

Ջ.Ա. ՄԵԼԻՔՅԱՆ, Հ.Ս. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

**ՍՏՈՐԳԵՏՆՅԱ ԳԱԶԱՀՈՐԵՐԻ ԼՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ ԳԱԶԻ
ՋԵՐՄԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ
ՄԵԹՈԴ**

Շարադրված է ստորգետնյա գազահորերի լցման գործընթացներում կուտակված գազի քանակական և ջերմատեխնիկական պարամետրերի ճշգրիտ որոշման նոր մեթոդ և դրա մաթեմատիկական մոդելը, որոնցում հաշվի են առնված մղող կոմպրեսորների ոչ ստացիոնար արտադրողականությունը, գազահորում կուտակվող գազի ջերմաստիճանի և այլ պարամետրերի փոփոխականությունը, կուտակվող գազի և հորը շրջապատող գրունտային զանգվածի միջև տեղի ունեցող ոչ ստացիոնար ջերմափոխանակությունը մղման խողովակագծերում ու հորանում:

Առանցքային բառեր: ստորգետնյա գազահոր, կոմպրեսորային կայանք, պարամետր, զանգված, ջերմաստիճան, ճնշում, խտություն, հորան, գրունտային զանգված, արտադրողականություն, բազմաստիճանային սեղմում, բուֆերային գազ:

Զմեռային պայմաններում կտրուկ մեծանում է բնական գազի սպառումը, ինչը հանգեցնում է նրա մատակարարման անհավասարաչափության: Դրանից խուսափելու համար կիրառվում են ստորգետնյա գազահորեր, որոնցում ամառային պայմաններում մատուցվող ավելցուկային գազը կոմպրեսորների օգնությամբ սեղմվում և պահվում է բարձր ճնշման տակ՝ ձմռանն օգտագործելու նպատակով: Նման գազահորեր գոյություն ունեն նաև Երևանում:

Գազահորերի արդյունավետ շահագործումը պահանջում է դրանց լցման գործընթացում ճշգրիտ գնահատել գազի ջերմաֆիզիկական և քանակական պարամետրերը՝ ջերմաստիճանը, ճնշումը, խտությունը, կուտակված գազի իրական զանգվածը և այլն: Այս մեծությունների վերլուծական որոշման մեթոդներ ներկայումս, ըստ էության, գոյություն չունեն, իսկ գոյություն ունեցող նյութերը, քանակական խոշորացված բնութագրեր են, որոնք հիմնականում որոշվում են չափումների միջոցով: Գազի գների սպասվող կտրուկ աճի պայմաններում կարևոր խնդիր է դառնում գազահորերում պահվող գազի ճշգրիտ քանակների որոշումը: Քանի որ հայտնի մեթոդները չեն ապահովում բավարար ճշգրտություն, անհրաժեշտ է դառնում մշակել ճշգրտված մեթոդ, որը հնարավորություն կընձեռի վերլուծական եղանակով հաշվարկել վերը նշված պարամետրերը:

Ստորգետնյա գազահորերում գազի քանակական և որակական պարամետրերի որոշման մեթոդի ընդհանուր դրույթները: Ժամանակի ընթացիկ պահին դեպի գազահոր մղված և կուտակված գազի քանակը որոշվում է

$$G_{\text{Հոր}} = G_{\text{բուֆ}} + G_{\text{կ}} \cdot \tau \quad (1)$$

արտահայտությամբ, որտեղ $G_{\text{բուֆ}}$ -ը գազահորում մինչև լցումը պահվող բուֆերային գազի զանգվածն է, կգ, $G_{\text{կ}}$ -ն՝ կոմպրեսորի արտադրողականությունը, կգ/ժամ, τ -ն՝ ընթացիկ ժամանակը, ժ:

Ստորգետնյա պահեստարաններում պահվող գազի $G_{\text{Հոր}}$, կգ, քանակության որոշման համար կիրառվում է իրական գազի վիճակի թերմոդինամիկական հավասարումը՝

$$G_{\text{Հոր}} = \frac{P_{\text{Հոր}} V_{\text{Հոր}}}{Z_{\text{Հոր}} R T_{\text{Հոր}}} , \quad (2)$$

