

საბადოთა დამუშავება და გამდიდრება

ო. ლანჩავა

**კაპიტალურ გვირაბებში სითბოსა და მასის მიმოცვლის არასტაციონარული კოეფიციენტების
 ექსპერიმენტული განსაზღვრის ერთი წესის შესახებ**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ძიძიგურმა 2.7.1981)

კაპიტალურ გვირაბში მოძრაობისას მაღაროს ჰაერის შინაგანი ენერგია იცვლება, რომლის მიზეზიც ძირითადად გვირაბის გარშემომცველ მასივსა და შახტურ წყლებთან სითბოსა და მასის მიმოცვლის პროცესია. ქვემოთ განვიხილავთ სამკომპონენტთან სისტემაში „მაღაროს ჰაერი-ქანთა მასივი - შახტური წყლები“ ენერგიის გადაწარმოების პროცესს სითბოსა და მასის მიმოცვლის თვალსაზრისით. ამასთანავე, გამოთქმების „მაღაროს ჰაერი“, „ქანთა მასივი“, „შახტური წყლები“, ნაცვლად ვისარგებლებთ - „ჰაერი“, „მასივი“, „წყალი“.

ჰაერის შინაგანი ენერგიის ნებისმიერი ცვლილება შეიძლება შეფასებული იქნეს მისი ენტალპიის ცვლილებით.

$$i = c_p t_c + 0,001 (595 + 0,47 t_c) d, \quad (1)$$

სადაც i არის ჰაერის ენტალპია, c_p - ჰაერის იზობარული თბოტევადობა, t_c - ჰაერის ტემპერატურა „მშრალი“ თერმომეტრის ჩვენების მიხედვით, $(595+0,47 t_c)$ — ორთქლადქცევის კუთრი ენტალპია, d — ჰაერის ტენშემცველობა.

ენტალპია ჰაერის მოლეკულების მოძრაობის კინეტიკური ენერგიის გარდა, რომელიც მაკროსკოპულად ტემპერატურითაა გამოხატული, ახასიათებს მოლეკულების ურთიერთქმედების პოტენციურ ენერგიას. პოტენციური ენერგია ამ შემთხვევაში დამოკიდებულია წყლის მოლეკულების რაოდენობაზე ჰაერში მაკროსკოპულად ტენშემცველობით გამოიხატება და ამდენად იგი. თავის თავში მოიცავს ფაზური გარდაქმნის თბურ ეფექტს.

ზემოაღნიშნულ სამკომპონენტთან სისტემაში ენერგიის გადაწარმოება შეიძლება მოხდეს ნებისმიერი გზით (კონვექცია, კონდუქცია, აორთქლება, კონდენსაცია). ენერგიის გადასვლის გზის მიუხედავად მაღალი პოტენციალის მქონე კომპონენტის (კომპონენტების) მიერ გადაცემული სითბოსა და მასის რაოდენობა ტოლია დაბალი პოტენციალის მქონე კომპონენტების (კომპონენტი) მიერ მიღებული სითბოსა და მასის რაოდენობისა.

შემოვიტანოთ აღნიშვნები

$$i_q = c_p t_c, \quad (2) \quad i_m = 0,001 (595 + 0,47 t_c) d, \quad (3)$$



სადაც i_q არის ჰაერის შინაგანი კინეტიკური ენერგია i_m — ჰაერის შინაგანი პოტენციური ენერგია.

(1), (2) და (3) ფორმულების მარჯვენა და მარცხენა მხარეები გავამრავლოთ გვირაბში გამავალი ჰაერის საშუალო მასურ რაოდენობაზე (\bar{G}). შესაბამისად მივიღებთ

$$Q = Q_q + Q_m, \quad (4) \quad Q_q = \bar{G} c_p t_c, \quad (5)$$

$$Q_m = 0,001 (595 + 0,47 t_c) d\bar{G}, \quad (6)$$

სადაც Q , Q_q , Q_m შესაბამისად არის ჰაერის მიერ ართმეული სითბოს საერთო რაოდენობა, „ცხადი“ სახის სითბო, „ფარული“ სახის სითბო; (\bar{G}) — ჰაერის საშუალო მასური რაოდენობა.

