

Ո.Ջ. ՄԱՐՈՒԹՅԱՆ, Ս.Հ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՑԱՆՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ
ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՎՐԱ ԱԾԽԱԾՆԻ ԵՐԿՕՔՍԻԴԻ ԿԱՊԱԿՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Հաշվի առնելով գլոբալ տաքացման գործընթացում ածխածնի երկօքսիդի՝ որպես ջերմոցային գազի ներգործությունը՝ վերլուծվել են էկոլոգիապես անվտանգ ջերմային էլեկտրակայաններում դրա կապակցման տեխնոլոգիական լուծումները և իրականացման հնարավորությունները: Գնահատվել է ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված և նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ էլեկտրակայաններում CO₂-ի կրճատման և քվոտների վաճառքի ազդեցությունը կայանի տնտեսական արդյունավետության ցուցանիշների վրա:

Առանցքային բառեր. էկոլոգիապես անվտանգ ջերմային էլեկտրակայան, ծխագազերի մաքրման համակարգեր, ածխի գազիֆիկացում, ջերմոցային գազ, ածխածնի երկօքսիդ, քվոտների վաճառք:

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

Վերոնշյալը առավելապես վերաբերում է Գերմանիային, Չինաստանին և Հնդկաստանին, որտեղ ածխի արդյունահանման զարգացման համար առկա են անհրաժեշտ նախադրյալներ և տնտեսական աճի բարձր տեմպեր ապահովելու հնարավորություն: Էներգետիկական նպատակներով ածխի լայնածավալ կիրառման հիմնական կաշկանդիչները կլիմայի համընդհանուր տաքացման դեմ ուղղված միջոցառումների շրջանակներում ընթացող գործառնություններն են: Ածխի՝ որպես վառելիքի առանձնահատկությունն այն է, որ ածխափոշային ՋԵԿ-ում արտադրված էլեկտրական էներգիայի յուրաքանչյուր միավորին, ի համեմատություն գազային վառելիքով աշխատող էլեկտրական կայանների, բաժին են ընկնում ջերմոցային գազերի զգալիորեն ավելի մեծ արտանետումներ: Էկոլոգիական չափորոշիչների անընդհատ խստացումը, ինչպես նաև արտանետումների և շրջակա միջավայրին հասցված վնասի փոխհատուցման 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: Ոլորտում ստեղծված իրավիճակն ավելի լավ պատկերացնելու համար հարկ է դիմել էլեկտրաէներգիայի արտադրման տարբեր տեխնոլոգիաների համեմատական օրինակին, որից և պարզորոշ կլինի, որ ածխի օգտագործման նորագույն տեխնոլոգիաները հնարավորություն կընձեռեն, ի տարբերություն ավանդական ածխափոշային ՋԷԿ-երի, շահագործել տնտեսական և բնապահպանական առավել բարձր ցուցանիշներով էլեկտրակայաններ [1]:

Կարծր վառելիքով աշխատող շոգետուրբինային էներգաբլոկներում էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներն ապահովվում են 2 ձևով.

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

Մասնավորապես, Ալտբախ-Դեյցիգաու գերմանական ՋԷԿ-ի №5 էներգաբլոկը կարծր վառելիքով աշխատող էկոլոգիապես անվտանգ էներգահամալիր է, որտեղ բարձր արդյունավետությամբ իրականացվում է ծխագազերի մաքրում բոլոր վնասակար միացություններից՝ մոխրի մասնիկներից, ծծմբի և ազոտի օքսիդներից: Մթնոլորտ արտանետվող ջրային գոլորշիների նվազեցման նպատակով շահագործվում է համակցված կիսաչոր ստիպողական քարշով աշտարակահովացուցիչ: Գլոբալ տաքացման գործընթացում քանակական տեսանկյունից ամենամեծ ներդրում ունեցող ածխաթթու գազի արտանետումների կրճատման տեխնոլոգիական սարքավորումներով կայանը կահավորված չէ, սակայն էլեկտրական և ջերմային էներգիաների համատեղ արտադրության իրականացումը որոշ չափով մեղմում է այդ իրողությունը:

Առաջնորդվելով էկոլոգիական չափորոշիչների պահպանման նկատառումներով՝ շվեյցարական Vattenfall ընկերությունը կառուցեց 30 ՄՎտ հզորությամբ «մաքուր» ածխափոշային Schwarze Pumpe էլեկտրակայանը, որտեղ թթվածնային միջավայրում այրման կազմակերպումը բացառում էր ազոտի օքսիդների արտանետումները, իսկ մոխրի մասնիկներից և ծծմբի օքսիդներից ծխագազերի մաքրումից հետո իրականացվում էր ածխաթթու գազի հեղուկացում և պահում:

Vattenfall ընկերությունը հետագոտում է նաև 2 այլ տեխնոլոգիաներ՝

- ✓ ավանդական այրման գործընթացից հետո ծխագազերից ածխաթթու գազի որսում՝ հեղուկ աբսորբենտի միջոցով (postcombustion մեթոդ),
- ✓ նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացում և ածխածնի կապակցում (precombustion մեթոդ):

Ածխային վառելիքի օգտագործման առավել ուշագրավ լուծումներից մեկը ամերիկյան Foster Wheeler ընկերության մշակած գերկրիտիկական ճնշմամբ

եռացող շրջանառվող շերտով կաթսան է, որը թույլ է տալիս նվազագույն շահագործման ծախսերով էապես բարելավել կայանի էկոլոգիական անվտանգությունը: Շնորհիվ իրականացվող տեխնոլոգիական լուծման՝ այրման ակտիվ գոտում պահպանվում է ջերմաստիճանային ցածր մակարդակ, ինչի հետևանքով անհրաժեշտություն չի առաջանում իրականացնել ագոտի օքսիդների ելքի կրճատում, իսկ ծծմբային անհիդրիդի նվազեցումը կատարվում է կրային չոր աղիտիվ մեթոդով: Դիտարկվող դեպքում շրջանառվող եռացող շերտով շոգեկաթսաներից արտանետվող ածխածնի երկօքսիդի նվազեցման համար հարկավոր է լրացուցիչ կապիտալ ներդրումներով և շահագործման ծախսերով իրականացնել վերջինիս կապակցումը [2]:

Ածխափոշային էլեկտրակայանների մրցունակության և արդյունավետության բարձրացման հնարավորություններից մեկը ածխի գազիֆիկացման շնորհիվ դրա ապրանքային պոտենցիալի համալիր օգտագործումն է [3]: Մյուս կողմից՝ էներգաբլոկի տնտեսական և էկոլոգիական անվտանգության ցուցանիշների լավացման հիմնական սկզբունքներից մեկը վերջինիս օգտակար գործողության գործակցի մեծացումն է կամ էլ վառելիքի տեսակարար ծախսի նվազեցումը, ինչով էլ կկանխարգելվի մթնոլորտային օդի աղտոտումը: Շարադրվածի իրականացման ամենանպատակահարմար տարբերակը ածխի ներցիկային գազիֆիկացմամբ շոգեգազատուրբինային տեղակայանքների (IGCC) շահագործումն է, որի արդյունքները վկայում են, որ ածուխը կարող է դառնալ ոչ միայն էկոլոգիապես մաքուր վառելիք, այլ նաև արժեքավոր հումք՝ տարբեր անհրաժեշտ ապրանքների ստացման համար [4]:

