

A.D. GRIGORYAN

INVESTIGATING THE WORKING FEATURES OF THE HYDROGEN PASSIVE AUTOCATALITIC RECOMBINERS AT A SEVERE ACCIDENT

With the help of mathematical modeling, the efficiency of implementing passive autocatalytic hydrogen recombiners (PARH) in nuclear power units, in the case of severe accidents as a possible strategy to reduce the risk of hydrogen is investigated. It is shown that even in the most conservative calculation scenarios, the system of the PARH can be used as an effective strategy for reducing the risk of hydrogen in case of severe accidents.

Keywords: severe accident, hydrogen, NPP, recombiner, hydrogen risk, hydrogen risk mitigation, severe accident management.

ՀՏԴ 621.182.233

Ա.Ե. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

ԲՆԱԿԱՆ ԳԱՋՈՎ ԱՇԽԱՏՈՂ ՏՈՒՐԲՈՂԵՏԱՆԴԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿԱՀԱՐՄԱՐՈՒԹՅՈՒՆԸ “ՀՐԱՋԴԱՆ-5” ՇՈԳԵԳԱԶԱՅԻՆ ՋԷԿ-ՈՒՄ

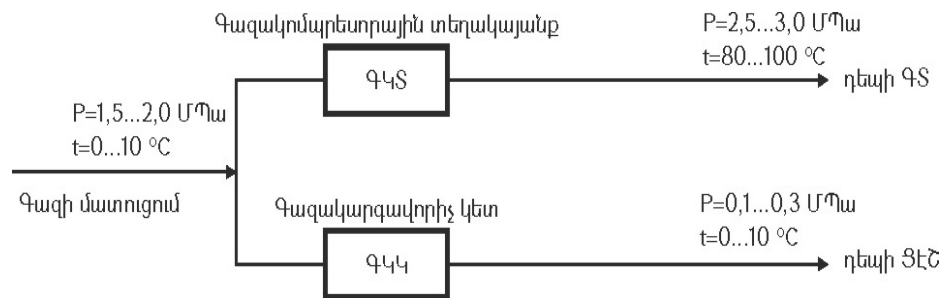
Ներկայացված է շոգեգազային էներգաբլոկի գազամատակարարման սկզբունքային սխեման: Առաջարկված է ՋԷԿ-ի գազի կարգավորիչ կետը կահավորել տուրբոդետանդեր-գեներատորային տեղակայմամբ, որը ցածրէջքային շոգեգեներատոր մատուցվող վառելիքային գազի ճնշման նվազեցումն իրականացնում է դրա ադիաբատ ընդարձակման ու համարժեք էլեկտրական էներգիայի արտադրմամբ՝ ի տարբերություն ներկայումս կիրառվող գազի կարգավորիչ փականների, որոնցում գազի ճնշման նվազեցումն իրականացվում է դրոսելացման միջոցով: Դետանդեր տրվող գազի նախնական տաքացումը նախատեսվում է իրականացնել մասամբ գազակոմպրեսորային տեղակայանքից անջատվող և մասամբ էլ ցանցային ջրի ջերմության հաշվին: Ուսումնասիրությունը կատարվել է նաև էներգաբլոկի փոփոխական ռեժիմների պայմաններում:

Առանցքային բաներ. շոգեգազային էներգաբլոկ, գազի կարգավորիչ կետ, դրոսելում, տուրբոդետանդեր:

Հրազդանի ՋԷԿ-ի 300 ՄՎտ հզորությամբ 5-րդ էներգաբլոկի կառուցումը սկսվել է դեռևս նախորդ դարի 80-ական թվականներին, բայց ընթացել է ընդհատումներով՝ պայմանավորված ԽՍՀՄ փլուզմամբ և շրջափակմամբ: Այնուհետև, 2006թ.-ին, Հրազդանի ՋԷԿ-ի կիսակառույց 5-րդ էներգաբլոկի գույքային համալիրը, ՀՀ կառավարության և Գազպրոմ ընկերության միջև կնքված համաձայնագրով, շինարարության ավարտի և արդիականացման պարտավորությամբ հանձնվեց “ՀայՌուսգազարո” ՓԲԸ-ին: Արդիականացման նախագծի համաձայն՝ կիսակառույց 300 ՄՎտ հզորությամբ շոգեուժային էներգաբլոկը վերնակառուց-

վեց 180 ՄՎտ հզորությամբ գազատուրբինային տեղակայմամբ (ԳՏՏ), այսպիսով էներգաբլոկի տեղակայված հզորությունը հասցնելով 480 ՄՎտ-ի: Արդիականացումը, ինչպես հիմնականում լինում է գործող ջերմային էլեկտրակայանների տեխնիկայես վերագինման ժամանակ, իրականացվել է ցածր էջքային շոգեգեներատորի (ՑԷՇ) կիրառման սխեմայով:

Վառելիքային գազի մատուցումը դեպի կայան իրականացված է գործող Ø720 և Ø1020 մայրուղային գազատարներից: Էներգաբլոկի գազամատակարարման սկզբունքային պարզագույն սխեման տրված է նկ. 1-ում: ԳՏՏ-ին մատուցվելիք գազի ճնշումը բարձրացվում է պտուտակային տիպի գազակոմպրեսորային տեղակայանքի միջոցով, իսկ ՑԷՇ-ին մատուցվելիք գազի ճնշումը նվազեցվում է գազակարգավորիչ կետում (ԳԿԿ) գազի դրոսելման եղանակով: ԳՏՏ-ի վառելիքային գազի անվանական ծախսը կազմում է 8,5 կգ/վ, ՑԷՇ-ի անվանական ծախսը՝ 13 կգ/վ: ԳԿԿ-ից առաջ գազի ճնշումը և ջերմաստիճանը կազմում են 1,5...2,0 ՄՊա և 0...10 °C:



Նկ. 1. “Հրազդան-5” էներգաբլոկի գազամատակարարման սկզբունքային սխեման

Գազամատակարարման համակարգում առկա գազի ավելցուկային ճնշման օգտահանումը բավականին կարևոր և արդյունավետ քայլ է թե՛ տնտեսական շահավետության և թե՛ բնապահպանական նկատառումներով: Այդ նպատակով լայն կիրառում են ստացել տուրբոդետանդեր-գեներատորային տեղակայանքները (ՏԳՏ): Դրանք աշխատում են գազի ճնշման անկման հաշվին, չեն պահանջում մեծ կապիտալ ներդրումներ, լրացուցիչ շահագործող և սպասարկող անձնակազմ:

Դետանդերի աշխատանքի հիմքում ընկած է բանող մարմնի՝ գազի ադիաբատ ընդարձակման սկզբունքը: Անցնելով տուրբինի միջով, այն աշխատանք է կատարում, որի հետևանքով խիստ ընկնում է ջերմաստիճանը և կարող է հասնել -100 °C: Եթե դետանդերի կիրառման միջոցով նաև ցրտամատակարարման իրականացում նախատեսված չէ, ապա, որպես կանոն, նախքան դետանդեր տրվելը գազը ենթարկվում է տաքացման:

Ելնելով գազակոմպրեսորային տեղակայանքից սեղմված գազի հետ յուղի տարվածքը իր նախագծային արժեքին մոտեցնելու նկատառումներից՝ մեր կողմից նախկինում կատարվել է համապատասխան ուսումնասիրություն և մշակվել է լուծման տարբերակ, որի հիմքում ընկած է գազագազային ջերմափոխանակչի (ԳԳՋ) կիրառումը [1]: ԳԳՋ-ի մի կողմից տրվում է գազակոմպրեսորային տեղակայանքի սեղմված գազը՝ հովացման նպատակով, իսկ մյուս կողմից տրվում է ՑԷՇ-ին մատակարարվող գազը՝ այդ ջերմության օգտահանման նպատակով:

Աշխատանքում զարգացրել ենք ԳԳՋ-ի կիրառման գաղափարը՝ մշակելով արդեն մասամբ տաքացված գազի էներգիան ՏԳՏ-ի միջոցով օգտահանելու տարբերակը: Նախքան ՏԳՏ տրվելը՝ գազն անցնում է գազաջրային ջերմափոխանակչով (ԳՋՋ), որում ցանցային ջրի ջերմության հաշվին գազի ջերմաստիճանը հասցվում է հաշվարկային 75 °C-ին:

Որոշակիության համար ուսումնասիրությունն իրականացվել է ՄԴԿ-4000 մակնիշի երկլիսեռ օգտահանիչ տուրբոդետանդերային տեղակայանքի օրինակով (աղ. 1) [2]:

Աղյուսակ 1

ՄԴԿ-4000 մակնիշի օգտահանիչ տուրբոդետանդերային տեղակայանքի բնութագրերը

Մակնիշը	ՄԴԿ-4000
Անվանական հզորություն, կՎտ	3992
Դետանդերի թողունակությունը, ստմ ³ /ժ	76 500
Գազի ճնշումը դետանդերի I աստիճանի մուտքում, ՄՊա	1,953
Գազի ջերմաստիճանը դետանդերի I աստիճանի մուտքում, °C	75
Գազի ճնշումը դետանդերի II աստիճանի ելքում, ՄՊա	0,614
Գազի ջերմաստիճանը դետանդերի II աստիճանի ելքում, °C	9
Գազի ճնշումը դետանդերի III աստիճանի մուտքում, ՄՊա	0,584
Գազի ջերմաստիճանը դետանդերի III աստիճանի մուտքում, °C	75
Գազի ճնշումը դետանդերի III աստիճանի ելքում, ՄՊա	0.183
Գազի ջերմաստիճանը դետանդերի III աստիճանի ելքում, °C	10
Գաբարիտային չափերը, Ե x Բ x Լ, մ	10,5 x 3,6 x 4,0

