված հաշվարկների՝ այրիչների հատակային հարմարադասման պարագայում, հնոցային ատրոդինամիկայի և շերմազանգվածափոխանակության պայմանների բարելավման շնորհիվ, ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքը նվազում է 20%-ով:
4. Քանի որ ազոտի օքսիդների նվազեցմանը նպաստակա առկա է արդյունավետության շնորհիվ, որը ստանդարտում է միայն ինչպիսիք բնապահպանական վճարների ձևով, ուստի արտանետվող միացություն համար սահմանված դրույքաչափի մեծությունն այս պարագայում դառնում է որոշիչ գործոն: Հաշվարկային արդյունքները վկայում են, որ միայն դրույքաչափի 100 անգամյա մեծացումն է ապահովում էլոլոգիական տեսանկյունից անհր-ածեշտ միջոցառման՝ վերականգնման



սել է կտրվել կատալիտիկ մեթոդի, ընդգրկում «մրցակցող» միջոցառումների եռյակում:

5. Գրաֆիկական առնչություններին փոխարինումը մաթեմատիկական արտահայտություններով հնարավորություն է ընձեռում կառուցել այրման արգասիքներում բենզապիրենի քանակության հաշվարկման ավգորիթմը՝ գալիտրեն փոքրացնելով սուբյեկտիվ սխալի հավանականությունը և մեծացնելով հաշվարկների ճշտությունը:
6. 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: Տարեկան բնապահպանական վճարները մինչև  $\alpha_h = 1.054$  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  $\text{CO}_2$ -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 մեծությամբ նվազեցնում է ընդամենը 12%-ով, մինչդեռ ծխազագերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված էլեկտրակայանի նույնանուն մեծությամբ նվազում են գրեթե 30%-ով:
8. Արտանետումների շուկայում  $\text{CO}_2$ -ի քվոտի արժեքի ավելացումը, միանշորեն հանգեցնում է տարեկան տնտեսական արդյունքի մեծացման, ընդ որում, արտանետումների շուկայում  $\text{CO}_2$ -ի քվոտի անգամ նվազագույն վաճառքի գնի դեպքում իրականացվող միջոցառումը արդյունավետ է և ապահովում է տարեկան դրական տնտեսական արդյունք:

### Հրատարակված աշխատանքներ

1. **Մարուխյան Ռ.Չ., Էլբակյան Ս.Յ.** Ծծմբի միացություններից ծխազագերի մաքրման գործընթացի ազդեցությունը էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի վրա // ՀՊԾՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2010.- Հատոր 2, № 2. - Էջ 376-380:
2. **Մարուխյան Ռ.Չ., Էլբակյան Ս.Յ.** Ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների համադրական վերլուծություն // ՀՊԾՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2011.- Հատոր 3. - Էջ 392-397:

3. **Էլբակյան Ս.Յ.** Օդի ավելցուկի գործակցի նվազեցման ժամանակ ՋԷԿ-երի գազային արտանետումների վտանգավորության աստիճանի գնահատման պլզոնիթի մշակումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր, Տեխն. գիտ. սերիա. - Երևան 2013. - Հատ. 66. - N2. Էջ 133-138.
4. **Մարուխյան Ռ.Զ., Էլբակյան Ս.Յ., Ակարմազյան Յ.Ս.** Բենզապիրենի առաջացման պայմանների ուսումնասիրում և հաշվարկային պլզոնիթի մշակում // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) գիտ. և մեթոդ. հոդվ. ժողովածու. - Երևան, 2013. – Մաս 2. - Էջ 540-546:
5. **Մարուխյան Ռ.Զ., Էլբակյան Ս.Յ.** 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:
6. **Էլբակյան Ս.Յ.** Արիչների հարմարադասման ազդեցությունը ազոտի թերմիկ օքսիդների ելքի վրա // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր, Տեխն. գիտ. սերիա. – Երևան, 2017. - Հատ. 70, N3. - Էջ 340-349:

## ЭЛБАКЯН СИЛЬВИАНА ГЕНРИХОВНА

### ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭС И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

#### РЕЗЮМЕ

Основываясь на приоритетности защиты воздушного бассейна и определенных стандартах газообразных выбросов экологически безопасных ТЭС, основной целью диссертации является выбор технологических схем очистки газовых выбросов в результате эколого-экономического обоснования и анализ изменения технико-экономических показателей станции в результате их применения.

