

Ո.Ձ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ս.Հ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

**ԷԿՈԼՈԳԻԱՊԵՍ ԱՆՎՏԱՆԳ ՋԷԿ-ԵՐՈՒՄ ԱԾԽԱԾՆԻ ԵՐԿՕՔՍԻՂԻ
ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐԻ ՆՎԱԶԵՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ**

Իրականացվել է Էկոլոգիապես անվտանգ ՋԷԿ-երում ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման միջոցառումների ուսմնասիրություն: Հաշվարկվել են տարբեր բաղադրամասային կազմով սինթեզ գազերի այրման դեպքում առաջացող ածխածնի երկօքսիդի գումարային և մեմբրանային մեթոդով որսման դեպքում մթնոլորտ արտանետվող քանակությունները: Հաշվի առնելով CO₂-ի որսման համար պահանջվող ծախսերը և քվոտների իրացումից ստացված լրացուցիչ եկամուտը՝ գնահատվել է տարեկան տնտեսական արդյունավետությունը:

Առանցքային բառեր. ջերմոցային գազ, ածխածնի երկօքսիդ, քվոտների վաճառք, ածխի գազիֆիկացում, մեմբրանային մեթոդ:

Համաձայն Միջազգային Էներգետիկ գործակալության (IEA-International Energy Agency) գնահատումների՝ 2020թ.-ի դրությամբ համաշխարհային էլեկտրական և ջերմային էներգիաների մոտավորապես 60%-ը արտադրվելու էր օրգանական վառելիքով աշխատող էլեկտրակայաններում, ուստի վնասակար միացությունների արտանետումների նվազեցման Էկոլոգիական խիստ չափորոշիչներից և կլիմայի վրա բացասական ազդեցության կանխարգելման նկատառումներից ելնելով՝ էլեկտրակայանները պետք է կահավորվեն նաև համեմատաբար անվտանգ միացությունների նվազեցման տեխնոլոգիական տեղակայանքներով: Մասնավորապես, ԵՄ-ում 2050թ.-ին CO₂-ի համընդհանուր արտանետումների 50% նվազեցման համար նախատեսվում էր նախ 2020թ. ամփոփել՝ դրանք նվազեցնելով 30%-ով: Այդ նպատակային խնդրի լուծման համար, սկսած 2015թ.-ից, բոլոր նախագծվող ածխափոշային էլեկտրակայանները պետք է կահավորվեն ածխածնի երկօքսիդի կապակցման տեխնոլոգիաներով, իսկ 2020թ.-ից՝ շարադրվածը կվերաբերեր նաև արդեն շահագործվող էլեկտրակայաններին: Հաշվի առնելով էներգիայի արտադրության ոլորտին բաժին ընկնող CO₂-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 էներգաապառման աճի նվազեցում,

3. ցածրաձխածնային տեխնոլոգիաների շահագործում՝ մթնոլորտում CO₂-ի առավելագույն 450 ppm կոնցենտրացիայի և երկրագնդի ջերմաստիճանի 2°C-ը չզերազանցող աճի պահպանման համար [1]:

ՋԷԿ-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: Ածխաջրածնային ցանկացած վառելիքի այրման պարագայում կլիմայական համակարգին հասցվող վնասը նվազեցնելու համար իրականացվում է ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների կրճատում հետևյալ տեխնոլոգիական գործընթացներով.

✓ այրում թթվածնային միջավայրում (Oxyfull տեխնոլոգիա) [2],

✓ ածխածնի երկօքսիդից ծխագազերի մաքրում,

✓ նախքան այրումը վառելիքի գազիֆիկացում՝ սինթեզ գազի ստացմամբ [3]:

Թթվածնային միջավայրում սինթեզ կամ բնական գազի այրման գործընթացի կազմակերպման պարագայում ծխագազերը կազմված են լինում միայն երկու բաղադրիչից՝ ածխածնի երկօքսիդից և ջրային գոլորշիներից: Oxyfull տեխնոլոգիայով CO₂-ի զատումը կատարվում է ջրային գոլորշիների կոնդենսացման շնորհիվ, ընդ որում, ապահովվում է նվազագույնը՝ 80% արդյունավետություն:

Ածխածնի երկօքսիդից ծխագազերի մաքրման գոյություն ունեցող տարբերակները երեքն են՝

✓ ֆիզիկական, քիմիական աբսորբցիա, ադսորբցիա և դեսորբցիա,

✓ կրիոգեն զատում (սեպարացիա),

✓ տարատեսակ մեմբրանների, այդ թվում՝ նաև նանոմեմբրանների օգտագործում:

Այն երկրերում, որտեղ ածխի արդյունահանման զարգացման համար առկա են անհրաժեշտ նախադրյալներ և տնտեսական աճի բարձր տեմպեր ապահովելու հնարավորություն, էլեկտրական էներգիայի անընդհատ աճող պահանջարկը բավարարում են ածխափոշային վառելիքի գազիֆիկացման արդյունքում ստացված սինթեզ գազով աշխատող և էկոլոգիական բարձր չափորոշիչներ ունեցող էլեկտրակայանների շահագործմամբ [4]:

Գերակա համարելով էկոլոգիական չափորոշիչը՝ գնահատվել է ածխածնի երկօքսիդի կապակցման տեխնոլոգիաների հնարավոր ներդրման ազդեցությունը էլեկտրակայանի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա: Հաշվարկներն իրականացնելիս համեմատվել են ծխագազերի մաքրման արդյունավետ համակարգերով կահավորված և նախքան այրումը ածխի գազիֆիկացմամբ էներգաբլոկների տնտեսական ցուցանիշները՝ միևնույն հզորության պարագայում: Ստացված արդյունքները վկայում են, որ քվոտների 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 CO_2 -ի արտանետումները մոտավորապես 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 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 CO_2 -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 օ.գ.գ. ունեցող շոգեգազատուրբինային տեղակայանքներում [5]: Այդ նպատակով իրականացվել են սինթեզ գազի ստացման տեխնոլոգիական գործընթացների վերլուծություն և ածխի ներցիկլային գազիֆիկացմամբ շոգեգազատուրբինային տեղակայանքի կառուցվածքային սխեմայի հաշվարկման և էներգաարդյունավետության գնահատման ալգորիթմների մշակում [6]: Ընդհանրացնելով կատարված վերլուծությունները և հաշվարկները՝ կարող ենք փաստել, որ կախված գազիֆիկացման պրոցեսի պայմաններից (ճնշում, ջերմաստիճան, ածխափոշու չափսեր և այլն), գազիֆիկացնող միջավայրից, վառելիք-օքսիդիչ հարաբերակցությունից (γ), ջրածխային լուծույթի խոնավապարունակությունից (w)՝ առաջացող սինթեզ գազի բաղադրամասային կազմը կարող է լինել տարբեր (աղ. 1), որն էլ իր հերթին կհանգեցի դեպի մթնոլորտ արտանետվող միացությունների քանակական փոփոխության: Աղ. 1-ում բերված տվյալների վերլուծությունից հստակ երևում է, որ անկախ գազիֆիկացման տարբերակից, առաջացող սինթեզ գազը հիմնականում կազմված է ածխածնի մոնօքսիդից (CO), ջրածնից (H_2),

մեթանից (CH_4), ջրային գոլորշիներից (H_2O), ածխաթթու գազից (CO_2) և կարող է պարունակել մոլեկուլյար ազոտ (N_2) և ծծմբաջրածին (H_2S): Քանի որ սինթեզ գազում գոյություն ունեցող CO_2 -ը համարվում է չայրվող միացություն, ուստի դրա քանակությունը այրման արգասիքներում կմնա միևնույնը, և վերոհիշյալ միացություններից միայն ածխածնի մոնօքսիդի և մեթանի այրումը կուղեկցվի լրացուցիչ CO_2 -ի առաջացմամբ: Դիտարկվող յուրաքանչյուր տարբերակի համար հաշվարկվել են ածխածնի երկօքսիդի գումարային և մեմբրանային մեթոդով որսման դեպքում դեպի մթնոլորտ արտանետվող քանակությունները. արդյունքները զետեղված են աղ. 2-ում:

Աղյուսակ 1

Սինթեզ գազի բաղադրամասային կազմը՝ գազիֆիկացման տարբեր պայմանների դեպքում

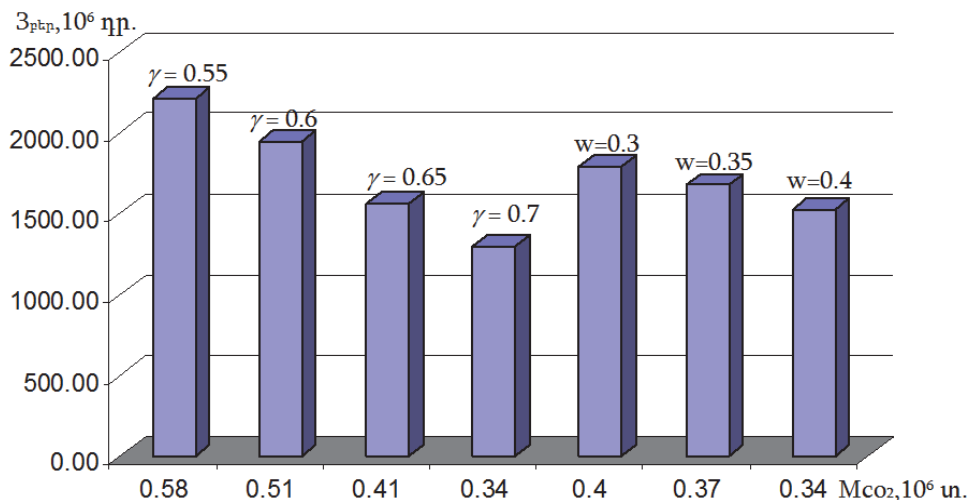
Մատուցման եղանակը	$\text{CO},\%$	$\text{H}_2,\%$	$\text{CH}_4,\%$	$\text{H}_2\text{O},\%$	$\text{N}_2,\%$	$\text{CO}_2,\%$	$\text{H}_2\text{S},\%$
Չոր ածխափոշի							
$\gamma=0.55$	66.31	27.58	4.5	<0.01	1.4	<0.01	0.2
$\gamma=0.6$	64.41	33.49	0.06	0.36	1.32	0.17	0.18
$\gamma=0.65$	48.4	30.3	<0.01	14.36	1.14	5.64	0.15
$\gamma=0.7$	37.94	27.07	<0.01	25.16	1.01	8.68	0.13
Ջրածխային լուծույթ							
$w=0.3$	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

Աղյուսակ 2

Տարբեր բաղադրամասային կազմով սինթեզ գազերի այրման արդյունքում առաջացող ածխածնի երկօքսիդի գումարային և մեմբրանային մեթոդով դրանց որսման դեպքում դեպի մթնոլորտ արտանետվող քանակությունները

Մատուցման եղանակը	$\text{CO}_2,$ 10^6 կգ	$\text{CO}_2(\text{CO}),$ 10^6 կգ	$\text{CO}_2(\text{CH}_4),$ 10^6 կգ	$\Sigma \text{CO}_2,$ 10^6 կգ	Որսված $\text{CO}_2, 10^6 \text{ տ}$	Արտանետված $\text{CO}_2, 10^6 \text{ տ}$
Չոր ածխափոշի						
$\gamma=0.55$	0.06	615.32	73.14	688.52	0.58	0.11
$\gamma=0.6$	1	597.7	0.98	599.68	0.51	0.09
$\gamma=0.65$	33.34	449.13	0.16	482.63	0.41	0.08
$\gamma=0.7$	51.3	352.06	0.16	403.52	0.34	0.06
Ջրածխային լուծույթ						
$w=0.3$	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

Հաշվի առնելով 1 տ CO₂-ի մեմբրանային մեթոդով որսման համար պահանջվող ծախսերը և CO₂-ի արտանետումների շուկայում քվոտի արժեքը՝ նկ. 1-ում պատկերվել է տարբեր բաղադրամասային կազմով սինթեզ գազերի դեպքում պահանջվող բերված ծախսերի (3) և համապատասխանաբար որսված ածխաթթու գազի քանակների (Mco₂) միջև կապը:

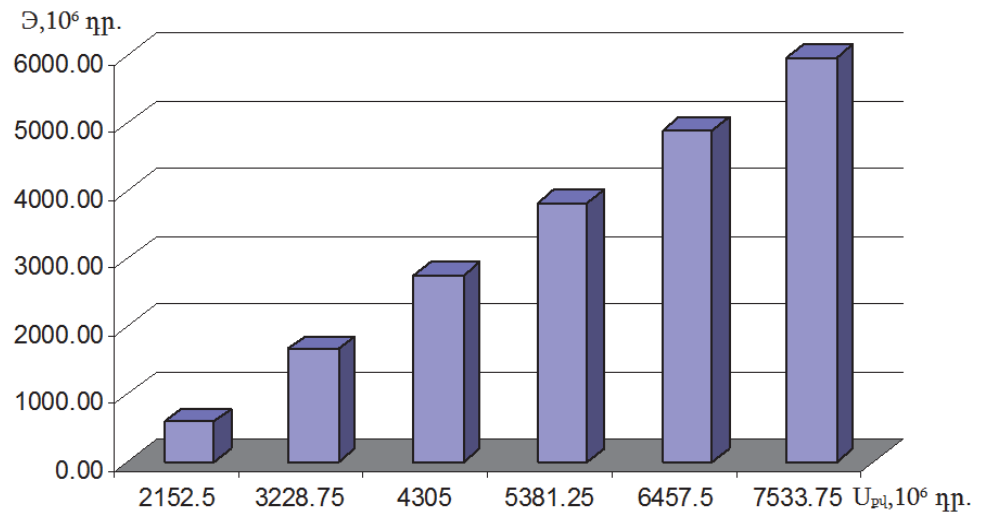


Նկ. 1. Բերված ծախսերի կախվածությունը մեմբրանային մեթոդով որսված ածխածնի երկօքսիդի քանակությունից