որտեղ $P_{\text{Հոր}}$ -ը գազի ճնշումն է լցման գործընթացի վերջում, $\mathcal{M}$, $V_{\text{Հոր}}$ -ը՝ հորի ֆիզիկական ծավալը, $\mathcal{M}^3$, $Z_{\text{Հոր}}$ -ը՝ հորում կուտակվող գազի սեղմելիության գործակիցը, R -ը՝ բնական գազի գազային հաստատունը, $\mathcal{M}/\text{kg}$, K , $T_{\text{Հոր}}$ -ը՝ գազի ջերմաստիճանը լցման գործընթացի վերջում, K :

Կիրառվող (2) հավասարման օգնությամբ $G_{\text{Հոր}}$ -ն որոշվում է ըստ տրված $P_{\text{Հոր}}$ -ի՝ ընդունելով, որ գազի ջերմաստիճանը հավասար է հորը շրջապատող գրունտային զանգվածի ջերմաստիճանին՝ լցման գործընթացի ամբողջ ընթացքում:

Սակայն ակնհայտ է, որ լցման գործընթացի ընթացքում հորում կուտակվող գազի վրա կատարվող մղման աշխատանքի, ինչպես նաև կուտակվող գազի և գրունտային անսահմանափակ զանգվածի միջև ջերմափոխանցման հետևանքով գազի ներքին էներգիան, հետևաբար և ջերմաստիճանը, լցման գործընթացի ընթացքում փոփոխվում են: Հայտնի մեթոդում այս գործընթացի ոչ ստացիոնարության հաշվի չառնելը հանգեցնում է հաշվարկային արդյունքների լուրջ սխալների:

Քանի որ գազի և՛ ճնշումը, և՛ ջերմաստիճանը լցման գործընթացի ընթացքում փոփոխվում են, ապա պահվող գազի զանգվածը նույնպես փոփոխական է ժամանակի ընթացքում:

Գազահորերի լցման ոչ ստացիոնար գործընթացը բնութագրելու համար ելնում ենք զանգվածի և էներգիայի պահպանման օրենքներից:

Զանգվածի պահպանման օրենքը ժամանակի ընթացիկ պահին ունի հետևյալ տեսքերը.

$$G_{\text{Հոր}} = G_{\text{բուֆ}} + \int_0^{\tau} G_{\text{կ}} d\tau \quad \text{կամ} \quad G_{\text{կ}} = \frac{dG_{\text{Հոր}}}{d\tau} : \quad (3)$$

Էներգիայի պահպանման օրենքը հիմնվում է թերմոդինամիկայի առաջին օրենքի վրա և գրվում է հետևյալ կերպ.

$$dQ_{(\tau)} = dU_{(\tau)} - \sum dU_{(\tau)} + dL_{(\tau)} , \quad (4)$$

որտեղ $dQ_{(0)}$ -ն ջերմության քանակն է, որն անցնում է գազից գրունտային զանգվածին կամ հակառակը, $\mathcal{M}$, $dU_{(\tau)}$ -ն՝ խառնուրդի ներքին էներգիան, $\mathcal{M}/\text{kg}$, $\Sigma dU_{(\tau)}$ -ն՝ գազերի ներքին էներգիաների հանրահաշվական գումարը խառնուրդից առաջ, $\mathcal{M}/\text{kg}$, $dL_{(\tau)}$ -ն՝ գազերի կատարած աշխատանքների հանրահաշվական գումարը (սեղմման աշխատանք, որը կատարում է տրվող գազը հորում եղած գազի վրա):

Ժամանակի τ ընթացիկ պահին գազահորում $G_{\text{Հոր}}$ գազի զանգվածի ներքին էներգիան կարելի է որոշել $U_{(\tau)} = c_v G_{\text{Հոր}} T_{\text{Հոր}}$ արտահայտությամբ:

Հորում գազի զանգվածը և ջերմաստիճանը որոշակի d (ժամանակահատվածում համապատասխանաբար հավասար կլինեն ($G_{\text{Հոր}}+dG_{\text{Հոր}}$) և ($T_{\text{Հոր}}+dT_{\text{Հոր}}$):

Հետևաբար, լցման գործընթացի ընթացիկ յուրաքանչյուր հաջորդ պահին խառնուրդի ներքին էներգիան՝

$$U_{(\tau+d\tau)} = c_v (G_{\text{Հոր}} + dG_{\text{Հոր}}) \cdot (T_{\text{Հոր}} + dT_{\text{Հոր}}) :$$

Այսպիսով, (4) հավասարման մեջ $dU_{(0)}$ -ն կորոշվի

$$dU_{(\tau)} = U_{(\tau+d\tau)} - U_{(\tau)} = c_v (G_{\text{Հոր}} + dG_{\text{Հոր}}) \cdot (T_{\text{Հոր}} + dT_{\text{Հոր}}) - c_v G_{\text{Հոր}} T_{\text{Հոր}}$$

