

Ո.Ձ. ՄԱՐՈՒԹՅԱՆ, Ս.Հ. ԷԼԲԱԿՅԱՆ

ԱՇԽԻՆԵՐՑԻԿԼԱՑԻՆ ԳԱԶԻՖԻԿԱՑՄԱՍԲ ՇՈԳԵԳԱԶՍՈՒՐԲԻՆԱՑԻՆ
ՏԵՂԱԿԱՑԱՆՔԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՑԻՆ ՄԽԵՄԱՑԻ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ԵՎ
ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Իրականացվել են մանրահատիկավոր, փոշենման և հատիկավոր վառելիքների գազիֆիկացման, սինթեզ գազի ստացման տեխնոլոգիական գործընթացների, ինչպես նաև ներցիկային գազիֆիկացմամբ շոգեգազատուրբինային տեղակայանքների շահագործման փորձի վերլուծություններ: Մշակվել են ածխի ներցիկային գազիֆիկացմամբ շոգեգազային տեղակայանքի կառուցվածքային սխեմայի հաշվարկման և էներգաարդյունավետության գնահատման ալգորիթմներ:

Առանցքային բառեր. ածխի ներցիկային գազիֆիկացում, գազգեներատոր, սինթեզ գազ, շոգեգազատուրբինային տեղակայանք, էքսերգիա:

Ածխափոշային էլեկտրակայանների մրցունակության և արդյունավետության բարձրացման հնարավորություններից մեկը ածխի գազիֆիկացման շնորհիվ վերջինիս ապրանքային պոտենցիալի ամբողջական օգտագործումն է, որի իրականացման ամենանպատակահարմար տարբերակը ածխի ներցիկային գազիֆիկացմամբ շոգեգազատուրբինային տեղակայանքների (ՇԳՏՏ) շահագործումն է: Իրականում այսպիսի էլեկտրակայանում սկզբունքորեն ձևավորվում է «ածխի համալիր մշակման» ինքնատիպ հայեցակարգ, որում, էլեկտրական էներգիայի արտադրմանը զուգահեռ, ածխից ստանում են շուկայում պահանջարկ ունեցող մի քանի նյութեր: Ներցիկային գազիֆիկացմամբ ՇԳՏՏ-ների շահագործման համաշխարհային փորձի վերլուծությունը վկայում է, որ ածուխը կարող է դառնալ ոչ միայն էկոլոգիապես մաքուր վառելիք, այլ նաև արժեքավոր հումք՝ տարբեր անհրաժեշտ ապրանքների ստացման համար [1]:

Գազիֆիկացումը պինդ կամ հեղուկ հանածո վառելիքների օրգանական զանգվածի՝ օդով, թթվածնով, ջրային գոլորշիներով կամ դրանց խառնուրդով ջերմային մշակման բարձրջերմասիճանային պրոցեսն է, որի արդյունքում վառելիքի օրգանական մասը վերածվում է այրվող գազի: Գազիֆիկացումից հետո միակ պինդ մնացորդը պետք է լինի վառելիքի չայրվող մասը՝ մոխիրը, սակայն, իրականում հնարավոր չէ ածխի ամբողջ օրգանական մասը վերածել գազի, ինչի հետևանքով խարամում մնում է այրվող վառելիքի որոշակի զանգված: Գազիֆիկացման պրոցեսի վրա էական ազդեցություն են ունենում ածխի այնպիսի հատ-

կությունները, ինչպիսիք են այրման եռակալելիությունը, ջերմակայունությունը, բռնկման ջերմաստիճանը և խարամապատումը:

Նախքան այրումը՝ ածխի գազիֆիկացումը ներառում է.