ამრიგად ჰაერის რაიმე (\bar{G}) რაოდენობის სრული შინაგანი ენერგია შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც „ცხადი“ და „ფარული“ სითბოს რაოდენობათა ჯამი.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ნებისმიერი სიგრძის გვირაბისათვის ან მისი უბნისათვის (5) და (6) ფორმულების საფუძველზე შეიძლება განვსაზღვროთ ჰაერის „ცხადი“ და „ფარული“ სითბოს რაოდენობათა ნაზრდი.

$$\Delta Q_q = \bar{G} c_p \Delta t_c, \quad (7)$$

$$\Delta Q_m = 0,001 (595 + 0,47 t_c) \Delta d\bar{G} = 0,001 \bar{G} r \Delta d, \quad (8)$$

სადაც Δt_c არის ჰაერის ტემპერატურის ნაზრდი გვირაბის უბნის ფარგლებში, \bar{t}_c — ჰაერის საშუალო ტემპერატურა გვირაბის უბნის ფარგლებში, r — ორთქლადქცევის კუთრი ენტალპია \bar{t}_c ტემპერატურის დროს.

სითბოსა და მასის მიმოცვლის პროცესი ზემოაღნიშნულ სისტემაში სითბური და მასური ნაკადების მიმართულების ხასიათის მიხედვით ოთხი გზით შეიძლება. განხორციელდეს: 1. ორივე ნაკადი მიმართულია მასივიდან ჰაერისაკენ; 2. ორივე ნაკადი მიმართულია მასივისაკენ; 3. სითბური ნაკადი მიმართულია ჰაერისაკენ, ხოლო მასური ნაკადი პირიქით; 4. სითბური ნაკადი მიმართულია მასივისაკენ, ხოლო მასური ნაკადი პირიქით. პრაქტიკულ ინტერესს იწვევს აღნიშნული სქემის 1 და 3 ვარიანტი, რადგან გვირაბის სითბური რეჟიმის პროგნოზს, რომელსაც ემსახურება წარმოდგენილი ნაშრომიც, ღრმა შახტებისათვის აზრი აქვს მხოლოდ მაშინ, როცა ჰაერის ტემპერატურა იზრდება. ორივე შემთხვევაში კომპონენტები მასივი - წყალი გასცემენ ფაზური გარდაქმნისათვის საჭირო ენერგიის ძირითად რაოდენობას.

საერთოდ უნდა აღნიშნოს, რომ მაღაროს ჰაერის ტემპერატურის და მასის გადატანის პოტენციალის ცვლილება მნიშვნელოვანწილად გაპირობებულია ატმოსფერული მოვლენებით. აღნიშნული პარამეტრები იცვლება არა მარტო სეზონურად, არამედ დღეღამის განმავლობაშიც. ამდენად, შესაძლებელია დროის შედარებით მცირე პერიოდში, მაგალითად, დღე-ღამეში სითბურმა და მასურმა ნაკადებმა რამოდენიმეჯერ შეიცვალონ მიმართულება. დროის შედარებით დიდ პერიოდში, მაგალითად, სეზონში. წელიწადში, მიუხედავად ჰაერის ტემპერატურისა და მასის გადატანის პოტენციალის სიდიდეთა ფლუქტუაციისა და ამის გამო სითბური და მასური ნაკადების მიმართულებათა ცვლისა, მასივი ძირითადად ცივდება და

შრება ე ი. თუ საბოლოო შედეგით ვიმსჯელებთ, სითბური და მასური ნაკადები მასივიდან და წყლებიდან უპირატესად მიმართულია ჰაერისაკენ.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სამკომპონენტთან სისტემაში სითბოსა და მასის მიმოცვლის პროცესის შედეგად ჰაერის მიერ ართმეული ენერგია შეიძლება განისაზღვროს (7) და (8) ფორმულების საშუალებით. აღნიშნული ენერგია გაცემულია მასივისა და წყლის მიერ და მისი რაოდენობრივი განსაზღვრა სითბოსა და მასის მიმოცვლის არასტაციონარული კოეფიციენტების მეშვეობით შესაძლებელია შემდეგი ფორმულებით

$$\Delta Q_q = K_{\tau} PL (\bar{t}_n - \bar{t}_c), \quad (9)$$

$$\Delta Q_m = 0,001 K_{\tau m} (PL - F) (\bar{\Theta}_n - \bar{\Theta}) r, \quad (10)$$