արտահայտությամբ:

Ակնհայտ է, որ ժամանակի $d\tau$ հատվածում ներքին էներգիայի փոփոխությունը տեղի է ունենում լցվող գազի հետ բերվող էներգիայի հաշվին, որը որոշվում է

$$U_{\tau, l} = c_v G_l T_x d\tau$$

արտահայտությամբ:

Բացի դրանից, լցվող գազի կողմից հորում գտնվող գազի վրա կատարվում է աշխատանք, որի մեծությունը հաշվարկելու համար օգտվում ենք հետևյալ բանաձևից.

$$dL = -R c_v G_l T_x d\tau :$$

Ստացված արտահայտությունները տեղադրելով (4) հավասարման մեջ, ստանում ենք՝

$$dQ_{(\tau)} = c_v (G_{\text{զոր}} + dG_{\text{զոր}}) \cdot (T_{\text{զոր}} + dT_{\text{զոր}}) - c_v G_{\text{զոր}} T_{\text{զոր}} - c_v G_l T_x d\tau - R G_l T_x d\tau = c_v G_{\text{զոր}} T_{\text{զոր}} + c_v G_{\text{զոր}} dT_{\text{զոր}} + c_v dG_{\text{զոր}} T_{\text{զոր}} + c_v dG_{\text{զոր}} dT_{\text{զոր}} - c_v G_{\text{զոր}} T_{\text{զոր}} - c_v G_l T_x d\tau - R G_l T_x d\tau :$$

Անտեսելով $c_v dG_{\text{զոր}} dT_{\text{զոր}}$ երկրորդ կարգի անսահման փոքր մեծությունը, (4) հավասարումը որոշ ձևափոխություններից հետո ներկայացվում է հետևյալ տեսքով.

$$dQ_{(\tau)} = c_v G_{\text{զոր}} dT_{\text{զոր}} + c_v (T_{\text{զոր}} + k T_x) G_l d\tau , \quad (5)$$

որտեղ c_v –ն պահվող գազի միջին տեսակարար ջերմունակությունն է իզոխոր գործընթացում, $\frac{R}{\gamma} K$, k -ն՝ ադիաբատի ցուցիչը մեթան գազի համար, T_x -ը՝ գազահոր մտնող գազի ջերմաստիճանը, K :

Նախնական հետազոտությունները հիմնավորում են, որ մեթոդի բարձր ճշգրտության ապահովման համար պետք է մշակվի ամբողջ համակարգի մաթեմատիկական մոդելը և դրանում պետք է հաշվի առնվեն մեծ թվով գործոններ, որոնք խիստ ազդում են կուտակված գազի պարամետրերի վրա: Ըստ նախնական գնահատման, վերջիններս դասակարգվում են հետևյալ բլոկների ձևով:

1. Գազահորերի լցման գործընթացի ընթացքում հորի ճնշման անընդհատ մեծացման պատճառով կոմպրեսորների ոչ ստացիոնար արտադրողականության օրինաչափությունների մաթեմատիկական նկարագրությունը,

2. Գազահորում կուտակվող գազի ջերմաստիճանի փոփոխականությունը և, դրանից կախված, քանակության ֆլուկտուացիան,

3. Կուտակվող գազի և հորը շրջապատող գրունտային զանգվածի միջև տեղի ունեցող ոչ ստացիոնար ջերմափոխանակությունը,

4. Գազի պարամետրերի փոփոխականությունը մղման խողովակագծերում և փողում սեղմման ոչ ստացիոնար գործընթացում:

Նշված բոլոր բլոկների ազդեցությունը կուտակվող գազի ջերմաֆիզիկական և քանակական պարամետրերի վրա ճշգրիտ հաշվի առնելու համար պետք է նրանց փոխկապակցել մեկ ընդհանուր մաթեմատիկական մոդելի մեջ:

Գազահորերի լցման ոչ ստացիոնար գործընթացի ընթացքում կոմպրեսորների արտադրողականության փոփոխությունը հորի ճնշման անընդհատ մեծացման պատճառով: Լցման ընթացքում հորում անընդհատ մեծացող ճնշումը հանգեցնում է կոմպրեսորի ծավալային կորուստների ինդիկատորային և տաքացման գործակիցների փոքրացման, որի հետևանքով կոմպրեսորի արտադրողականությունն ըստ ժամանակի նույնպես փոքրանում է: Նշված ոչ ստացիոնար արտադրողականությունն արտահայտվում է

$$G_{\text{կ}} = f_1(\tau) = \frac{V_{\text{մխ}} \cdot \lambda_{(\tau)}}{V_{\text{մեր}}} \quad (6)$$