✓ պրոցեսներ, երբ օգտագործվում է փոշիացված ածուխ՝ մասնիկների մինչև 1 մմ չափերով,

✓ քվադրիպեդրալացված շերտով պրոցես, երբ մասնիկների չափերը հասնում են 3 մմ-ի,

✓ ստացիոնար շերտով պրոցեսներ, երբ օգտագործվում են 5...30 մմ չափերով ածխի մասնիկներ:

Գոյություն ունեն սինթեզ գազի ստացման արտադրական նշանակությամբ գազգեներատորների 3 հիմնական տարատեսակներ՝

✓ Lurgi ընկերության շերտային գազգեներատորներ (ածխի մինչև 45 մմ/ժ արտադրողականությամբ), որոնք, գազիֆիկացման անբավարար ինտենսիվության պատճառով (2000...2500 կգ/մ²-ժ), նպատակահարմար չեն՝ կիրառելու խոշոր էներգետիկական տեղակայանքներում:

✓ Ֆրից Վինկլերի գազգեներատորներ (BASF կազմակերպության եռացող շերտով՝ ածխի մինչև 35 մմ/ժ արտադրողականությամբ գազգեներատորներ), որոնք թեպետ ջերմա- և զանգվածափոխանակության տեսանկյունից կատարելագործված են, սակայն ունեն նաև թերություններ՝ պրոցեսի սահմանափակ ինտենսիվություն (մոտ 2500...3000 կգ/մ²-ժ)՝ պայմանավորված եռացող շերտի հիդրոդինամիկայով, վառելիքի զգալի տարվածք (մինչև 25...30%), խարամում ածխածնի զգալի քանակություն և ռեժիմի փոփոխության նկատմամբ եռացող շերտի բարձր զգայնություն: Նշված թերությունների պատճառով այս գազգեներատորները կիրառելի չեն էլեկտրակայաններում:

✓ Շոգեթթվածնային միջավայրում ջահային գազիֆիկացիա, որն ուղեկցվում է հեղուկ խարամահեռացմամբ (Հենրիխ Կոպերսի և Ֆրիդրիխ Տոնցեի ածխափոշային գազգեներատորներ՝ ածխի մինչև 28 մմ/ժ արտադրողականությամբ): Ներկայումս արտադրական զարգացում են ստանում թթվածնային միջավայրում 3...4 ՄՊա ճնշմամբ 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 5000 կգ/մ²-ժ [2,3]:

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

1) ածխի ներցիկլային գազիֆիկացմամբ ժամանակակից էլեկտրակայանների համար նպատակահարմար է կիրառել 60...120 մմ/ժ արտադրողականությամբ և պրոցեսի 5000...6000 կգ/մ²-ժ ինտենսիվությամբ գազգեներատորներ,

2) անհրաժեշտ արդյունավետություն, ներդրման և կիրառման հեռանկարներ ունեն հետևյալ ուղղությունները՝

✓ շոգեօդային միջավայրում ճնշման տակ եռացող շերտով և մանրահատիկավոր ածխի գազիֆիկացման գործընթացները, որոնք ուղեկցվում են ռեակցիայի գոտի տարվածքի վերադարձով և մոխրի կուտակմամբ,

✓ շոգեօդային միջավայրում ճնշման տակ հաստատուն շերտով, հատիկավոր վառելիքի բարձրջերմաստիճանային գազիֆիկացումը՝ դեպի վառելիքի շերտ տարվածքի վերադարձով և հեղուկ խարամահեռացմամբ,

3) տեխնոլոգիական տեսանկյունից ամենամեծ հետաքրքրություն առաջացնում է ճնշման տակ և հեղուկ խարամահեռացմամբ ածխափոշու ուղղահոս, ջահային գազիֆիկացումը: Ներկայումս նման պրոցես իրականացվում է թթվածնային միջավայրում ջրաածխային լուծույթի գազիֆիկացման համար, և կատարվում է նույնատիպ պրոցեսի մշակում, երբ տեխնիկական թթվածնի փոխարեն գազիֆիկացման ռեակտոր մատուցվում է մթնոլորտային օդ:

Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության տեսանկյունից ամենաանբարենպաստը անուղղակի գազիֆիկացումն 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 գազիֆիկացման իրականացում: Ներցիկլային գազիֆիկացման և էլեկտրաէներգիայի արտադրության տեխնոլոգիական համակցումը հնարավորություն է տալիս արդյունավետ օգտագործել ստացվող սինթեզ գազի ֆիզիկական, բարձր պոտենցիալային ջերմությունը (եղակետային ածխի այրման ջերմության մինչև 25 %-ը), սինթեզ գազի ստացման նպատակով նվազեցնել գազգեներատոր մատուցվող բաղադրիչների մղման համար էլեկտրաէներգիայի ծախսը և գազիֆիկացման համար օգտագործել շոգետուրբինում աշխատած գոլորշին [4]:

Սինթեզ գազով աշխատող էլեկտրակայանների էկոլոգիական առավելություններն են՝

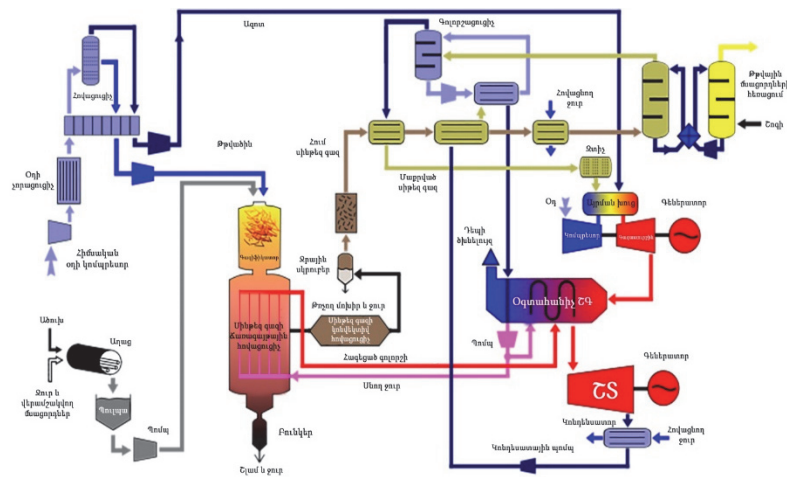
✓ սինթեզ գազը կարելի է մաքրել ծծմբի, ազոտի օքսիդներից, ծանր մետաղների մասիկներից,

✓ թափոնների քանակությունն աննշան է, քանզի ծծումբը կարելի է օգտագործել արտադրական այլ գործընթացներում (մասնավորապես, կարելի է

ստանալ հեղուկ ծծմբական թթու), իսկ գազիֆիկատորում առաջացած խաբամն օգտագործել ճանապարհաշինության մեջ,

✓ ածխի դեկարբոնացումը հնարավորություն է ընձեռում որսված CO₂-ը ճնշման տակ մատուցել նավթահորեր՝ խորքային շերտերում գտնվող նավթի արդյունահանման համար:

Ժամանակակից շուկայական հարաբերությունների և էկոլոգիական չափորոշիչների մշտապես խստացման պայմաններում կարևորագույն նշանակություն են ստանում որպես օրգանական վառելիք ածխի կիրառման և ապրանքային պոտենցիալի օգտագործման տնտեսական հայեցակարգերը: Վերջին տասնամյակում մեծ ուշադրություն է դարձվում ՇԳՏՏ-ներում ածուխների ներցիկային գազիֆիկացման մեթոդների մշակմանը և արդյունաբերական ներդրմանը: Ամերիկյան Polk ՋԷԿ-ում իրականացված նախագիծը (նկ. 1) հնարավորություն է ընձեռում բարձրացնելու ածխափոշային վառելիքի հիմքով աշխատող էլեկտրակայանի օ.գ.գ.-ն 10...12 %-ով՝ ի համեմատություն ավանդական ածխափոշային կայանի:

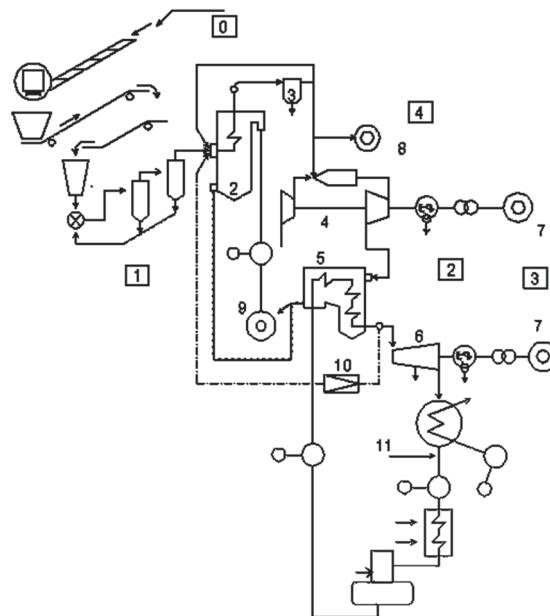


Նկ. 1. Ջրաածխային լուծույթի ներցիկային գազիֆիկացմամբ ՇԳՏՏ-ի սխեման

Ջրաածխային լուծույթի ներցիկային ՇԳՏՏ-ի բարձր օ.գ.գ-ի և վնասակար նյութերի նվազագույն արտանետումների հետ միաժամանակ Polk ՋԷԿ-ն ունենում է չորս տեսակի ուղեկցող արտադրանքների ստացման ու առևտրայնացման հնարավորություն: Polk ՋԷԿ-ն աշխատում է 2,3 % ծծմբապարունակությամբ ածխով, որից ստացված սինթեզ գազից ծծմբի միացությունների մաքրման աստիճանը հասնում է 95 %-ի, ուստի ՋԷԿ-ն օրական վաճառում է մոտ 100 տ 98 %-անոց ծծմբական թթու ֆոսֆորական պարարտանյութ արտադրող ձեռնարկությանը: NO_x-երի արտանետումները կազմում են 25 ppm, իսկ օգտահանված ամոնիումի քլորիդն իր հատկություններով բավարարում է շուկայական պահանջները: Բարձր-

ջերմաստիճանային գազամաքրման արդյունքում ապահովվում է գազերից ֆտորի և քլորի միացությունների 90 %-ով որսումը, որոնք էլ այնուհետև չոր տեսքով օգտագործվում են պարարտանյութերի արտադրության համար, իսկ գազիֆիկատորում առաջացած շլակն օգտագործվում է ճանապարհաշինության մեջ [5]:

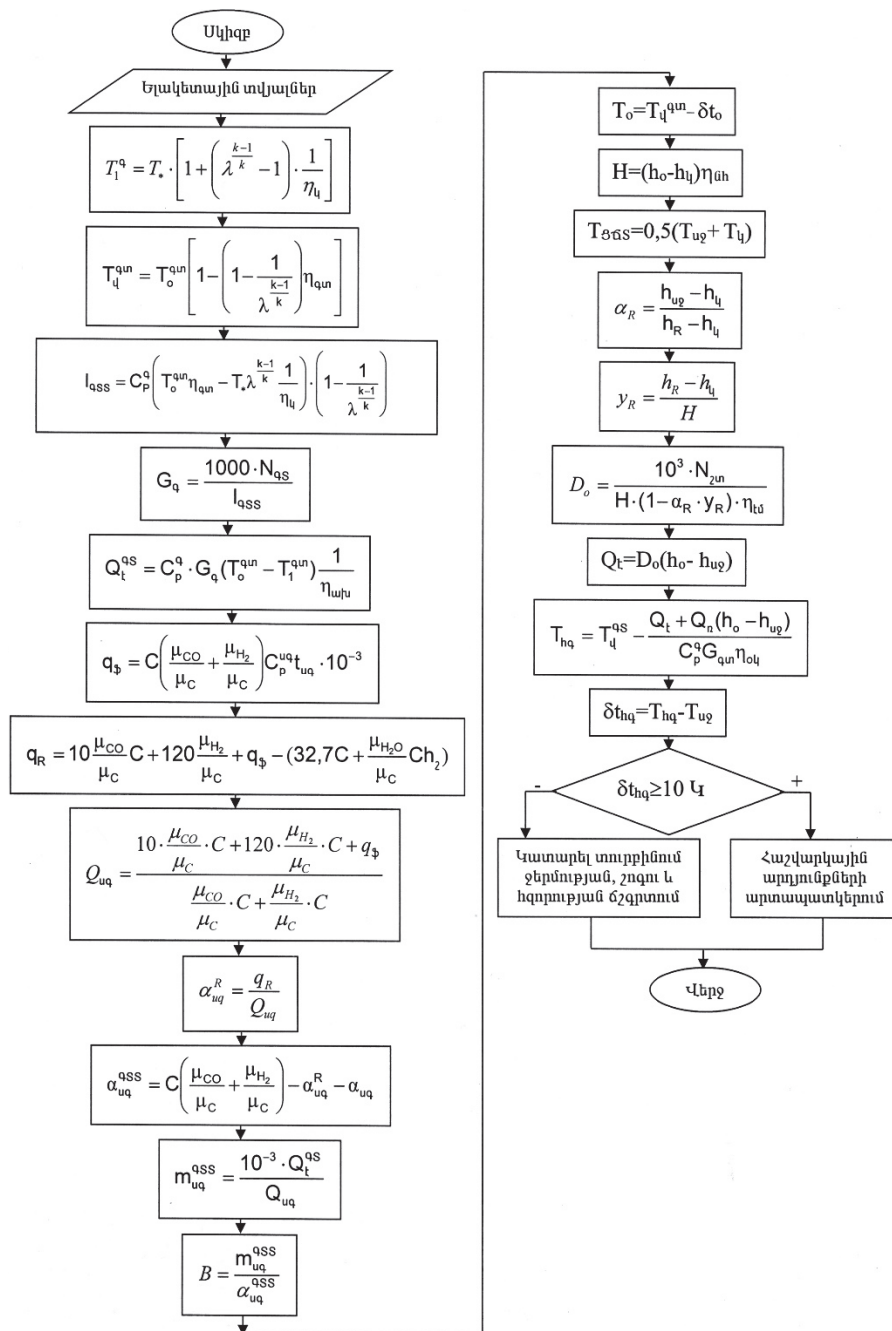
Ածխափոշու գազիֆիկացմամբ ՇԳՏՏ-ի կառուցվածքային սխեմայի (նկ. 2) առանձին հանգույցների հաշվարկման համար իրականացվել է համապատասխան ալգորիթմի և բլոկ-սխեմայի մշակում (նկ. 3)՝ ներառելով գազատուրբինային (ԳՏՏ) և շոգետուրբինային տեղակայանքների (ՇՏՏ) աստիճանների, գազիֆիկացման ռեակտորի հաշվարկները, ԳՏՏ և ՇՏՏ աստիճանների ցուցանիշների համաձայնեցումը:



Նկ. 2. Ածխափոշու գազիֆիկացմամբ ՇԳՏՏ-ի սխեման.

1. վառելիքամատուցման և վառելիքի պատրաստման համակարգ, 2. քարածխի գազիֆիկացման ռեակտոր, 3. սինթեզ գազի բարձրջերմաստիճանային մաքրման համակարգ,
4. ԳՏՏ, 5. օգտահանիչ կաթսա, 6. ՇՏՏ, 7. էլեկտրաէներգիայի սպառիչներ, 8. սինթեզ գազի սպառիչներ, 9. ծխնեկույզ, 10. շոգու մատուցումը ռեակտոր, 11. կոնդենսատի կորուստների լրասնում