В первой главе были исследованы прикладные и перспективные технологии очистки выбросов ТЭС, а также варианты утилизации и использования формирующихся в процессе очистки сопутствующих ингредиентов, из которых можно заключить, что ущерб, нанесенный воздушному бассейну, можно снизить или предотвратить путем одновременной реализации экологически оправданных и экономически приемлемых мероприятий.

Во второй главе проведен обобщенный анализ и осуществлен выбор методов очистки дымовых газов от оксидов серы. Реализация тщательно исследованных и широко используемых в современных теплоэлектростанциях (ТЭС) методов очистки от серного ангидрида дает возможность, с одной стороны, снизить фактический ущерб, наносимый воздушному бассейну, а с другой – за счет сокращения выбросов сэкономить финансовые средства за отчетный период в процессе взимания экологических выплат. Разработаны расчетный алгоритм и программное обеспечение, позволяющие с учетом прибыли от продажи конечного результата очистки (строительный гипс) проводить анализ воздействия выбранного метода очистки на себестоимость вырабатываемой и отпускаемой электрической энергии.

Третья глава посвящена способам очистки уходящих газов от оксидов азота химическими методами и проведения внутритопочных режимно-технологических мер с целью неперевышения предельно допустимых концентраций. Также исследовано сжигание топлива в кислородной или им обогащенной среде для исключения выбросов оксидов азота в атмосферу. Минимальные капитальные вложения необходимы для реализации внутритопочных режимно-технологических мер, в то время как предпочтительная компоновка горелок в топке также позволит минимизировать эксплуатационные расходы. С целью оценки количества оксидов азота, содержащихся в продуктах сгорания при разных компоновках горелок, в связи с изменением условий теплообмена и заполненности топки дымовыми газами, разработаны расчетный алгоритм и соответствующая блок-схема. Результаты расчетов программного обеспечения последнего были сопоставлены с эксплуатационными данными парового котла ТГМ-104 Разданской ТЭС. Оценено также влияние скорости охлаждения факела на выход термических оксидов азота. На основе представленных критериев сокращения выбросов оксидов азота и исходя из экологической безопасности ТЭС, выбраны экологические меры для обеспечения максимального сокращения и оценена зависимость их годового экономического эффекта от величины установленных плат за выбросы.

Сокращение выбросов вредных соединений в атмосферу может быть достигнуто за счет правильной организации процесса горения. С этой целью необходимо постоянно контролировать оптимальное значение коэффициента избытка воздуха, уменьшение которого приводит к увеличению вероятности возникновения продуктов недообжига в дымовых газах. Разработаны алгоритм и программа расчета для определения оптимального значения коэффициента избыточного воздуха в топке в соответствии с общим уровнем опасности вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, и количеством взимаемых экологических выплат. Для количественной оценки выбрасываемого в атмосферу бензапирена разработан и предложен наиболее подходящий вариант решения проблемы, путем замены используемых ранее графических методов математическими выражениями.

Принимая во внимание роль углекислого газа в процессе глобального потепления, в пятой главе описаны технологические решения и возможности реализации процесса связывания углекислого газа в экологически безопасных ТЭС. Оценено воздействие сокращения  $\text{CO}_2$  и продажи квот на показатели экономической эффективности на электростанциях, оснащенных эффективными системами очистки дымовых газов и газификации угля до сжигания. Изучены также варианты сокращения выбросов водяных паров в атмосферу.

Таким образом, разработанные алгоритмы и соответствующий программный пакет, а также замена расчетных графиков многочисленными математическими выражениями позволяют в соответствии с требованиями экологических стандартов и показателей энергоэффективности и экономических показателей осуществлять выбор подходящего варианта процесса очистки дымовых газов.