բանաձևով, որտեղ $G_{\text{կ}}$ –ն կոմպրեսորի արտադրողականությունն է ժամանակի տվյալ պահին, lq/v , τ –ն՝ հորի լցման ընթացիկ ժամանակը, lq/v , $V_{\text{մխ}}$ –ը՝ կոմպրեսորի մխոցի զծած ծավալը, l^3/lq , $v_{\text{մեր}}$ –ը՝ կոմպրեսորի մուտքում ներածվող գազի տեսակարար ծավալը, l^3/lq :

$\lambda_{(\tau)}$ –ն կոմպրեսորի մղման գործակիցն է, որը հաշվի է առնում բոլոր ծավալային կորուստները կոմպրեսորում և որոշվում է

$$\lambda_{(\tau)} = \lambda_{i(\tau)} \lambda_{w(\tau)} \lambda_H \quad (7)$$

արտադրյալով, որտեղ $\lambda_{i(\tau)}$ –ը, $\lambda_{w(\tau)}$ –ը և λ_H –ը համապատասխանաբար, կոմպրեսորի ինդիկատորային, տաքացման և արտաքին ծավալային կորուստների գործակիցներն են [1]:

Ըստ հետազոտությունների արդյունքների, կոմպրեսորի մղման (ω գործակիցը գնահատվում է

$$\lambda_{(\tau)} = \frac{T_{\text{մեր}}}{P_{\text{մեր}} \cdot T_{\text{կ}}} \cdot \lambda_H \cdot ((P_{\text{մեր}} - \Delta P_{\text{մեր}})(1+c) - c(P_{\text{կ}} - \Delta P_{\text{մղ}})) \quad (8)$$

արտահայտությամբ, որտեղ $P_{\text{մեր}}$ –ը ճնշումն է կոմպրեսորի մուտքում, η_w , $P_{\text{կ}}$ –ն՝ ճնշումը կոմպրեսորի ելքում, η_w , ($P_{\text{մեր}}$ –ը և ($P_{\text{մղ}}$ –ը՝ ճնշման կորուստները ներածման և մղման կափույրներում, η_w , $T_{\text{մեր}}$ –ը և $T_{\text{կ}}$ –ը՝ գազի բացարձակ ջերմաստիճանները կոմպրեսորի մուտքում և ելքում, K , c –ն՝ կոմպրեսորի հարաբերական մեռյալ ծավալը:

Որպես կանոն, գազահորերի լցման կոմպրեսորներն ունեն եռաստիճանային սխեմայով հաջորդաբար միացում, որի դեպքում գազի ճնշումն առաջին կոմպրեսորի ելքում փոփոխվում է և կախված է երրորդ կոմպրեսորի ելքում գազի ճնշման փոփոխությունից:

Հաշվի առնելով ճնշումների նշված փոխկախվածությունը, ինչպես նաև գազի պայն հիդրոստատիկ ճնշումը հորի ողղաձիգ փողում (gH , η_w , ճնշման կորուստները կոմպրեսորներից մինչև հոր մղման խողովակաշարում $\Delta P_{\text{շ}}$, η_w , հորի ողղաձիգ հորան ($P_{\text{փող}}$, η_w , և եռաստիճան հաջորդական միացման դեպքում, կոմպրեսորի $G_{\text{կ}}$, lq/v արտադրողականության որոշման համար, ստացվել է

$$G_{\text{կ}} = \frac{V_{\text{մխ}} T_{\text{մեր}}}{P_{\text{մեր}} v_{\text{մեր}} T_{\text{կ}}} \lambda_H \cdot ((P_{\text{մեր}} - \Delta P_{\text{մեր}})(1+c) + c \Delta P_{\text{կ}}) - \frac{V_{\text{մխ}} T_{\text{մեր}}}{P_{\text{մեր}} v_{\text{մեր}} T_{\text{կ}}} c \cdot \lambda_H \times \\ \times \left(\frac{z_{\text{շոք}} R_{\text{շոք}}}{V_{\text{շոք}}} G_{\text{շոք}} T_{\text{շոք}} - \rho g H + 0.241 \frac{c \cdot v^{0.25} (H \cdot d_{\text{շոք}}^{4.75} + L \cdot d_{\text{փող}}^{4.75})}{\rho^{0.75} \cdot d_{\text{փող}}^{4.75} \cdot d_{\text{շոք}}^{4.75}} \cdot G_{\text{կ}}^{1.75} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot P_{\text{մեր}}^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