Ըստ մշակված ալգորիթմի (նկ. 3)՝ կատարվել է 26187,5 կՋ/կգ այրման ստորին ջերմությամբ գորշ ածխի գազիֆիկացումից ստացված սինթեզ գազով աշխատող 200 ՄՎտ գումարային հզորությամբ ՇԳՏՏ-ի կառուցվածքային սխեմայի առանձին հանգույցների հաշվարկ, որի արդյունքները ներկայացված են աղ.1-ում:



Նկ. 3. Ածխափոշու գազիֆիկացմամբ ՇԳՏՏ-ի կառուցվածքային սխեմայի հաշվարկային ալգորիթը

Ածխափոշու զազիֆիկացմանը ՇԳՏՏ-ի կառուցվածքային սխեմայի առանձին հանգույցների հաշվարկը

T*	λ	K	η _ի	T _օ ^գ _ո	η _գ _ո	C _բ ^գ	N _գ _Տ	η _ա _ի	T _ի ^գ	T _լ ^գ _ո	I _գ _{ՏՏ}	G _գ	Q _ի ^գ _Տ
Է				Է		կՋ/ (կգ-առա)	ՄՎտ		Է	Է	կՋ/կգ	կգ/լ	կՎտ
283	15	1,4	0,88	1373	0,87	1	150	0,98	658,565	729,51	267,93	559,85	408138,01

C	t _ա _գ	C _բ ^{ա_գ}	h ₂	α _ա _գ	q _ֆ	Q _ա _գ	α _ա _գ ^Ր	α _ա _գ ^{ՏՏ}	m _ա _գ ^{ՏՏ}	B
կգ/ (կգ ածուխ)	°C	կՋ/ (կգ-առա)	ՄՋ/կգ		ՄՋ/ (կգ ածուխ)	ՄՋ/կգ	կգ/ (կգ ածուխ)	կգ/ (կգ ածուխ)	կգ/լ	կգ/լ
0,65	1200	1	3,35	0,15	1,95	18,43	0,302	1,173	22,02	18,77

Տ t _օ	Ho	h _ի	η _ա _ի	T _ա _գ	T _ի	α _Ր	γ _Ր	h _ա _գ	N ₂ _ո	η _ա _ի	D _ա	η _օ _ի
Է	կՋ/կգ	կՋ/կգ		Է	Է			կՋ/կգ	ՄՎտ		կգ/լ	
15	3350	1980	0,87	378	303	0,13	0,16	440	50	0,97	18	0,97

T _օ	H	T _{ՏՏՏ}	Do	Q _բ	T _ա _գ	δt _ա _գ
Է	կՋ/կգ	Է	կգ/լ	կՎտ	Է	Է
714,51	1191,9	340,5	44,17	128522,76	396,384	18,384

