

ՀՅԴ 620.9.001.32

ԳԱԶԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՈՒՄ

**ԲՆԱԿԱՆ ԳԱԶԻ ՊԱՀԵՍՏԱՎՈՐՄԱՆ ԷՆԵՐԳԱԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ՑԱԾԲ
ՃՆՇՈՒՄՆԵՐԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

Արտաշես Լևոնի Պետրոսյան

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
artashespetrosyan@mail.ru*

Ներկայացված է գազի պահեստավորման տարբերակների՝ 12,5 և 6,3 ՄՊա վերջնական ճնշումների տակ հիմնական ցուցանիշների համեմատությունը: Կոմպրեսորների համար որպես շարժաբեր, ի տարբերություն ավանդական գազային ներքին այրման շարժիչների, առաջարկվում է օգտագործել էլեկտրաշարժիչ, իսկ գազի ճնշման անկումը դրոսելացման գործառնությի փոխարեն իրականացնել ընդարձակիչով, ապահովելով ծախսված էլեկտրաէներգիայի մասնակի վերադարձ դեպի էլեկտրական ցանց: Դրանից հետո գազն անհրաժեշտ է ենթարկել տաքացման «օդ-գազ» ջերմափոխանակիչում շրջապատող օդի հաշվին՝ գազամատակարարման համակարգի անվտանգության ապահովման համար: Եթե պահեստավորված գազի միջին ինքնարժեքը 12,5 ՄՊա ճնշման դեպքում կազմում է 9,768 դր./մ³, երբ կիրառվում է ընդարձակիչ և էլեկտրազենեքատոր, ապա 6,3 ՄՊա-ի դեպքում գազի միջին ինքնարժեքը կկազմում է 9,288 դր./մ³ կամ նվազում է 5,2% - ուլ:

***Առանցքային բառեր.** գազի պահեստավորում, էլեկտրաշարժիչների և ընդարձակիչների կիրառում, պահեստավորված գազի բերված ծախսեր, 1 մ³ գազի ինքնարժեք*

Նախաբան

Դեռ խորհրդային տարիներից մեր հանրապետությունում գազի պահեստավորումն իրականացվում էր բնական հորերում 12,5 ՄՊա ճնշման տակ: Այդպիսի հորերի պատրաստման տեխնոլոգիան այդ տարիների համար նպատակահարմար էր, քանի որ գրունտի ստորին շերտերից՝ 500 մ և ավելին հեռացվում էին նատրիումային և կալցիումային աղերի նստվածքները, լուծելով դրանք ջրի մեջ: Այն տրվում էր աղի հանք և «Նաիրիտ» ԳԱՄ՝ հետագա օգտագործման: Արդյունքում առաջացող դատարկությունները լցվում էին սեղմված գազով: Գազի նման ճնշումը հնարավոր էր պահպանել, քանի որ հորերի պատերն ունեին բարձր մեխանիկական ամրություն, ինչպես նաև առկա էին համապատասխան տեխնոլոգիական սարքավորումներ: Այդպիսիք օգտագործվում էին մայրուղային, բարձր ճնշման գազատարերում բնական գազի տեղափոխման համար: Անցած դարի 70-ականներին, պահպանման էներգախնայող տեխնոլոգիաների, վառելիքի փոքր տեսակարար ծախսի, պահեստավորվող բնական գազի ինքնարժեքի նվազման միջոցառումների մասին խոսակցություններ կամ չկային, կամ մշակված չէին գնահատման համապատասխան մեթոդներ: Հիմնականում կիրառվում էին գլանների հորիզոնական դասավորության, ծնկաձև լիսեռի փոքր պտուտաթվերով ու մեծ չափերի թափանիվներով եռաստիճան միացավոր

կոմպրեսորները: Դրանց լիսեռն էլ թափանիվով միացված էր գազային, ներքին այրման շարժիչին (ԳՆԱՇ), որի եզրային չափերը հասնում էին երկհարկանի առանձնատան չափերին: Ունենալով հսկայական մետաղական զանգված, այդ շարժիչը, կոմպրեսորի տվյալ ճնշումային միջակայքում, ուներ փոքր մեխանիկական օգտակար գործողության գործակիցը (ՕԳԳ)՝ առավելագույնը 0,15...0,18, ուստի և վառելիքի մեծագույն տեսակարար ծախս, սպասարկման բարդություն, համափոխարինելիության անհնարիություն: Արդյունքում, պահեստավորված գազի ինքնարժեքը զգալի էր: Եթե նախկինում դա անդրադառնում էր կազմակերպության բյուջեի վրա, ապա այժմ դրա համար վճարում է ազգաբնակչությունը: Ներկայումս վիճակից ելքը ֆիզիկապես և բարոյապես մաշված տեխնոլոգիական սարքավորման փոխարինումն է ժամանակակիցով: Սակայն, ըստ լուրերի, Պտղնու գազապահեստարանում հին տեխնոլոգիան մնալու է նույնը, միայն փոփոխվելու են որոշ սարքավորումներ: Այս պայմաններում խնդիր է առաջանում փոխել տեխնոլոգիան՝ կիրառել պահեստավորման ցածր ճնշումներ, ԳՆԱՇ – ի փոխարեն կիրառել էլեկտրաշարժիչներ և գազի ընդարձակիչներ, իսկ տեխնոլոգիական սարքավորումների փոխարինումն իրականացնել տեխնիկական նպատակահարմարությունից ելնելով [1], հաշվի առնելով համակարգի էներգատնտեսական ցուցանիշները, խուսափել վառելիքի մեծ տեսակարար ծախս ունեցող տեխնոլոգիական սարքավորումների կիրառումից: Տեխնիկական նպատակահարմարության եղանակներից մեկի՝ շարժաբերի տիպի փոփոխման վերաբերյալ ուսումնասիրության արդյունքները շարադրված են [2]- ում, երբ էլեկտրաշարժիչի կիրառման արդյունքում հնարավոր է լինում շուրջ 35...40%-ով նվազեցնել տեղակայանքի բերված ծախսերը: Որպես արդյունավետ միջոցառում առաջարկվում է, բացի էլեկտրաշարժիչի կիրառումից, հորում պահեստավորված գազը, սեզոնային սպառումից առաջ, ենթարկել ճնշման անկման՝ դրոսելի փոխարեն կիրառելով «ընդարձակիչ – էլեկտրազենեքատոր» տեղակայանքը: Դրա արդյունքում, էլեկտրաշարժիչի տարբերակի հետ համեմատած, գազի ինքնարժեքը կնվազի շուրջ 18% -ով, իսկ ԳՆԱՇ-ի հետ համեմատած՝ 63,3%-ով, քանի որ էլեկտրազենեքատորի միջոցով էներգահամակարգ կվերադարձվի կոմպրեսորում գազի սեղման վրա ծախսված էլեկտրաէներգիայի 40...50 % - ը: Հետագա ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ պահեստավորման էներգատնտեսական արդյունավետությունը հնարավոր է բարձրացնել նաև հորում պահվող գազի ճնշման այլ արժեքի՝ 6,3 ՄՊա կիրառմամբ: Թե որքանով է նպատակահարմար գազի պահեստավորումը ցածր ճնշման պայմաններում՝ ուսումնասիրման խնդիր է, որին էլ նվիրված է սույն հոդվածը:

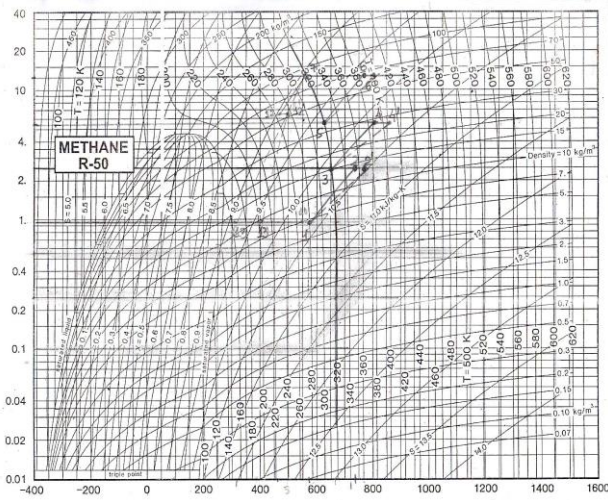
Հիմնական մաս

Բնական գազի պահպանումը համեմատաբար ցածր ճնշման պայմաններում պետք է ունենա տեսական և գործնական հիմնավորում: Անհրաժեշտ է քննարկել այն գործոնները, որոնցից յուրաքանչյուրը յուրովի է ազդում պահեստավորման էներգատնտեսական ցուցանիշների վրա: Գազի պահեստավորումը 12,5 և 6,3 ՄՊա ճնշման տակ կարող է լինել ավել

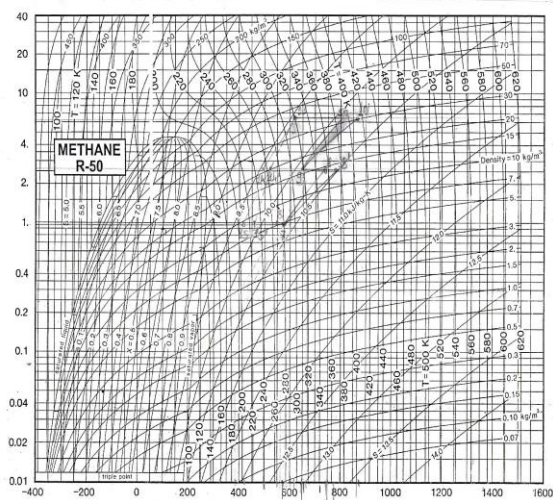
կամ պակաս էներգաարդյունավետ, ուստի և զգալիորեն կազդի պահեստավորված գազի ինքնարժեքի վրա, քանի որ դրա սեղման էներգետիկական ծախսերը նշանակալիորեն միմյանցից տարբերվում են: Ստորև իրականացվել է գազի սեղման գործընթացի թերմոդինամիկական վերլուծությունը, որի համար կառուցվել է նշված ճնշումների պայմաններում գազի սեղման գործընթացը բնական գազի $p-i$ դիագրամում: Ինչպես նշվել է [1,2]-ում, եռաստիճան սեղմումն իրագործվում է միջանկյալ 2,5 և 5,5 ճնշումների պայմաններում, իսկ երկաստիճանի դեպքում ունենք միջանկյալ 2,7 ՄՊա ճնշումը: 1-2, 3-4, 5-6 ադիաբատ և 1-2', 3-4', 5-6' իրական (պոլիտրոպ) սեղման գործընթացները տեղի են ունենում եռաստիճան կոմպրեսորում, երբ $\eta_{oil}^{են.} = 0,75$, $\eta_{oill}^{են.} = 0,72$, $\eta_{oill}^{են.} = 0,70$ (նկ. 1ա), իսկ երկաստիճանի դեպքում համապատասխանաբար կլինեն 7-8, 9-10 ադիաբատ, 7-8', 9-10' իրական սեղման գործընթացները, երբ $\eta_{oil}^{երկ.} = 0,75$, $\eta_{oill}^{երկ.} = 0,72$ (նկ. 1բ): Կոմպրեսորների յուրաքանչյուր աստիճանից հետո գազը ենթարկվում է միջանկյալ հովացման շրջապատող օդի հաշվին «գազ – օդ» ջերմափոխանակիչ ապարատներում (օդ. ՋՓԱ), երբ այն օդամուղի շնորհիվ մղվում է օդ, ՋՓԱ-ի վրա: Դրա էլեկտրաշարժիչի փաստացի էլեկտրական հզորությունը՝ $l_{ոդամ.}^i$ պայմանավորված է օդաքանակով՝ $V_{ոդ}^i$ և զարգացվող էջքով՝ $\Delta p_{ոդամ.}$: Այդ գործընթացները, 12,5 և 6,3 ՄՊա ճնշումների պայմաններում, բերված են նկ.1ա-ում՝ 2-3, 2-3', 4-5, 4-5', 6-7, 6-7' և նկ. 1բ-ում՝ 8-9, 8-9, 8'-9, 10-11, 10'-11 գործընթացներով: Արդյունքում, սեղման ադիաբատ և իրական տեսակարար աշխատանքները, դրանց գումարային մեծությունները, հովացման ընդհանուր տեսակարար ջերմաքանակները կկազմեն.