արտահայտությունը, որտեղ $G_{\text{շոք}}$ –ը գազահորում կուտակված գազի զանգվածն է լցման գործընթացի վերջում, lq , v –ն՝ գազի կինեմատիկ մածուցիկության գործակիցը, l^2/lq , H –ը՝ ողղաձիգ փողի երկարությունը, l , L –ը՝ մղման խողովակազծի երկարությունը, l , ρ –ն՝ գազի խտությունը, lq/v^3 , $d_{\text{շոք}}$ –ն՝ կոմպրեսորներից մինչև հոր մղման խողովակաշարի տրամագիծը, l , $d_{\text{փող}}$ –ը՝ գազահորի փողի տրամագիծը, l :

Վերջին արտահայտության մեջ գազի ճնշման կորուստներն որոշումը կատարվել է Դարսի-Վեյսբախի, Բլազիուսի բանաձևերի կիրառմամբ, որոնցում գազի հոսքի տարբեր արագությունները որոշվել են Ռեյնոլդսի կրիտերիալ հավասարման միջոցով:

$$\begin{aligned}
\text{Նշանակելով } B_1 &= \frac{V_{\text{մխ}} T_{\text{մեր}}}{P_{\text{մեր}} V_{\text{մեր}} T_{\text{լ}}} \lambda_H \cdot ((P_{\text{մեր}} - \Delta P_{\text{մեր}})(1+c) + c \Delta P_{\text{լ}}), \\
B_2 &= \frac{V_{\text{մխ}} T_{\text{մեր}}}{P_{\text{մեր}}^{\frac{1}{3}} \cdot V_{\text{մեր}} T_{\text{լ}}} c \cdot \lambda_H, \quad B_3 = \frac{Z_{\text{չոթ}} R_{\text{չոթ}}}{V_{\text{չոթ}}}, \quad B_4 = \rho g H \quad \text{և} \\
B_5 &= 0.241 \frac{c \cdot v^{0.25} (H \cdot d_{\text{Շլ}}^{4.75} + L \cdot d_{\text{Փող}}^{4.75})}{\rho^{0.75} \cdot d_{\text{Փող}}^{4.75} \cdot d_{\text{Շլ}}^{4.75}},
\end{aligned}$$

Կոմպրեսորի արտադրողականության որոշման (9) հավասարումը կստանա հետևյալ տեսքը.

$$G_{\text{լ}} = B_1 - B_2 (B_3 \cdot G_{\text{չոթ}} T_{\text{չոթ}} - B_4 + B_5 \cdot G_{\text{լ}}^{1.75})^{\frac{1}{3}}: \quad (10)$$

Կոմպրեսորի $G_{\text{լ}}$ արտադրողականության որոշման համար ստացված իռացիոնալ (10) հավասարումը կարելի է լուծել մոտարկման եղանակով՝ ‘Մաթեմատիկա-5’ ծրագրի օգնությամբ: Կոմպրեսորի $G_{\text{լ}}$ արտադրողականության փոփոխման օրինաչափությունն ըստ հորի լցման ժամանակի (հաշվարկված (10) հավասարման միջոցով) պատկերված է նկ.1-ում:

Գազահորում կուտակվող գազի ջերմաստիճանի և քանակության փոփոխությունն արտահայտում ենք

$$G_{\text{չոթ}} \frac{dT_{\text{չոթ}}}{d\tau} + G_{\text{լ}} (T_{\text{չոթ}} - kT_X) = Q_{\text{զո}}$$

հավասարման միջոցով:

Ջերմային հոսքը, որը փոխանցվում է գազից գրունտին, կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով [2].

$$dQ = \pi(T_{\text{չոթ}} - T_o) d\tau / \left\{ \frac{1}{\alpha \cdot d^2} + \frac{1}{2\lambda_{\text{զո}}} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d + 2\delta_{(\tau)}} \right) \right\}, \quad (11)$$