Գազային տուրբինի աշխատանքը ադիաբատ ընդարձակման դեպքում որոշվել է.

$$L = \frac{zR_{\mu}T_1}{k-1} \times \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right], \text{ կՎտ} / \text{կգ}$$

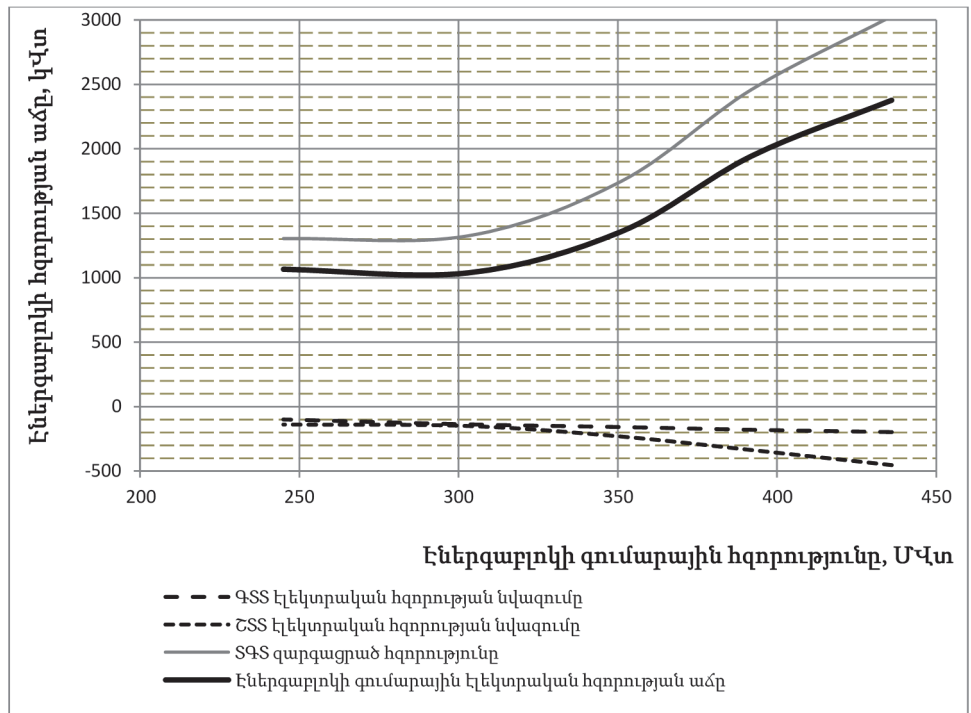
բանաձևով, որտեղ. z -ը գազի սեղմելիության գործակիցն է, $z = 0,96$, R_{μ} -ն՝ ունիվերսալ գազային հաստատունը, $R_{\mu} = \frac{\sum_1^n R_i m_i}{\sum_1^n m_i}$, որտեղ R_i -ն բնական գազի

Հաշվարկի արդյունքները ներկայացված են աղ. 2-ում և նկ. 3-ում:

Աղյուսակ 2

Վառելիքային գազի ջերմաստիճանները և էներգաբլոկի հզորության աճը փոփոխական
ոեժիմների դեպքում