$$l_{1-2}^{են.ադ.} = 170, l_{1-2'}^{են.իր.} = 227, l_{3-4}^{են.ադ.} = 150, l_{3-4'}^{են.իր.} = 208, l_{5-6}^{են.ադ.} = 145, l_{5-6'}^{են.իր.} = 207, \sum_{i=3} l_{իր.}^{են.} = 642, \sum_{i=3} q_{հով.}^{են.} = 657$$

$$l_{7-8}^{երկ.ադ.} = 160, l_{7-8'}^{երկ.իր.} = 213, l_{9-10}^{երկ.ադ.} = 155, l_{9-10'}^{երկ.իր.} = 215, \sum_{իր.} l_{իր.}^{երկ.} = 428, \sum q_{հով.}^{երկ.} = 398, \text{ կՋ/կգ,}$$



ա.



բ.

**Նկ. 1. Բնական գազի սեղման և ընդարձակման գործընթացների պատկերումը $p-i$ դիագրամում.
ա. երբ վերջնական ճնշումը 12,5, իսկ սկզբնականը՝ 1 ՄՊա է, բ. երբ այն 6,3 և 1,0 ՄՊա է**

«Գազ – օդ» ՋՓԱ –ի կարիքների համար հովացնող օդի ծավալային ծախսը, երբ արտաքին օդի ջերմաստիճանը $35^{\circ}C$ է, կորոշվի.

$$V_{\text{օդ}}^i = \frac{\sum q_{\text{հոս.}}^i}{\rho_{\text{օդ}} \cdot c_{\text{օդ}} \cdot \Delta t}, \quad V_{\text{օդ}}^{\text{եռ.}} = \frac{657}{1,131 \cdot 1,0062 \cdot 5} = 115,5, \quad V_{\text{օդ}}^{\text{երկ.}} = \frac{398}{1,131 \cdot 1,0062 \cdot 5} = 70 \text{ մ}^3/\text{կգ}:$$

$V_{\text{օդ}}^i$ - ի տեղափոխման համար օդամուղի էլեկտրաշարժիչի փաստացի էլեկտրական հզորությունը կորոշվի ըստ զարգացվող ճնշման էջքի՝ $\Delta p_{\text{օդամ.}} = 150$ Պա, օդամուղի ՕԳԳ – ի՝ $\eta_{\text{օդամ.}} = 0,7$ պայմաններում.

$$l_{\text{օդամ.}}^i = \frac{V_{\text{օդ}}^i \cdot x \Delta p_{\text{օդամ.}}}{\eta_{\text{օդամ.}}}, \quad l_{\text{օդամ.}}^{\text{եռ.}} = \frac{115,5 \cdot 150}{0,7} \cdot 10^{-3} = 24,8, \quad l_{\text{օդամ.}}^{\text{երկ.}} = \frac{70 \cdot 150}{0,7} = 15 \text{ կՋ/կգ}:$$

Արդյունքում, որպեսզի 1 կգ գազը սեղմվի 1 ... 12,5 և 1 ... 6,3 ՄՊա և տեսակարար ծավալը 0,147 – ից դառնա 0,0115 (7 կետ) և 0,024 (11 կետ) $\text{մ}^3/\text{կգ}$, հարկ կլինի ծախսել $\sum_{i=3} l_{\text{ընդհ.հր.}}^{\text{եռ.}} = 666,8$ և

$$\sum_{i=2} l_{\text{ընդհ.հր.}}^{\text{երկ.}} = 443 \text{ կՋ/կգ մեխանիկական, հեռացնել 657 և 398 կՋ/կգ ջերմային էներգիա:}$$

Եռաստիճան սեղմման հետևանքով գազի տեսակարար ծավալները ($\text{մ}^3/\text{կգ}$) յուրաքանչյուր աստիճանից հետո փոփոխվում են հետևյալ կերպ.

$$v_1 = 0,147, \quad v_2 = 0,0769, \quad v_4 = 0,038, \quad v_6 = 0,016, \quad v_7 = 0,0115:$$

Դրանից հետևում է՝ տեսակարար ծավալների հարաբերությունը կոմպրեսորի մուտքում և երրորդ աստիճանի էլքում կազմում է՝ $v_1 / v_6 = 0,147 / 0,016 = 9,1$, իսկ հոր տալուց առաջ հովացնելուց հետո. $v_1 / v_7 = 0,147 / 0,0115 = 12,8$ անգամ: Արդյունքում հորի ֆիզիկական ծավալի՝ $V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}$ մ^3 պայմաններում, պահպանվող բնական գազի ծավալը, բերված նորմալ պայմանների, կկազմի.

$$V_o^{\text{եռ.}} = 0,8 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}} \left(\frac{12,5}{0,1} \cdot \frac{280}{320} \right) = 87,5 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}, \text{ մ}^3: \quad (1)$$

Երկաստիճանի դեպքում տեսակարար ծավալների հարաբերությունը կազմում է՝ $v_7 / v_{11} = 0,147 / 0,024 = 6,125$ անգամ, պահպանվող բնական գազի ծավալը կկազմի.

$$V_o^{\text{երկ.}} = 0,8 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}} \left(\frac{6,3}{0,1} \cdot \frac{280}{320} \right) = 44,1 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}, \text{ մ}^3: \quad (2)$$