որտեղ α -ն ջերմատվության գործակիցն է հորում գազի և գրունտային զանգվածի մակերևույթի միջև, $\nu_{\text{լ}}/m^2 K$, d -ն՝ հորի տրամագիծը, λ , $\lambda_{\text{զո}}$ -ը՝ գրունտային զանգվածի ջերմահաղորդականության գործակիցը, $\nu_{\text{լ}}/m K$, δ -ն՝ T_o նախնական իզոթերմիկ մակերևույթի ճակատի տեղափոխումը ժամանակի ընթացքում՝ ի հաշիվ գազ-գրունտային զանգված ջերմափոխանակության, λ , T_o -ն՝ գազահորի մակերևույթի ջերմաստիճանը մինչև լցումը, K :

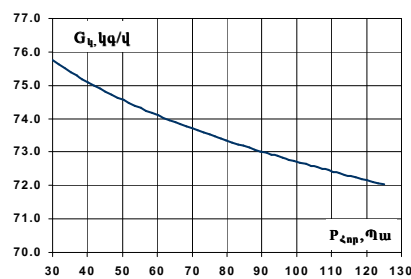
Քանի որ գազահորերում ջերմափոխանցումը գազի և գրունտային զանգվածի միջև իրականացվում է ազատ կոնվեկցիայով, ապա α ջերմատվության գործակիցը կարելի է որոշել հավասարմամբ:

$$\alpha = 0.105 \left(\frac{c_p \lambda^2 \rho g (T_h - T_{\text{չոթ}})}{\nu T_{\text{չոթ}}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (12)$$

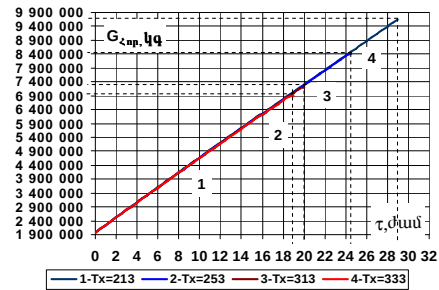
Մղման խողովակագծերում և հորանում սեղմման ոչ ստացիոնար գործընթացում գազի ջերմաստիճանի փոփոխության որոշման համար ստացել ենք հետևյալ հավասարումը.

$$T_x = T_{qH} + 0,033 \left[H - \frac{c_p \left(\frac{1}{\alpha d} + \frac{1}{2\lambda_{qp}} \ln \frac{d + 4\sqrt{a_{qp} \cdot \tau}}{d} \right) \frac{dG_{hnp}}{d\tau}}{\pi} \right] + (T_{xH} - T_{qH} + 0,033 c_p \left(\frac{1}{\alpha d} + \frac{1}{2\lambda_{qp}} \ln \frac{d + 4\sqrt{a_{qp} \cdot \tau}}{d} \right) \frac{dG_{hnp}}{d\tau}) \times \exp \left(\frac{-\pi H}{c_p \left(\frac{1}{\alpha d} + \frac{1}{2\lambda_{qp}} \ln \frac{d + 4\sqrt{a_{qp} \cdot \tau}}{d} \right) \frac{dG_{hnp}}{d\tau}} \right), \quad (13)$$

որտեղ c_p -ն պահվող գազի միջին տեսակարար ջերմունակությունն է իզոբար գործընթացում, α -ն՝ ջերմատվության գործակիցը գազի և հորանը շրջապատող գրունտային զանգվածի միջև, $\sqrt{a_{qp}/l^2 K}$, d -ն՝ փողի տրամագիծը, α_{qp} -ը, λ_{qp} -ը՝ գրունտի ջերմատիճանահաղորդականության և ջերմահաղորդականության գործակիցները, l^2/l , $\sqrt{a_{qp}/l^2 K}$:



Նկ.1: Կոմպրեսորի արտադրողականության G_k , կգ/վ, կախվածությունը հորում գազի փոփոխական ճնշումից $P_{ср}$, Պա



Նկ.2: Գազահոր լցվող գազի քանակի $G_{ср}$, կգ, փոփոխության գրաֆիկը՝ կախված հորի լցման ժամանակամիջոցից, τ , ժամ, և գազի ջերմաստիճանից հորի մուտքում, T_x , °K

Ջերմատվության α գործակիցը կախված է բազմաթիվ գործոններից, մասնավորապես կոմպրեսորի արտադրողականությունից: Այդ պատճառով վերջինիս որոշման համար օգտվել ենք նմանության տեսության Նյուտոնի, Ռեյնոլդսի, Պրանդտլի կրիտերիալ հավասարումներից և ստացել հետևյալ արտահայտությունը.