Բնապահպանական խնդիրների լուծման համար ավելի քան 20 տարի է՝ հետազոտվում են շուկայական մեխանիզմների կիրառման հնարավորությունները, որոնք շատ հաճախ ավելի արդյունավետ են, քան ավանդական մոտեցումները (արտանետումների նորմավորում, աղտոտվածության համար վճարումներ և այլն): Առավել հեռանկարային շուկայական մեխանիզմներ են գումարային արտանետումների սահմանափակումը և քվոտների առևտուրը: Մկսած 2005 թ.-ից Եվրամիությունում գրանցված ձեռնարկությունների համար սահմանված են ջերմոցային գազերի արտանետումների քվոտներ, և գործում է դրանց առևտրի ներքին շուկա: Ձեռնարկությունները պարտավոր են անցկացնել ջերմոցային գազերի արտանետման ամենամյա հաշվառում և ներկայացնել հաշվետվություն: Եթե արտանետումները գերազանցում են քվոտը, ապա ձեռնարկությունը պարտավոր է տուգանք վճարել կամ ներկայացնել սահմանված նմուշի փաստաթուղթ այն մասին, որ որպես ներդրող և իրացնող մասնակցել է Գլոտոյի արձանագրության՝ ջերմոցային գազերի արտանետման կրճատման նախագծին, Եվրամիության սահմաններից դուրս այլ մասնակից երկրում: Ձեռնարկությունները կարող են

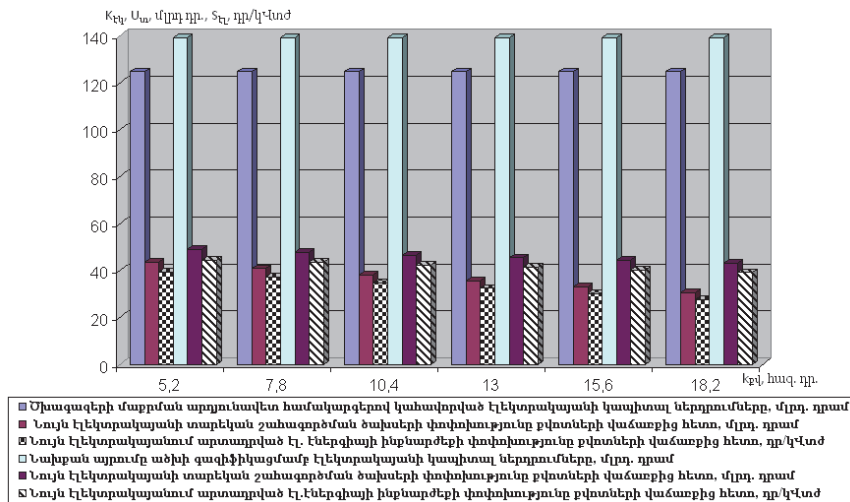
ազատ կերպով վաճառել և գնել քվոտներ, ինչպես նաև կուտակել դրանք՝ հետագայում օգտագործելու համար:

Կատարված աշխատանքի նպատակն է գնահատել ածխածնի երկօքսիդի կապակցման տեխնոլոգիաների հնարավոր ներդրման ազդեցությունը էլեկտրակայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա՝ գերակա համարելով էկոլոգիական չափորոշիչը: Դեպի մթնոլորտ արտանետվող ածխածնի երկօքսիդի քանակությունը կարելի է կրճատել նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ (և ստացվող սինթեզ գազի օգտագործմամբ), թթվածնային միջավայրում այրման գործընթացի կազմակերպմամբ և տարատեսակ մեմբրաններով ծխագազերից որսալով ածխածնի երկօքսիդը: Նշված տարբերակներից որևէ մեկի ընտրությունը կատարվել է՝ հաշվի առնելով նաև դրանց ներդրման համար պահանջվող կապիտալ և շահագործման ծախսերը: Թթվածնային միջավայրում այրում կազմակերպելու համար անհրաժեշտ է ՋԷԿ-ին կից ունենալ այրման գործընթացի կազմակերպման համար պահանջվող քանակությամբ թթվածնի ստացման բավականին թանկ հանգույց և թթվածնով աշխատող կաթսայական ագրեգատ: Նկարագրված մեթոդի համար որպես առավելություն կարելի է նշել CO₂-ի կապակցման նվազագույնը 80% արդյունավետությունը: Ածխածնի երկօքսիդի կապակցման համար նախատեսված ամենաարդյունավետ մեմբրաններ արտադրող եվրոպական NanoGLOWA ընկերության տվյալների համաձայն՝ 1 տ CO₂-ի կապակցման համար պահանջվող ծախսերը գտնվում են 15...20 *եվրո/տ* տիրույթում, մինչդեռ CO₂-ի արտանետումների շուկայում քվոտի արժեքը միջինացված կազմում է մոտ 20 *եվրո/տ*: Մեմբրանների միջոցով ածխածնի երկօքսիդի անջատում տեղի է ունենում կամ ծխագազերի բարձր ճնշման հաշվին, կամ էլ մեմբրանից հետո առկա նոսրացման հաշվին: Գոյություն ունի հստակ կապ կոմպրեսորի շարժաբերի համար ծախսված հզորության, մեմբրանի մակերեսի, վերջնարդյունքի որակի և գործընթացի արագության միջև: Ընդ որում, վերջնարդյունքի որակի բարձրացումը կամ հանգեցնում է գործընթացի արագության նվազման, կամ էլ ծախսվող էներգիայի քանակության մեծացման՝ դրանից բխող հետևանքներով: Բացի նշված հանգամանքներից, քանի որ ծխագազերից CO₂-ի զատումը համարվում է վերջնամաքման փուլ, ապա ածխափոշային ՋԷԿ-երում մեմբրանային մոդուլը տեղակայվում է մոխրի մասնիկներից, ծծմբի և ազոտի օքսիդներից ծխագազերի մաքրման տեղակայանքներից հետո:

Առաջնորդվելով օդային ավազանի վրա ունեցած ազդեցության տեսանկյունից էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երին ներկայացվող չափորոշիչներով՝ ավանդական ածխափոշային էլեկտրակայանը պետք է կահավորել մոխրի մասնիկների որսման էլեկտրագոյիչ, ծծմբային անհիդրիդից ծխագազերի մաքրման թաց կրային [5], ազոտի օքսիդների վերականգնման սելեկտիվ կատալիտիկ տեղա-

կայանքներով [6], ինչպես նաև ածխածնի երկօքսիդի որսման համապատասխան նանոմեմբրաններով: Կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ՋԷԿ-ի կահավորումը նշված տեղակայանքներով արդեն իսկ հանգեցնելու է (ի համեմատություն ավանդական ածխափոշային ՋԷԿ-ի) պահանջվող կապիտալ ներդրումների մոտ 30%-ով ավելացման, իհարկե, 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: Հաշվարկներն իրականացվել են 26187.5 *կՋ/կգ* այրման ստորին ջերմությամբ գորշ ածխի գազիֆիկացումից ստացված սինթեզ գազով (կազմը՝ մոտ 40% H₂, 15% CO, 30...35% CO₂, 8% CH₄ և այլն, այրման ստորին ջերմությունը՝ 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: Այս տարբերակի համար որպես առավելություններ կարող ենք նշել արտանետվող CO₂-ի մինչև 90% կրճատման հնարավորությունը, մաքրման գործընթացի կազմակերպման համար ջրի և գոյացող պինդ թափոնների փոքր քանակությունը, ինչպես նաև ներդրման դյուրինությունը: Դիտարկվող տարբերակների համեմատական գնահատականը տալու համար հաշվի է առնվել նաև այն հանգամանքը, որ կրճատված CO₂-ի փաստացի քանակության դիմաց ստացված հավաստագրով կարելի է դառնալ արտանետումների քվոտների շուկայի մասնակից (որում քվոտի արժեքը տատանվում է 10...35 *եվրո/տ* տիրույթում), դրանով իսկ մեղմելով շահագործման ծախսերի վրա ունեցած ազդեցությունը և նվազեցնելով կապիտալ ներդրումների հետգնման ժամկետը:

Ստորև պատկերված դիագրամում (նկ.) 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 1 *տ* CO₂-ի վաճառքի գնից:



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

Ստացված արդյունքների վերլուծությունից եզրահանգում ենք, որ քվտների վաճառքից գոյացած լրացուցիչ գումարը ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված էլեկտրակայանի շահագործման ծախսերի և արտադրված էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի վրա ավելի մեծ ազդեցություն է ունենում, քան նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ էլեկտրակայանի պարագայում: Նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ էլեկտրակայանից դեպի շրջակա միջավայր CO₂-ի արտանետումները մոտ 45%-ով ավելի քիչ են, հետևաբար՝ անգամ շուկայում գործող քվտի վաճառքի առավելագույն գնով դրանց իրացման դեպքում վաճառքից ստացված գումարը տարեկան շահագործման ծախսերի և էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի մեծությունները նվազեցնում է ընդամենը 12%-ով, մինչդեռ ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված էլեկտրակայանի նույնանուն մեծությունները նվազում են գրեթե 30%-ով: Գնահատելով համեմատվող էլեկտրակայանների կապիտալ ներդրումների, շահագործման ծախսերի և արտադրված էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի մեծությունները, ինչպես նաև CO₂-ի քվտների վաճառքի հանգամանքը՝ հստակորեն կարելի է փաստել, որ նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացման տարբերակը, իր էկոլոգիական բոլոր առավելություններով հանդերձ, տնտեսապես ավելի նպատակահարմար է կիրառել առավել մեծ օ.գ.գ. ունեցող շոգեգազատուրբինային տեղակայանքներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Инф. сб. / Под ред. **В.Я. Путилова**. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 388 с.
2. **Рябов Г.А., Фоломеев О.М., Литун Д.С.** Перспективы использования технологии ЦКС при техническом перевооружении ТЭС России // Теплоэнергетика. - 2009. - № 1. - С. 28-36.
3. **Рябов Г.А., Фоломеев О.М., Санкин Д.А.** Сепарация CO₂ с использованием химических циклов сжигания и газификации топлив // Теплоэнергетика. - 2009. - № 6. - С. 39-49.
4. **Батенин В.М., Масленников В.М., Выскубенко Ю.А, Штеренберг В.Я.** Сравнительный технико-экономический анализ вариантов использования угля в ПГУ с минимальными выбросами диоксида углерода в атмосферу // Теплоэнергетика. - 2007. - № 1. - С. 24-30.
5. **Մարուխյան Ռ.Ջ., Էլբակյան Ս.Հ.** Ծծմբի միացություններից ծխազագերի մաքրման գործընթացի ազդեցությունը էլեկտրական էներգիայի ինքնարժեքի վրա // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2010. - Հատոր 2, № 2. - էջ 376-380:
6. **Մարուխյան Ռ.Ջ., Էլբակյան Ս.Հ.** Ազոտի օքսիդների նվազեցման միջոցառումների համադրական վերլուծություն // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2011. - Հատոր 2. - էջ 392-397:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.03.2017:

В.З. МАРУХЯН, С.Г. ЭЛБАКЯН

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА СВЯЗЫВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Учитывая вклад диоксида углерода, как парникового газа, в процесс глобального потепления, анализируются технологические решения его связывания и возможности реализации в экологически безопасных теплоэлектростанциях. В электрических станциях, оснащенных эффективными системами очистки дымовых газов и газификации угля до сжигания, оценено влияние сокращения CO₂ и торговли квотами на экономическую эффективность.

Ключевые слова: экологически безопасная теплоэлектростанция, системы очистки дымовых газов, газификация угля, парниковый газ, диоксид углерода, торговля квотами.

V.Z. MARUKHYAN, S.H. ELBAKYAN

**EVALUATING THE IMPACT OF THE CARBON DIOXIDE CAPTURING
PROCESS ON THE INDICES OF ECONOMIC EFFICIENCY IN
THERMAL POWER PLANTS**

Taking into account the input of carbon dioxide as a greenhouse gas in the global warming process, the technological solutions of its capturing, and the implementation possibilities in environmentally safe thermal power plants are considered. In power plants equipped with effective systems for cleaning the fuel gas and the coal gasification, the influence of the CO₂ reduction and realization of quotes on the indices of economic efficiency is estimated.

Keywords: environmentally safe thermal power plant, fuel-gas cleaning systems, coal gasification, greenhouse gas, carbon dioxide, emission quote trading.