Այսպիսով նշված պայմանների դեպքում մեխանիկական էներգիայի ծախսը կորոշվի.

$$\sum N_{\text{սեղ.հոս.}}^{\text{եռ.}} = \frac{V_o^{\text{եռ.}}}{v_7} \sum_{i=3} l_{\text{ընդհ.հր.}}^{\text{եռ.}} = \frac{87,5 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}}{0,0115} \cdot 666,7 = 5,073 \cdot 10^6 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}, \quad (3)$$

$$\sum N_{\text{սեղ.հոս.}}^{\text{երկ.}} = \frac{V_o^{\text{երկ.}}}{v_{11}} \sum_{i=2} l_{\text{ընդհ.հր.}}^{\text{երկ.}} = \frac{44,1 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}}{0,024} \cdot 442 = 0,814 \cdot 10^6 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}: \quad (4)$$

(1) և (2) արտահայտությունների համեմատությունից հետևում է, որ, ի հետևանք բարձր ճնշման և փոքր տեսակարար ծավալի, եռաստիճան սեղմման արդյունքում շուրջ երկու անգամ ավելի շատ գազ է պահպանվում, իսկ (3) և (4) - ից էլ հետևում է, որ այն ձեռք է բերվում

հսկայական էներգետիկական ծախսերի արդյունքում և այն, ցածր ճնշման ծախսերի հետ համեմատած, մեծ է $5,073 \cdot 10^6 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հր.}} / 0,814 \cdot 10^6 V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հր.}} = 6,23$ անգամ: Սա կնշանակի, որ **նորմալ պայմանների բերված գազի նույն ծավալի դեպքում բարձր ճնշմամբ պահպանման համար կծախսվի 6,23/2= 3,12 անգամ ավել էներգառեսուրս:**

Պահեստավորված գազի անհրաժեշտության դեպքում այն տրվում է հորից դեպի գազատար, սակայն ենթարկելով դրոսելացման: Քանի որ դրոսելացումն անհակադարձելի գործընթաց է, ապա տեղի է ունենում սեղման ընթացքում ծախսված մեխանիկական էներգիայի կորուստ: Այն կարելի է մասնակիորեն վերականգնել, ինչպես նշվում է [1] – ում, կիրառելով թերմոդինամիկական առավել արդյունավետ գործընթաց՝ ընդարձակման, օգտագործելով ընդարձակիչ (դետանդեր): Դա է պատճառը, որ դիտարկվել է տարբերակը, որում պահեստավորված գազը սպառման է տրվում «ընդարձակիչ – էլեկտրագեներատոր» տեղակայանքում ընդարձակվելուց հետո, իսկ ստացված մեխանիկական էներգիան փոխակերպվում է էլեկտրականի, մասնակիորեն կոմպենսացնելով սեղմման համար ծախսվածի մի մասը: Գործընթացում էներգիայի վերականգնման չափը կախված է ճնշումներից, ընդարձակիչի ՕԳԳ – ից կամ անհակադարձելիության գործակցից, գազի ծախսից և այլն: Գազի ընդարձակման գործընթացը պատկերված է $p-i$ դիագրամում (նկ. 1ա,բ): Դրանցում գազը 12,5 ՄՊա ճնշմամբ և $320^\circ C$ ջերմաստիճանով ենթարկվում է ընդարձակման մինչև $p_{\text{սիռ.}} = 6,25$ ՄՊա ճնշումը, երբ $\eta_{oi}^{\text{նեո.բ.ծ.}} = 0,6$: Այն պատկերված է 7 - 12 աղիաբատ և 7-12՝ իրական գործընթացներով: Արդյունքում գազի ջերմաստիճանը կնվազի և կդառնա $T_{12}^{\text{բ.ծ.ընդ.}} = 265^\circ K, T_{12}^{\text{բ.ծ.ընդ.}} = 275^\circ K$: Քանի որ այս ջերմաստիճանի դեպքում գազի տաքացման անհրաժեշտություն չկա, ապա այն նորից ենթարկվում է ընդարձակման արդեն դետանդերի երկրորդ աստիճանում 12՝-13 աղիաբատ և 12՝-13՝ իրական գործընթացներով մինչև 1,0 ՄՊա ճնշումն ու $T_{13}^{\text{բ.ծ.ընդ.}} = 168^\circ K, T_{13}^{\text{բ.ծ.ընդ.}} = 210^\circ K$ ջերմաստիճանները: Կրկնակի ընդարձակման արդյունքում ձեռք կբերվի $\sum_{i=2} I_{7-12,13}^{\text{բ.ծ.ընդ.}} = 60 + 105 = 165$ կՋ/կգ մեխանիկական էներգիա, որի մի մասը կծախսվի օդամուղի էլեկտրաշարժիչի վրա, երբ ցածր ջերմաստիճանի գազը երկրորդ աստիճանի ընդարձակումից հետո ենթարկվի տաքացման շրջապատող օդի հաշվին.

$$V_{\text{օդ}}^{\text{բ.ծ.տաք.}} = \frac{145}{1,273 \cdot 1,0131 \cdot 20,33} = 5,53 \text{մ}^3 / \text{կգ}, \quad I_{\text{օդամ}}^{\text{բ.ծ.տաք.}} = \frac{150 \times 5,53 \times 10^{-3}}{0,7} = 1,2 \text{կՋ} / \text{կգ} :$$

Արդյունքում կունենանք մեխանիկական էներգիա. $\sum_{j=2} I_{7-12,13}^{\text{բ.ծ.ընդ.օգտ.}} = 165 - 1,2 = 163,8$ կՋ/կգ, որը

կկազմի ծախսվածի 24,6% -ը և կոմպրեսորում գազի սեղման գործընթացի վրա փաստացի մեխանիկական էներգիայի ծախսը կկազմի . $\sum_{i=3} I_{1,2-դետ.}^{\text{բ.ծ.օգտ.}} = 666,7 - 163,8 = 502,9$ կՋ/կգ:

Համանման հաշվարկներ են կատարվել նաև ցածր ճնշման դեպքում: Այն կպատկերվի նկ. 1 բ – ում բերված $p-i$ դիագրամում 11 - 14 և 14 - 15 աղիաբատ և 11-14՝, 14՝-15՝ իրական

գործընթացներով: Այս դեպքում արդեն, ի շնորհիվ ցածր ճնշումների, ունենք. $\eta_{oi}^{նեո.9.6.} = 0,68$, ընդարձակման աստիճանը դարձյալ 2 է, գազի տաքացումն էլ իրականացվում է միայն երկրորդ անգամյա ընդարձակումից հետո: Արդյունքում ունենք. $\sum_{i=2}^{9.6.ըն.օգն.} I_{11-14'-15'} = 75 + 78 - 1 = 152$,

$\sum_{i=3}^{9.6.օգն.} I_{1,2-ըն.} = 442 - 152 = 290$ կՋ/կգ: Այս դեպքում արդեն վերականգնված և ծախսված

մեխանիկական էներգիաների հարաբերությունը կկազմի՝ $\frac{152}{442} \cdot 100 = 34,4\%$, որը բարձր ճնշման համար ստացվածի հետ համեմատած ավել է շուրջ 10% - ով: Սա հետևանք է ընդարձակիչի մեծ ՕԳԳ-ի՝ 8%, ինչպես նաև $p-i$ դիագրամում տվյալ տիրույթներում էնտրոպիայի փոփոխման այլ օրինաչափությունների:

(3), (4) արտահայտություններով ներկայացված մեխանիկական էներգիայի ծախսը, համեմատելի տարբերակների համար, հաշվի առնելով նաև վերականգնված մեխանիկական էներգիան, կկազմեն.

$$\sum N_{սեղ-ըն}^{եռ.} = \frac{V_o^{եռ.}}{v_7} \sum_{i=3} I_{ընդհիռ.}^{եռ.} = \frac{87,5 V_{\Phi հզ.ժ.}^{հոր.}}{0,0115} \cdot 502,9 = 3,826 \cdot 10^6 V_{\Phi հզ.ժ.}^{հոր.}, \quad (3')$$

$$\sum N_{սեղ-ըն}^{երկ.} = \frac{V_o^{երկ.}}{v_{11}} \sum_{i=2} I_{ընդհիռ.}^{երկ.} = \frac{44,1 V_{\Phi հզ.ժ.}^{հոր.}}{0,024} \cdot 290 = 0,533 \cdot 10^6 V_{\Phi հզ.ժ.}^{հոր.} \quad (4')$$

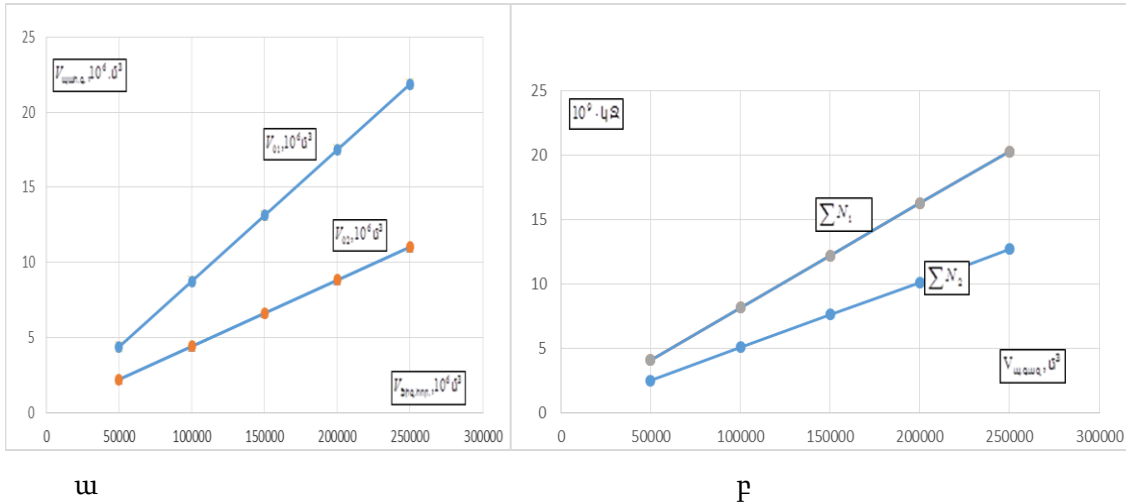
Դրանց հարաբերությունը կկազմի 7,18 և, հաշվի առնելով պահպանվող գազի ծավալների հարաբերությունը, բերված նորմալ պայմանների, շուրջ 2, կունենանք՝ **նորմալ պայմանների բերված միևնույն ծավալի դեպքում, գազի բարձր ճնշմամբ պահպանման և ընդարձակիչի կիրառման դեպքում, կծախսվի 7,18 / 2 = 3,59 անգամ ավելի շատ էներգառեսուրս:**