$$\alpha = \frac{0,0254 \cdot \lambda}{d^{1.8} \cdot \rho^{0.8} \cdot \nu^{0.37} \cdot a^{0.43}} \left(\frac{dG_{hnp}}{d\tau} \right)^{0.8} : \quad (14)$$

Վերոհիշյալ հավասարումների համակարգի լուծման միջոցով ստացվել է հետևյալ արտահայտությունը, որը հնարավորություն է տալիս հաշվարկելու հորում կուտակվող գազի քանակությունը G_{hnp} լցման գործընթացում բոլոր պարամետրերի և հորի կոնստրուկտիվ բնութագրերի փոփոխական արժեքների դեպքում.

$$\frac{d^2 G_{\text{չոք}}}{d\tau^2} + \left[\frac{B_2^3 B_3 \cdot k T_x}{3B_1^2 - 6B_1 \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right) + 3 \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right)^2 + 1.75 B_2^3 B_5 \cdot \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right)^{0.75}} - \frac{\pi}{G_{\text{չոք}} C_v \left(\frac{1}{\alpha d^2} + \frac{2\sqrt{a_{\text{գր}} \cdot \tau}}{d\lambda_{\text{գր}} (d + 4\sqrt{a_{\text{գր}} \cdot \tau})} \right)} \right] \times$$

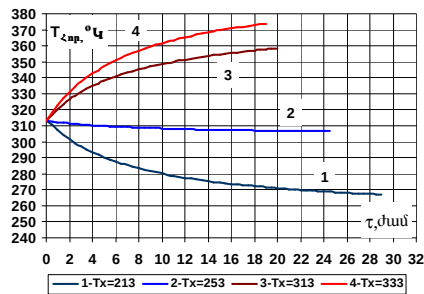
$$\left(\frac{3B_1^2 + 3B_1 \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right) - \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right)^2 + B_2^3 B_5 \cdot \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right)^{0.75}}{3B_1^2 - 6B_1 \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right) + 3 \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right)^2 + 1.75 B_2^3 B_5 \cdot \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right)^{0.75}} \right) \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right) = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{\alpha d^2} + \frac{2\sqrt{a_{\text{գր}} \cdot \tau}}{d\lambda_{\text{գր}} (d + 4\sqrt{a_{\text{գր}} \cdot \tau})} \right)} \times$$

$$\times \frac{(B_2^3 B_3 \cdot G_{\text{չոք}} T_0 - B_1^3 - B_4 B_2^3)}{G_{\text{չոք}} C_v \left(3B_1^2 - 6B_1 \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right) + 3 \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right)^2 + 1.75 B_2^3 B_5 \cdot \left(\frac{dG_{\text{չոք}}}{d\tau} \right)^{0.75} \right)}, \quad (15)$$

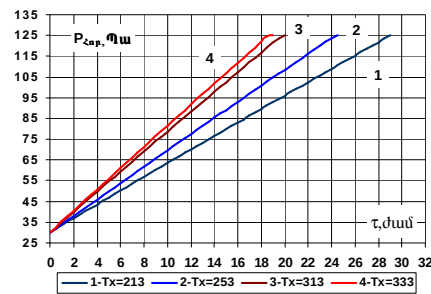
Ստացված (15) հավասարման լուծման համար անհրաժեշտ է օգտագործել հաշվիչ տեխնիկա, որի համար մշակվել է հաշվարկային ծրագիր՝ օգտագործելով ‘Մաթեմատիկա-5’ և ‘C++’ ծրագրային ապահովումները: Կուտակված գազի իրական քանակի $G_{\text{հոք}}$, նրա ջերմաստիճանի և ճնշման փոփոխություններն ըստ լցման գործընթացի տևողության τ , ժամ հաշվարկների արդյունքները, որոնք կատարվել են Երևանի $V=100000\text{մ}^3$ ծավալով ստորգետնյա գազահորերի պարամետրերի օրինակով, ներկայացված են գրաֆիկներով (նկ. 2,3,4):