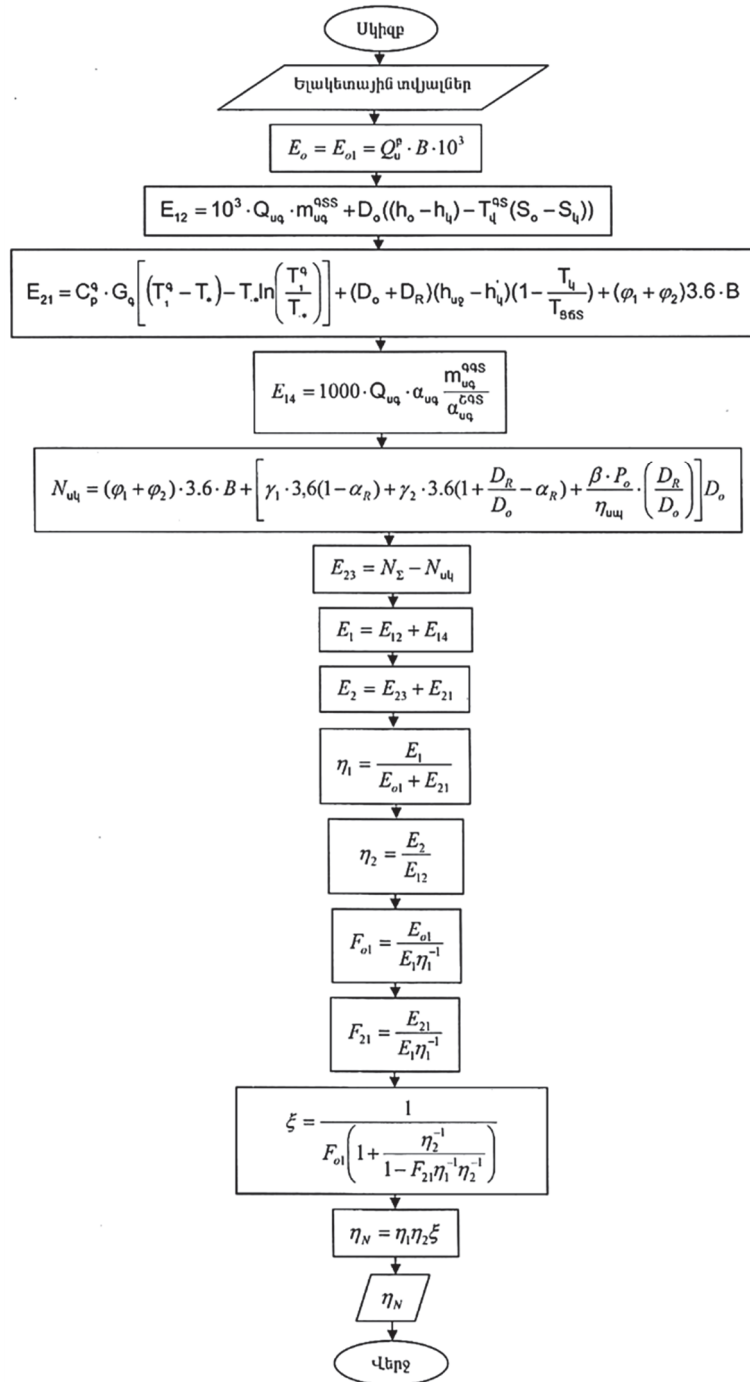
Բարդ համակարգերի արդյունավետության գնահատման գործառնություն լայն կիրառություն է գտել մաթեմատիկական գրաֆների տեսությունը: Էներգատեխնոլոգիական սխեմատիկ բլոկը նույնականացվում է ինչ-որ համարժեք գրաֆի, որում էներգատեխնոլոգիական բլոկի յուրաքանչյուր տարրին համապատասխանում է գրաֆի գագաթ, իսկ տարրերի միջև կապը կամ տարրերի և արտաքին օբյեկտների միջև կապը տրվում են հարակից գրաֆի միջոցով: Առաջնորդվելով այս դատողություններով՝ նկ. 2-ում պատկերված ՇԳՏՏ-ի տեխնոլոգիական սխեման բաժանենք 0, 1, 2, 3, և 4 ֆունկցիոնալ մասերի: Այստեղ 0-ն վառելիքի մատակարարման հանգույցն է, 1-ը՝ շոգեգազագեներատորային հանգույցը, 2-ը տուրբոգեներատորային հանգույցը, 3-ը՝ էլեկտրաէներգիայի սպառումը և 4-ը՝ սինթեզ գազի սպառումը: Արդյունքում գրաֆների միջև կապերը կներկայացվեն (ij)=(01, 12, 23, 14, 21) տեսքով, և համաձայն այս կապերի՝ որոշվում են էքսերգիայի մուտքային արժեքի F_{ij} հարաբերական գործակիցները, այնուհետև՝ Լագրանժի բազմապատկիչները և կառուցվածքային էքսերգետիկական գործակիցը [6]: Ստորև բերված են ածխափոշու գազիֆիկացմամբ ՇԳՏՏ-ի արդյունավետության գնահատման ալգորիթմը (նկ. 4) և հաշվարկային արդյունքները (աղ. 2):