Նկ. 2 -ում բերված են համեմատելի տարբերակների թերմոդինամիկական վերլուծության արդյունքները: Նկ. 2 ա-ից երևում է, որ պահեստավորված գազի ծավալը, բերված նորմալ պայմանների, երբ վերջնական ճնշումը 12,5 ՄՊա է (տարբերակ 1) շուրջ 2 անգամ մեծ է, քան 6,3 ՄՊա – ի դեպքում (տարբերակ 2), այսինքն, այս ցուցանիշից ելնելով, բարձր ճնշմամբ պահեստավորման տարբերակն ավելի նպատակահարմար է: Սակայն նկ. 2 բ – ից երևում է, որ էներգետիկ ծախսերով այն ավելի վատն է: Ինչպես նշվել էր վերը, նորմալ պայմանների բերված գազի նույն ծավալի դեպքում, բարձր ճնշմամբ պահպանման համար, կծախսվի 6,23/2=3,12 անգամ ավելի շատ էներգառեսուրս: Նույնը նաև տարբերակ 3 – ի դեպքում, երբ գազի ընդարձակման համար կիրառվի ընդարձակիչ, սակայն այս դեպքում էներգառեսուրսների խնայողությունը կաճի 3,59 անգամ: Արդյունքում կարելի է եզրակացնել, որ բարձր ճնշման տակ գազի պահեստավորումն էներգետիկական առումով նպատակահարմար չէ: Ինչպես նշվել էր, վերը բերվածը վերաբերում էր համեմատելի տարբերակների թերմոդինամիկական վերլուծությանը, սակայն առավել կարևոր են նաև դրանց տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները: Որպես այդպիսիք կարող են ծառայել տեղակայանքի վրա բերված ծախսերը, ապա և պահեստավորված գազի ինքնարժեքը, վերագրված նրա 1 լՅ – ին:

Տեղակայանքի վրա բերված ծախսերը որոշվում են՝ $3_{տեղ,i} = (E_{\sigma} + k_{վեր.}) \cdot \sum K_i + \sum C_{գազ}^i$, որում, ընդունելով՝ $k_{վեր.} \approx 0,3E_{\sigma}$, իսկ E_{σ} -ի արժեքները, տարբեր սարքավորումների համար, կազմում են.

$$E_{t_{1,2}} = 1/15 = 0,067, E_{կոմպ.} = 1/20 = 0,05, k_{վեր.}^{t_{1,2}} \approx 0,3E_{t_{1,2}} = 0,02, k_{վեր.}^{կոմպ.} \approx 0,3E_{կոմպ.} = 0,015$$

$\sum K_i$ մեծությունը կարելի է որոշել յուրաքանչյուր սարքավորման տեսակարար արժեքին համապատասխան, երբ. $k_{t_{1,2}} = 150, k_{մխ.կոմպ.}^{եռ.աստ} = 300, k_{t_{1,2}} = 150, k_{մխ.կոմպ.}^{երկ.աստ} = 220$ ԱՄՆ դոլ./կՎտ:



Նկ. 2. Դիտարկված տարբերակներում պահեստավորված բնական գազի՝ ա. ծավալը նորմալ պայմանների համար ($V_{\sigma}, \text{մ}^3$), բ. սեղմման գործընթացում ծախսված և վերականգնված մեխանիկական էներգիաների տարբերությունը ($\sum N_{տեղ-ընդ}^i$, կՁ)

Կոմպրեսորում գազի սեղմման գործընթացի իրականացման համար պահանջվող շահագործման ծախսերը՝ $\sum C_{գազ}^i$ համեմատելի տարբերակների՝ բարձր և ցածր ճնշումներով պահպանման դեպքում կներկայացնի, մասնավորապես, կոմպրեսորի էլեկտրաշարժիչի գործունեության համար պահանջվող էլեկտրական էներգիայի 1 կՎտ.ժ – ին համարժեք վառելիքի տեսակարար ծախսի՝ $0,3 \text{մ}^3/\text{կՎտ.ժ}$ արտադրյալի մեծությանը և գազի ինքնարժեքին համապատասխան դրամական միջոցները հորի ֆիզիկական ծավալի լցման տվյալ ժամանակահատվածի համար: Մեխանիկական աշխատանքին համապատասխան էլեկտրաշարժիչի էլեկտրական հզորությունը կորոշվի.

$$N_{t_{1,2}}^{հր.հզ.} = M_i \cdot l_{իր.կոմպ.}^i / \eta_{\Phi\eta\text{ս.}} \cdot \eta_{t_{1,2}}, \tag{5}$$

որտեղ $\eta_{\Phi\eta\text{ս.}}$ -ը կոմպրեսոր – էլեկտրաշարժիչ համախմբի միջև մեխանիկական էներգիայի փոխանցման գործակիցն է, որը կցորդիչային փոխանցման դեպքում կազմում է $\eta_{\Phi\eta\text{ս.}} = 0,95$, իսկ $\eta_{t_{1,2}} = 0,97$ - էլեկտրաշարժիչի ՕԳԳ – ն է: $N_{t_{1,2}}^{հր.հզ.}$ - ի արժեքները, կախված $V_{\Phi\eta\text{գ.ժ.}}^{հր.}$ - ից, վերջնական ճնշման մեծությունից, որոշվել են ըստ (5) – ի և բերված են աղ.1-ում:

Ունենալով աղ. 1-ում բերված $\sum_{i=600\pi} C_{\text{բն.գ.տեգ.}}^{\text{էլ.շ}}$ - ը, սարքավորման տեսակարար արժեքները,

$E_{\text{գ}}, k_{\text{վեր.}}$ մեծությունները, կորոշվեն բերված ծախսերը, ապա, ըստ նկ. 2ա-ի, տվյալ $V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}$ - ի և վերջնական ճնշման պայմաններում, նորմալ վիճակի բերված պահպանվող գազի ծավալը և ինքնարժեքը: Այս մեծություններն էլ բերված են աղ. 2-ում:

Աղյուսակ 1

Համեմատելի տարբերակների բնութագրիչ մեծությունները գազի պահեստավորման տարբեր ճնշումների դեպքում

| $V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}, \text{մ}^3$ | 50 հազ. | 100 հազ. | 150 հազ. | 200 հազ. | 250 հազ. |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|
| Հաշվ. արժեքը | | | | | |
| $N_{\text{էլ.շ}}^{\text{հոր.հզ.}}, \text{կՎտ}$ | 749,0 | 1351,0 | 2270,9 | 2994,5 | 3744,1 |
| | 375,0 | 755,6 | 1125,4 | 1500,3 | 1875,6 |
| $\sum_{i=600\pi} N_{\text{էլ.շ}}^{\text{էլ.շ}}$ | 1078,6 | 1945,4 | 3270,1 | 4312,1 | 5391,5 |
| կՎտ.ժ/տեգ. | 540,0 | 1088,1 | 1620,6 | 2160,47 | 2700,9 |
| $\sum_{i=600\pi} B_{\text{բն.գ.տեգ.}}^{\text{էլ.շ}}$ | 323,6 | 583,6 | 981,0 | 1293,6 | 1617,5 |
| $1000 \text{մ}^3/\text{տեգ.}$ | 162,0 | 326,4 | 486,2 | 648,1 | 810,3 |
| $\sum_{i=600\pi} C_{\text{բն.գ.տեգ.}}^{\text{էլ.շ}}$ | 78,3 | 141,3 | 237,5 | 313,2 | 391,6 |
| հազ. ԱՄՆ դոլ./տեգ | 39,2 | 79,0 | 117,7 | 156,9 | 196,2 |

Ծանոթություն. համարիչում բերված մեծությունները վերաբերում են 12,5, իսկ հայտարարում՝ 6,3 ՄՊա վերջնական ճնշումներին

Երբ երկու ճնշումների համար էլ, պահեստավորված գազի օգտագործումից առաջ, այն կարելի է ենթարկել ոչ թե դրոսելացման, ինչպես հիմա է, այլև ընդարձակման «ընդարձակիչ – էլեկտրագեներատոր» տեղակայանքում: Սա կնշանակի, որ հարկ կա կատարել համանման հաշվարկներ, սակայն ծախսված էլեկտրաէներգիային համարժեք վառելիքի ծախսի դրամական միջոցներից հանել էլեկտրագեներատորի կողմից «վերականգնված» էլեկտրաէներգիայի վառելիքային համարժեքին համապատասխան դրամական միջոցները:

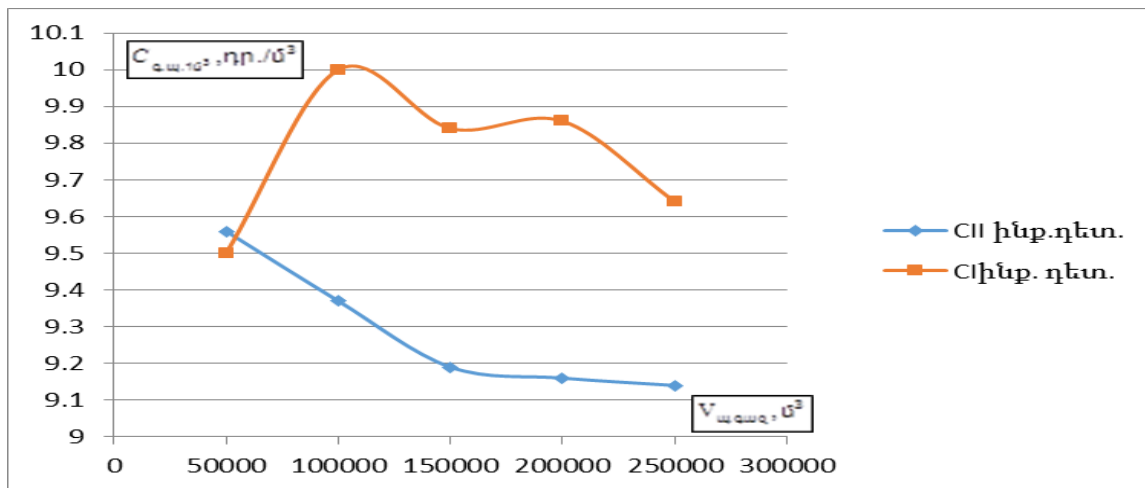
Աղյուսակ 2

Համեմատելի տարբերակների դեպքում տեղակայանքի վրա բերված ծախսերն ու պահեստավորված գազի ինքնարժեքը պահեստավորման տարբեր ճնշումների դեպքում

| $V_{\text{ֆիզ.ծ.}}^{\text{հոր.}}, \text{մ}^3$ | 50 հազ. | 100 հազ. | 150 հազ. | 200 հազ. | 250 հազ. |
|---|---------|----------|----------|----------|----------|
| Հաշվային արժեքները | | | | | |
| $Z_{\text{տեղ.ի}},$ | 105,2 | 187,7 | 313,9 | 413,1 | 515,9 |
| ԱՄՆ դոլ./տեգ. | 51,9 | 102,1 | 150,9 | 200,4 | 250,0 |
| $C_{\text{պահ.գ.}} \cdot 10^3,$ | 11,66 | 11,56 | 11,6 | 11,45 | 11,44 |
| ՀՀ դր./մ ³ CH ₄ | 11,4 | 11,23 | 11,06 | 11,02 | 10,99 |

Ծանոթություն. համարիչում բերված մեծությունները վերաբերում են 12,5, իսկ հայտարարում՝ 6,3 ՄՊա վերջնական ճնշումներին

Հիմնական ներդրումների հաշվարկման դեպքում հարկ կա հաշվի առնել ընդարձակիչի և էլեկտրագեներատորի վրա հիմնական ներդրումներն ըստ տեսակարար մեծությունների՝ $k_{դետ.} = 500, k_{գեն.} = 250 \text{ ԱՄՆ դոլ. / կՎտ}$: Արդյունքում կորոշվեն պահեստավորված գազի ինքնարժեքները պահեստավորման տարբեր ճնշումների, ընդարձակիչի և էլեկտրագեներատորի կիրառման դեպքում: Դրանք պատկերվել են նշված տարբերակների համար համապատասխան կորերի տեսքով, նկ. 3 – ում:



Նկ. 3. Պահեստավորված գազի ինքնարժեքը պահեստավորման տարբեր ճնշումների՝ 12,5 և 6,3 ՄՊա, ընդարձակիչի և էլեկտրագեներատորի կիրառման դեպքում