სადაც ΔQ_q არის მასივის მიერ კონვექციითა და კონდუქციით გადაცემული ენერგია, K_{τ} - არასტაციონარული სითბოს მიმოცვლის კოეფიციენტი, P — გვირაბის პერიმეტრი, L - გვირაბის სიგრძე, \bar{t}_n - მასივის საშუალო ბუნებრივი ტემპერატურა, \bar{t}_c მაღაროს ჰაერის საშუალო ტემპერატურა გვირაბის ფარგლებში „მშრალი“ თერმომეტრის ჩვენების მიხედვით, ΔQ_m - მასივის მიერ ფაზური გარდაქმნის შედეგად გადაცემული ენერგია, F - წყლის ზედაპირის ფართი გვირაბის ფარგლებში, $\bar{\Theta}_n$ - მასივის მასის გადატანის პოტენციალის საშუალო სიდიდე, $\bar{\Theta}$ - ჰაერის მასის გადატანის პოტენციალის საშუალო სიდიდე.

(9) ფორმულაში დიფერენცირებული არ არის სითბოს გაცემა შახტური წყლის ღია ზედაპირიდან, რადგან მისი ტემპერატურა პრაქტიკულად უტოლდება იმ მასივის ბუნებრივ ტემპერატურას, საიდანაც ისინი გადმოედინებიან. (10) ფორმულა ითვალისწინებს მხოლოდ მასივის მიერ გადაცემული „ფარული“ სითბოს რაოდენობას, რომლის განსაზღვრაც შედარებით რთულია, ხოლო აორთქლება სითბის ღია ზედაპირიდან კარგადაა შესწავლილი და შეიძლება აორთქლებული ტენის რაოდენობის დიდი სიზუსტით განსაზღვრა ჰაერის საერთო ტენშემცველობის ნაზრდს (Δd) თუ გამოვაკლებთ წყლის ღია ზედაპირიდან აორთქლებული ტენის რაოდენობას, მაშინ დარჩენილი სიდიდე (Δd_m) ჰაერის მიერ მასივისაგან მიღებული ტენის რაოდენობა იქნება აღნიშნულის გათვალისწინებით (8) ფორმულა მიიღებს სახეს

$$\Delta Q_m = 0,001 \bar{G} r \Delta d_m, \quad (11)$$

რომელიც გამოხატავს მასივისაგან ჰაერის მიერ ართმეული „ფარული“ ენერგიის რაოდენობას.

წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია $K_{\tau m}$ და K_{τ} კოეფიციენტების განსაზღვრა შახტური დაკვირვებების საფუძველზე (7), (9), (10) და (11) ფორმულების მარჯვენა მხარეში შემავალი სიდიდეების უშუალო განსაზღვრა შახტურ პირობებში არ არის დაკავშირებული დიდ სირთულეებთან. აღნიშნული ფორმულების გატოლებისა და მარტივი გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ კოეფიციენტების განსაზღვრავ ფორმულებს

$$K_{\tau} = \frac{\bar{G} \Delta t_c c_p}{PL (\bar{t}_n - \bar{t}_c)}, \quad (12)$$



$$K_{\sigma m} = \frac{\bar{G}\Delta d_m}{(PL - F)(\bar{\Theta}_n - \bar{\Theta})} \quad (13)$$