SILVIANA ELBAKYAN HENRIK

THE USE OF MODERN TECHNOLOGIES FOR CLEANING EXHAUST GASES OF TPP AND  
RESEARCH OF THEIR INFLUENCE ON TECHNICAL-ECONOMIC INDICATORS OF  
POWER STATION

SUMMARY

Based on the priority of protecting the air basin and certain standards of gaseous emissions of environmentally friendly thermal power plants, the main goal of the thesis is to select technological schemes for cleaning gas emissions as a result of the environmental and economic justification and to analyze the change in the plant's technical and economic indicators as a result of their application.

In the first chapter, applied and prospective technologies for cleaning TPP emissions were explored, as well as options for utilization and use of the associated ingredients formed during the cleaning process, from which it can be concluded that the damage done to the air basin can be reduced or prevented by simultaneous implementation of environmentally justified and economically viable activities.

In the second chapter, a general analysis was carried out and a selection of methods for cleaning flue gases from sulfur oxides was carried out. The implementation of methods of purification from sulfuric anhydride thoroughly investigated and widely used in modern thermal power plants (TPP) makes it possible, on the one hand, to reduce the actual damage to the air basin, and on the other hand, by reducing emissions, to save financial resources during the reporting period in the process of collecting environmental payments. A calculation algorithm and software that allow taking into account the profit from the sale of the final cleaning result (construction gypsum) to analyze the effect of the chosen cleaning method on the cost of produced and released electric energy.

The third chapter is devoted to the methods of purification of waste gases from nitrogen oxides by chemical methods and the conduct of in-furnace processes and technological measures with the aim of not exceeding the maximum allowable concentrations. Combustion of fuel in an oxygen or enriched environment was also investigated to exclude emissions of nitrogen oxides into the atmosphere. The minimum capital investment is necessary for the implementation of in-furnace regime-technological measures, while the preferred arrangement of burners in the furnace will also minimize operating costs. In order to estimate the amount of nitrogen oxides contained in the combustion products for different burner configurations, in connection with the change in the conditions of heat and mass transfer and the filling of the furnace with flue gases, a computational algorithm and the corresponding block diagram have been developed. The results of calculations of the software of the latter were compared with the operating data of the steam boiler TGM-104 of the Hrazdan TPP. The effect of the cooling rate of the flame on the yield of thermal nitrogen oxides is also estimated. Based on the submitted criteria for reducing nitrogen oxide emissions and based on the environmental safety of TPPs,

environmental measures have been chosen to ensure maximum reduction and the dependence of their annual economic effect on the amount of established emission charges has been estimated.

Reduction of emissions of harmful compounds into the atmosphere can be achieved due to the correct organization of the combustion process. To this end, it is necessary to constantly monitor the optimum value of the excess air factor, the decrease of which leads to an increase in the probability of the occurrence of under firing products in flue gases. An algorithm and a calculation program have been developed to determine the optimum value of the excess air factor in the furnace in accordance with the overall level of hazard of harmful substances released into the atmosphere and the amount of environmental charges collected. For the quantitative evaluation of the benzopyrene released into the atmosphere, the most appropriate variant of the problem solution was developed and proposed, by replacing the previously used graphical methods with mathematical expressions.

Taking into account the role of carbon dioxide in the process of global warming, the fifth chapter describes the technological solutions and possibilities for realizing the process of carbon dioxide binding in ecologically safe TPPs. The impact of CO<sub>2</sub> reduction and sales of quotas on economic efficiency indicators at power plants equipped with efficient flue gas cleaning systems and coal gasification prior to incineration is estimated. Variants of reduction of water vapor emissions into the atmosphere were also studied.

Thus, the developed algorithms and the corresponding software package, as well as the replacement of the calculated graphs with numerous mathematical expressions, allow choosing the appropriate variant of the flue gas cleaning process in accordance with the requirements of environmental standards and indicators of energy efficiency and economic indicators.