Բերված գրաֆիկական առնչությունից կարելի է եզրակացնել, որ չոր ածխափոշու գազիֆիկացման դեպքում վառելիք-օքսիդիչ հարաբերակցության մեծացումը հանգեցնում է CO₂-ի որսման համար պահանջվող բերված ծախսերի նվազեցման՝ պայմանավորված նշված տարբերակների դեպքում առաջացած և, հետևաբար, նաև որսված CO₂-ի քանակի կրճատմամբ: Նույն դաստոգություններով կարելի է բացատրել նաև ջրածխային լուծույթի գազիֆիկացման դեպքում խոնավապարունակության մեծացման հետևանքով բերված ծախսերի նվազեցումը:

Նկ. 2-ում պատկերված է ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման գործընթացի տարեկան տնտեսավետության կախվածությունը արտանետումների շուկայում քվոտի վաճառքի գնից: Ընդ որում, հաշվարկներն իրականացվել են դիտարկվող տարբերակներից միայն մեկի օրինակով ($\gamma=0.65$), քանզի մնացած տարբերակների դեպքում օրինաչափությունը նույնությամբ պահպանվում է:

Բերված գրաֆիկական պատկերումից (նկ. 2) կարելի է եզրակացնել, որ արտանետումների շուկայում CO₂-ի քվոտի արժեքի ավելացումը, ակնհայտորեն, հանգեցնում է տարեկան տնտեսավետության մեծացման և ապահովում է ընտրված իրականացվող միջոցառման էկոլոգիատնտեսական հիմնավորումը:



Նկ. 2. Ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների նվազեցման գործընթացի տարեկան տնտեսավետության կախվածությունը արտանետումների շուկայում քվոտի վաճառքի գնից ($\gamma=0.65$ դեպքում)

Հարկ է նշել, որ ածխածնի երկօքսիդի արտանետումների կրճատման այլ միջոցառումների իրականացման պարագայում երբեմն տնտեսական արդյունքն ունենում է բացասական նշանակություն՝ պայմանավորված այն հանգամանքով, որ պահանջվող կապիտալ և շահագործման ծախսերը գերազանցում են դրան՝ ընտրված միջոցառումը դարձնալով տնտեսական տեսանկյունից ոչ շահավետ: Բերված գրաֆիկական պատկերումից կարելի է եզրակացնել, որ արտանետումների շուկայում CO₂-ի քվոտի անգամ նվազագույն վաճառքի գնի դեպքում իրականացվող միջոցառումը արդյունավետ է և ապահովում է տարեկան դրական տնտեսական արդյունք:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Перспективы энергетических технологий. В поддержку Плана действий «Группы восьми». Сценарии и стратегии до 2050 г. ОЭСР/МЭА, WWF России. – М., 2007. – 586 с.
2. **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.
3. CO₂ emissions from fuel combustion highlights/ OECD/IEA, 2017. – 162p.
4. 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, 2007.

5. Մարուխյան Ռ.Ջ., Էլբակյան Ս.Հ. 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. Մարուխյան Ռ.Ջ., Էլբակյան Ս.Հ. Ածխի ներցիկային գազիֆիկացմամբ շոգեգազատորինային տեղակայանքի կառուցվածքային սխեմայի հաշվարկի և արդյունավետության գնահատման ալգորիթմների մշակումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա. - Երևան, 2019. - Հատ. 72, N3. - էջ 356-366:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 17.03.2023:

В.З. МАРУХЯН, С.Г. ЭЛБАКЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Проведено исследование мероприятий по снижению выбросов углекислого газа на экологически безопасных теплоэлектростанциях (ТЭС). Рассчитано общее количество диоксида углерода, образующегося при сжигании синтез-газов различного состава и количества, выбрасываемых в атмосферу при улавливании диоксида углерода мембранным методом. С учетом затрат, необходимых для улавливания CO₂, и дополнительного дохода от продажи квот оценена величина годового экономического эффекта.

Ключевые слова: парниковый газ, диоксид углерода, торговля квотами, газификация угля, мембранный метод.

V.Z. MARUKHYAN, S.H. ELBAKYAN

INVESTIGATING THE OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS AT ECOLOGICALLY SAFE TPP

A study of measures to reduce carbon dioxide emissions in ecologically safe thermal power plants has been carried out. The total amount of carbon dioxide generated during the combustion of synthesis-gases of various compositions and amounts emitted into the atmosphere when carbon dioxide is captured by the membrane method is calculated. Taking into account the costs required to capture CO₂, and the additional income from the sale of quotas, the value of the annual economic effect is estimated.

Keywords: greenhouse gas, carbon dioxide, emission quota trading, coal gasification, membrane method.