აქ ბუნებრივია ისმის კითხვა, გვაქვს თუ არა უფლება ჩავთვალოთ, რომ ჰაერის ცხადი სითბოს ნაზრდი გაპირობებულია მხოლოდ და მხოლოდ მასივის სითბოგამტარობით და მასში არავითარი წვლილი არა აქვს ტენის გადატანის პოტენციალის მიერ გამოწვეულ ფიზიკურ ეფექტებს? ამ კითხვაზე უარყოფითად უნდა ვუპასუხოთ, რადგან სითბოგამტარობის და მასის გატარების უნარი, რომელიც ქანს ახასიათებს, არ გამორიცხავს არც მასივში და არც საზღვარზე „მასივი“-ჰაერი შინაგანი ენერჯის ერთი სახიდან მეორეში გადასვლას. მართლაც „სუფთა თბოგამტარობის“ პროცესი ქანს არ ახასიათებს და ტემპერატურული გრადიენტი ყოველთვის იწვევს მასის გადატანის პოტენციალის წარმოშობას და პირიქით ე.ი. თუ მკაცრად ვიმსჯელებთ, სითბოგამტარობის მასივის მიერ გაცემული სითბოს რაოდენობა, რომელიც (9) ფორმულითაა წარმოდგენილი, არ არის ჰაერის მიერ ართმეული „ცხადი“ სითბოს რაოდენობის ტოლი, რომელიც (7) ფორმულით განისაზღვრება. ანალოგიურად, შეიძლება იმის დამტკიცებაც, რომ (10) და (11) ფორმულებით განსაზღვრული "ფარული" სითბოს რაოდენობები ერთმანეთს ტოლი არ იქნებიან.

საქმე ის არის, რომ აეროდინამიური სასაზღვრო შრის გარდა არსებობს სითბური და კონცენტრაციული (იგულისხმება წყლის მოლეკულების კონცენტრაცია) სასაზღვრო შრეები. თბოგადაცემის კოეფიციენტის და შესაბამისად K_{τ} - ს სიდიდე დამოკიდებულია სითბური სასაზღვრო შრის სისქეზე. თავის მხრივ სითბური სასაზღვრო შრის სისქე დამოკიდებულია კონცენტრაციული შრის სისქე [2]. ამგვარად, მასივსა და ჰაერს შორის ტემპერატურათა ერთნაირი სხვაობისას მასის გაცემის პროცესის ინტენსიურობაზე დამოკიდებით იცვლება „ცხადი“ სახის სითბოს გაცემა და შესაბამისად K_{τ} კოეფიციენტის სიდიდეც. სხვანაირად, მოცემული ტემპერატურული სხვაობისას არასტაციონარული თბოგადაცემის კოეფიციენტის სიდიდე დამოკიდებულია არასტაციონარული მასის გაცემის კოეფიციენტის სიდიდეზე და პირიქით. ორივე კოეფიციენტის ჯამური ეფექტი კი თავის მხრივ დამოკიდებულია მასივის უნარზე გაატაროს სითბო და ტენი. ფენომენოლოგიური თვალსაზრისით გამართლებულია ჰაერის „ცხადი“ სახის სითბო ჩავთვალოთ მასივის მიერ სითბოგამტარობით გაცემული ენერჯის ტოლფასად, ხოლო ყველა დანარჩენი ფიზიკური ეფექტი, რომელიც ტენგამტარობის არსებობით წამოიჭრება, მივაკუთვნოთ ამ უკანასკნელს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გ. წულუკიძის სახელობის სამთო
 მექანიკის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 3.7.1931)

РАЗРАБОТКА И ОБОГАЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИИ

О. А. ЛАНЧАВА

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ
 КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Р Е З Ю М Е



Предложены анализ протекания тепло- и массообменных процессов в трехкомпонентной системе «горный массив—шахтная вода—рудничный воздух» и формулы для экспериментального определения нестационарных коэффициентов тепло- и массообмена.

O. A. LANCHAVA

ON ONE TECHNIQUE OF EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE HEAT MASS EXCHANGE
NONSTATIONARY COEFFICIENTS IN PERMANENT WORKINGS

S u m m a r y

An analysis has been made of the course of the heat and mass exchange processes in the three-component system: rock mass, mine water, mine air, and formulae for the experimental determination of the heat and mass exchange nonstationary coefficient are proposed.

ლიტერატურა - ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Лыхов. Тепломассообмен. М. 1978.
2. Д. Бермац. ЖТФ, т. 29, №1. 1959.