Աղյուսակ 2

Ածխափոշու գազիֆիկացմամբ ՇԳՏՏ-ի արդյունավետության գնահատման հաշվարկային արդյունքները

Q_u^p	So-S _z	φ_1	φ_2	γ_1	γ_2	β	P_o	$\eta_{այ}$	h_{ij}	ξ
UQ/lyq	$lyq/$ ($lyq-աստ$)	$lyq/տո$ ($տ ածուխ$)	$lyq/տո$ ($տ ածուխ$)	$lyq/տո$ ($տ շոգի$)	$lyq/տո$ ($տ կոնդենսատ$)		$P_{այ}$		lyq/lyq	
26,1875	1	3,3	27	7	0,4	0,14	90	0,86	125,7	0,86

E ₀₁	E ₁₂	E ₁₄	N _{սկ}	E ₂₃	E ₂₁	E ₁	E ₂	η_1	η_2	η_N
$lyq/տ$	$lyq/տ$	$lyq/տ$	$lyq/տ$	$lyq/տ$	$lyq/տ$	$lyq/տ$	$lyq/տ$			
491605,3	436426	105040,1	3805,8	196194,21	80640,4	541466,1	276834,6	0,946	0,634	0,48



Նկ. 4. Ածխափոշու գազիֆիկացմամբ ԾԳՏՏ-ի արդյունավետության գնահատման ալգորիթմը

Մշակված ալգորիթմների և դրանց հիման վրա կատարված հաշվարկների արդյունքները վկայում են այն մասին, որ ներցիկլային գազիֆիկացմամբ շոգեգազատուրբինային տեղակայանքի շահագործման միջոցով հնարավոր է ապահովել ածխի օգտագործման բարձր արդյունավետություն, էկոլոգիական խիստ չափորոշիչներ և տեղակայանքի մեծ օ.գ.գ.:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **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.
2. **Альтшулер В.С., Большедворский А.Д.** Газификация углей на тепловых электростанциях // Теплоэнергетика. - 1988. - № 8. - С. 26-30.
3. **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.
4. Разработка отечественной ПГУ с газификацией угля / **Г.Г. Ольховский, С.И. Сучков и др.** // Теплоэнергетика. – 2010. - № 2.- С. 19-26.
5. **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.
6. **Ноздренко Г.В., Щинников П.А., Гепитина Т.А.** Методические указания к расчету структурной схемы ПГУ с газификацией угля. – Новосибирск: НГТУ, 1997. - 19 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 09.07.2019:

В.З. МАРУХЯН, С.Г. ЭЛБАКЯН

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАСЧЕТА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ С ВНУТРИЦИКЛОВОЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ УГЛЯ

Проведен анализ технологических процессов газификации мелкозернистого, пылевидного и кускового видов топлива, производства синтез-газа, а также опыта эксплуатации парогазотурбинных установок с внутрицикловой газификацией угля. Разработаны алгоритмы расчета структурной схемы и оценки энергоэффективности парогазотурбинной установки с внутрицикловой газификацией угля.

Ключевые слова: внутрицикловая газификация угля, газогенератор, синтез-газ, парогазотурбинная установка, эксергия.

V.Z. MARUKHYAN, S.H. ELBAKYAN

**DEVELOPING ALGORITHMS FOR A BLOCK DIAGRAM AND
ESTIMATING THE EFFICIENCY OF A STEAM AND GAS TURBINE
INSTALLATION WITH AN INTRACYCLE GASIFICATION OF COAL**

The technological processes of gasification of fine-grained, pulverized and lump fuel, the production of synthesis of gas, as well as the experiment for operating steam and gas turbines with intra-cycle gasification of coal are analyzed. Algorithms have been developed for calculating the block diagram and evaluating the energy efficiency of a gas-steam turbine unit with intra-cycle gasification of coal.

Keywords: intra-cycle coal gasification, gas generator, synthesis gas, steam and gas turbine plant, exergy.