ԳՏՏ հզորությունը	ՄՎտ	140	140	140	140	115
Վառելիքային գազի ծախսը ԳՏՏ-ում	կգ/վ	8,5	8,5	8,5	8,5	7,1
ՑԷՇ շոգեարտադրողականությունը	տ/ժ	850	700	550	450	380
Վառելիքային գազի ծախսը ՑԷՇ-ում	կգ/վ	14,4	11,7	8,9	6,3	6,2
Շոգետուրբինի հզորությունը	ՄՎտ	296	252	211	163	130
Էներգաբլոկի գումարային հզորությունը	ՄՎտ	436	392	351	303	245
Գազի ջերմաստիճանը կոմպ. ելքում	°C	85	85	85	85	85
Գազի ջերմաստիճանը գոխչի մուտքում	°C	58	60	63	66	68
ԳԳՋ ջերմային հզորությունը	կՎտ	1280	1164	1026	891	762
ԳՏՏ տրվող ջերմաքանակի նվազումը	կՎտ	550	501	441	383	295
ԳՏՏ էլեկտրական հզոր. նվազումը	կՎտ	198	180	159	138	100
Գազի ջերմաստ. ԳՋՏ-1 մուտքում	°C	48	56	64	71	76
Գազի ջերմաստ. ԳՋՏ-1 ելքում	°C	75	75	75	75	76
ԳՋՏ-1 ջերմային հզորությունը	կՎտ	894	511	225	58	0
Գազի ջերմաստ. ԳՋՏ-2 մուտքում	°C	9	9	9	9	9
Գազի ջերմաստ. ԳՋՏ-2 ելքում	°C	75	75	75	75	75
ԳՋՏ-2 ջերմային հզորությունը	կՎտ	2153	1749	1331	942	927
Գազի ջերմաստիճանը ՏԳՏ ելքում	°C	10	10	10	10	10
ԳՋՏ-1,2 գում. ջերմ. հզորությունը	կՎտ	3047	2260	1871	1000	927
4-րդ առումից շոգու ծախսի ավելացումը	կգ/վ	1,28	0,95	0,65	0,42	0,39
ՇՏՏ թերարտադրման ավելացումը	կՎտ	453	336	231	149	138
ԳՏՏ և ՇՏՏ հզոր. գում. նվազումը	կՎտ	651	516	390	287	238
ՏԳՏ հզորությունը	կՎտ	3028	2460	1747	1325	1304
Էներգաբլոկի արդյունարար հզոր. աճը	կՎտ	2377	1944	1357	1038	1066
Վառելիքի տեսակ. ծախսի նվազումը	գ/կՎտժ	1,7	1,5	1,1	1,0	1,4



Նկ. 3. Ըներգաբլրկի հզորության աճը փոփոխական ռեժիմների դեպքում

Եզրակացություն: «Հրազդան-5» շոգեգազային էներգաբլրկի գազի կարգավորիչ կետը տուրբոդետանդեր-գեներատորային տեղակայմամբ կահավորման արդյունքում էներգաբլրկի պայմանական վառելիքի տեսակարար ծախսը կնվազի 1,0...1,7 գ/կՎտժ-ով՝ էներգաբլրկի հզորության 240...480 ՄՎտ տիրույթում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Մովսիսյան Ա.Ե., Մարուխյան Ռ.Զ.** «Հրազդան-5» էներգաբլրկի աշխատանքի արդյունավետության և հուսալիության բարձրացումը ցածր էջքային շոգեգեներատոր տրվող վառելիքային գազի նախնական տաքացման միջոցով // ՀԱՊՀ Լրաբեր: Գիտական հոդվածների ժողովածու. – Եր.: Ճարտարագետ, 2015.- էջ 493-499:
2. <http://www.turbogaz.com.ua/>. 20.11.2016թ.

А.Е. МОВСИСЯН

**ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТУРБОДЕТАНДЕРА,
РАБОТАЮЩЕГО НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ, НА ПАРОГАЗОВОЙ ТЭС
“РАЗДАН-5”**

Представлена принципиальная схема газоснабжения парогазового энергоблока. Предложено газорегуляторный пункт ТЭС оснастить турбодетандер-генераторной установкой, осуществляющей снижение давления топливного газа, поступающего к низконапорному парогенератору, за счет его адиабатического расширения и производства электрической энергии, в отличие от ныне применяемых регулирующих клапанов, в которых снижение давления газа осуществляется посредством дросселирования. Предварительный нагрев подаваемого в детандер газа предусмотрено проводить частично теплом, выделяемым с газокompрессорной установки, и частично за счет теплоты сетевой воды. Исследование проводилось также в условиях переменных режимов энергоблока.

Ключевые слова: парогазовый энергоблок, газорегуляторный пункт, дросселирование, турбодетандер.

A.YE. MOVSISYAN

**APPROPRIATENESS OF APPLYING A TURBOEXPANDER WORKING
WIDTH NATURAL GAS ON THE STEAM-GAS POWER STATION
“HRAZDAN-5”**

A general outline of combined (steam-gas) power unit's gas-supply is presented. It is purposed to equip the gas control point of the thermal power plant with a gas expander-generating installation, carrying out pressure reduction of the delivered gas to the low pressure steam generator due to its adiabatic expansion and production of an electricity, as distinct from pressure regulating valves used nowadays where the pressure decrease of the gas is carried out by gas throttling. Preliminary heating of the supplied gas in an expander is provided to be carried out partially by heat generated from the gas-compressor installation, and partially due to the network hot water. The research is also conducted under the conditions of varying regimes of the power plant.

Keywords: combined (steam-gas) power unit, gas control point, throttling, expander.