Նկ.1-ի վերլուծությունն ապացուցում է, որ գազի մղման կոմպրեսորի արտադրողականությունը հորի լցման ընթացքում անընդհատ փոքրանում է, որի հաշվի առնելը հնարավորություն է տալիս ճշգրիտ որոշելու հորում վերջնական ճնշման՝ 125 մթն.-ին հասնելու ժամանակամիջոցը: Նկ.2-ում պատկերված է դեպի հոր մղված գազի իրական քանակությունը և լցման ժամանակամիջոցը: Ընդ որում, որքան ավելի ցածր է դեպի հոր մղվող գազի T_x ջերմաստիճանը, այնքան ավելի երկար է տևում լցման գործընթացը, որին համապատասխան չափով էլ մեծ է լինում կուտակված գազի զանգվածը $G_{\text{հոք}}$, կգ: Այս դրույթից հետևում է կարևոր եզրակացություն. տրված հաստատուն ծավալում կարելի է մղվող գազի զանգվածը մեծացնել, եթե գազը ենթարկվի նախնական սառեցման: Օրինակ՝ մղվող գազի նախնական $T_x=333\text{ K}$ ջերմաստիճանի տակ կուտակված գազի զանգվածը, համեմատած $T_x=213\text{ K}$ -ի հետ, մեծ է մոտ 27,8%-ով: Վերջինս հուշում է այն մասին, որ ստորգետնյա գազահորերի լցման գործընթացը նպատակահարմար է կազմակերպել դեպի հոր մղվող գազի նախնական սառեցման նոր տեխնոլոգիական գործընթացով:

Նկ.3-ում պատկերված է գազի ջերմաստիճանի փոփոխությունը հորի մեջ նրա լցման գործընթացում, ըստ ժամանակի: Գրաֆիկից հետևում է, որ հորում գազի սկզբնական ջերմաստիճանը, որն ընդունված է $T_0=313\text{ K}$, փոփոխվում է տարբեր օրինաչափություններով՝ կախված գազի T_x սկզբնական ջերմաստիճանից: Պարզվում է, որ կա մի ($T_x=256\text{ K}$) ջերմաստիճան, որի դեպքում հորի գազի ջերմաստիճանը համարյա չի փոխվում ամբողջ լցման գործընթացի ընթացքում: Դրանից մեծ T_x ջերմաստիճանների դեպքում հորի գազը տաքանում է, իսկ փոքրի դեպքում՝ սառչում: Նկ.4-ում ներկայացված է հորում գազի ճնշման փոփոխման դինամիկական լցման գործընթացի ընթացքում՝ կախված T_x ջերմաստիճաններից:



Նկ.3: Գազահորում գազի $T_{\text{comp}}, ^\circ\text{C}$, ցերմաստիճանի փոփոխության գրաֆիկ՝ կախված հորի լցման τ , ժամ, ժամանակից և գազի ցերմաստիճանից հորի մուտքում, $T_x, ^\circ\text{K}$



Նկ.4: Գազահորում գազի $P_{\text{comp}}, \text{MPa}$, ճնշման փոփոխության գրաֆիկ՝ կախված հորի լցման τ , ժամ, ժամանակից և գազի ցերմաստիճանից հորի մուտքում, $T_x, ^\circ\text{K}$

Հետազոտման արդյունքում կազմված այս գրաֆիկները կիրառելի են գազահորերի լցման գործընթացում պարամետրերի ճշգրիտ որոշման, հետևաբար և՛ հորերի նախագծման ու շահագործման գործընթացներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Кондрашова Н.Г.** Холодильно-компрессорные машины и установки. – М.: Высшая школа, 1973. – С. 109-113..
2. **Меликян З.А.** Централизованное теплохладоснабжение гражданских и промышленных сооружений. -М.: Стройиздат, 1985. – 145 с.

ԵրՃԾՊՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 27.11.2003 :

З.А. МЕЛИКЯН, А.С. КАЗАРЯН

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗА В ПРОЦЕССЕ НАГНЕТАНИЯ В ПОДЗЕМНОЕ ГАЗОХРАНИЛИЩЕ

Изложены метод и математическая модель для точного определения количественно-теплофизических параметров газа, аккумулированного в подземном хранилище, с учетом нестационарности производительности нагнетающих компрессоров, изменения температуры хранимого газа во времени, нестационарного теплообмена газа с окружающим грунтовым массивом и изменения параметров газа в горизонтальном шлейфе и вертикальной шахте подачи.

Z.A. MELIKYAN, H.S. GHAZARYAN

METHOD FOR DETERMINING GAS THERMAL-PHYSICAL AND QUANTITATIVE PARAMETERS IN THE COURSE OF ITS INJECTION INTO UNDERGROUND GAS STORE

A method and simulation model for determining correct values of thermal-physical and quantitative parameters of gas, stored in the underground gas store are proposed. In the model non-stable capacity of injecting compressors, change of temperature and other parameters of stored gas, non-stable heat exchange between the stored gas and surrounding ground massif are taken into account.