Ինչպես երևում է նկ. 3-ից, $V_{ֆիզ.ծ.}^{հոր.}$ - ի աճին զուգահեռ, ցածր ճնշման պայմաններում, պահեստավորված գազի ինքնարժեքը զգալիորեն փոքր է բարձրից և այն ունի նվազման օրինաչափություն: Եթե պահեստավորված գազի միջին ինքնարժեքը, 12,5 ՄՊա ճնշման դեպքում կազմում է 9,768 ՀՀ դոլ. / m^3 , երբ կիրառվում է ընդարձակիչ և էլեկտրագեներատոր, ապա 6,3 ՄՊա -ի դեպքում, գազի միջին ինքնարժեքը կկազմում է 9,288 ՀՀ դոլ. / m^3 կամ կնվազի 5,2% - ով:

Եզրակացություն

- I տարբերակի դեպքում, երբ գազն օգտագործումից միայն դրոսելացվում է և չի օգտագործվում այդ էներգիան, ապա նորմալ պայմանների բերված գազի նույն ծավալի դեպքում բարձր ճնշմամբ պահպանման համար, ցածրի հետ համեմատած, կծախսվի $6,23/2 = 3,12$ անգամ ավել էներգառեսուրս,
- II տարբերակի դեպքում, երբ գազն օգտագործումից առաջ ենթարկվում է ընդարձակման ընդարձակիչում և օգտագործվում այդ էներգիան էլեկտրաէներգիայի արտադրման վրա, ապա նորմալ պայմանների բերված միևնույն ծավալի դեպքում, բարձր ճնշմամբ

պահպանման դեպքում, ցածրի հետ համեմատած, կծախսվի $7,18/2=3,59$ անգամ ավելի շատ էներգառեսուրս,

- տեխնիկատնտեսական հաշվարկի արդյունքները ևս ապացուցում են **6,3 ՄՊա** ճնշմամբ բնական գազի պահեստավորման նպատակահարմարությունը:

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ НИЗКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Арташес Левонович Петросян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г.Ереван, РА
artashespetrosyan@mail.ru

Представлены результаты сравнения основных параметров хранения природного газа под конечным давлением 12,5 и 6,3 МПа. В качестве привода компрессоров, взамен традиционного газопоршневого двигателя внутреннего сгорания, предлагается использовать электродвигатели, а для снижения давления газа, взамен процесса дросселирования, предлагается применить детандеры, обеспечивающие частичное восстановление и передачу электроэнергии в электросеть, затраченной при сжатии газа. После этого газ подвергается нагреву за счет энергии наружного воздуха в теплообменниках типа “газ – воздух” для обеспечения безопасной работы системы газоснабжения. Из-за использования низкого давления хранения газа 6,3 МПа себестоимость 1 м³ хранимого газа и применения установки “детандер – электрогенератор” себестоимость хранения снижается до 9,288 РА др. /м³ или же на 5,2 %.

Ключевые слова: хранение газа, применение электродвигателей и детандеров, приведенные затраты на хранение газа, себестоимость 1 м³ газа

NATURAL GAS STORAGE ENERGY EFFICIENCY IN THE LOW PRESSURE CONDITIONS

Artashes Petrosyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
artashespetrosyan@mail.ru

The comparison of the main parameters of variants of natural gas storage under the final pressure of 12,5 and 6,3 MPa are presented. As a drive for compressors, unlike the traditional gas internal combustion engines, it is proposed to use electric motors, and to realize the gas pressure decline through turbo expanders, instead of the throttling process, ensuring the used electric power partial recovery to the electric grid. Thereafter the gas has to be heated due to the energy of the outside air in the “air-gas” heat exchanger in order to ensure the safe operation of the gas supply system. If the storage gas average cost price in case of 12,5MPa pressure is 9,768 AMD/m³, when extender and electric generator are used, then in case of 6,3MPa the gas average cost price is 9,288 AMD/m³ or is reduced by 5,2%.

Keywords: gas storage, application of electric motors and extenders, presented expenses of stored gases, cost price of 1 m³ gas

Գրականություն

1. Պետրոսյան Ա. Լ., Գրիգորյան Ա. Խ. Բնական գազի պահեստավորման էներգատնտեսական ցուցանիշների լավացման եղանակները // ՃՇՀԱՀ-ի տեղեկագիր. – 2015. - N4 (48). - էջ 50-59:
2. Պետրոսյան Ա. Լ., Մանուկյան Ա. Հ. Դետանդերի կիրառումը որպես գազամատակարարման համակարգի էներգաարդյունավետության բարձրացման միջոց // ՃՇՀԱՀ-ի տեղեկագիր. – 2017. -N 3 (56). - էջ 57- 65:

References

1. Petrosyan, A.L., Grigoyan, A.H. (2015), “Bnakan gazi pahestavorman energatntesakan cucanishneri lavacman exanakner” [Ways of improvement of energy and economic indices of natural gas storing]. *Bulletins of NUACA*, no.4(48), pp. 50-59. (in Armenian)
2. Petrosyan, A.L., Manukyan, A.H. (2017), “Detanderi kirarum wrpes gazamatakaraman hamakagi energaardunavetutyanyan barcracman miqoc” [Application of gas expander as a way of increasing of energy efficiency of gas supply system]. *Bulletins of NUACA*, no.3(56), pp. 57-65.

Պետրոսյան Արտաշես Լևոնի, տ.գ.թ., դոց. (ՀՀ, ք.Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ՋԳՄՕ ամբիոն, (+374)98932940, artashespetrosyan@mail.ru

Петросян Арташес Левонович, к.т.н., доц. (РА, г.Ереван) - НУАСА, кафедра ТГВ, (+374)98932940, artashespetrosyan@mail.ru.ss

Petrosyan Artashes, doctor of philosophy (PhD) in engineering, associate professor (RA Yerevan) - NUACA, Chair of Heat and Gas Supply and Ventilation, (+374) 98932940, artashespetrosyan@mail.ru.

Ներկայացվել է՝ 18.05.2018թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 23.05.2018թ.