

UDC 697.243

SCOPUS CODE 2105

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-1-157-169>

ხელნაკეთი შემის ღუმლის ენერგოეფექტიანობა

- თემურ მიქიაშვილი** თბოენერგეტიკის, ენერგოეფექტურობისა და ენერგოაუდიტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: temurmikiashvili@yahoo.com
- ომარ კიგურაძე** თბოენერგეტიკის, ენერგოეფექტურობისა და ენერგოაუდიტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: kiguradzeomar@gmail.com
- ბაადურ ჩხაიძე** თბოენერგეტიკის, ენერგოეფექტურობისა და ენერგოაუდიტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: bchkhaidze@yahoo.com

რეცენზენტები:

მ. რაზმაძე, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: marina.razmadze@mail.ru

ნ. ლაზაშვილი, სოფლის განვითარების სააგენტო, ეფექტური შემის ღუმლების პროექტის კოორდინატორი

E-mail: ninolazashvili@gmail.com

ანოტაცია. შემის ღუმლის ეფექტიანობის გაზრდა აქტუალური საკითხია აგრარული რაიონებისთვის მრავალ ქვეყანაში, სადაც მას გათბობისა და საკვების მოსამზადებლად იყენებენ. პრობლემა ტყის საფარის დაცვას უკავშირდება. საკითხი აქტუალურია საქართველოსთვისაც, სადაც ეფექტურად გამოიყენება რეგულაციები ტყის ჭრის შესამცირებლად, თუმცა, პრობლემის სრული გადაწყვე-

ტისთვის საჭიროა ასევე სოფლის რაიონებში ენერგოეფექტიანი ღუმლის საყოველთაოდ გამოყენება.

ნაშრომში მოცემულია შემის ღუმლის ეფექტიანობის კვლევის შედეგები, რომელიც მიღებულია ავტორების მიერ ათეული ექსპერიმენტის ჩატარებისა და მათემატიკური მოდელირების საფუძველზე. მასში ნაჩვენებია თბოინერციული მასალით ამოვსებული საცეცხლის მქონე შემის ღუმლის უპირატესობები და ნაკლოვანებები საქართველოში

წარმოებული და ფართოდ გავრცელებული ბუნებრივი წვეის ღუმელთან შედარებით; ხაზგასმულია ენერგოეფექტიანი ღუმლის გამოყენების აუცილებლობა ქვეყნის აგრარულ რაიონებში. ავტორთა აზრით საქართველოში წარმოებული და მოსახლეობისთვის ფართოდ ხელმისაწვდომი ღუმლის ეფექტიანობის გაზრდის უმარტივესი გზა მისი საცეცხლეების თბოინერციული მასალით ამოგებაა.

საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგიურობა; ეფექტიანობა; თბოდანაკარგები; ნახშირორჟანგი; ნახშირჟანგი; სითბური ბალანსი; ღუმელი; შეშა; წვა.

შესავალი

შემის ღუმლის ეფექტიანობის გაზრდა აქტუალური საკითხია აგრარული რაიონებისთვის მრავალ ქვეყანაში, სადაც მას გათბობისა და საკვების მოსამზადებლად იყენებენ. პრობლემა ტყის საფარის დაცვას უკავშირდება. საკითხი აქტუალურია საქართველოსთვისაც, სადაც ეფექტურად გამოიყენება რეგულაციები ტყის ჭრის შესამცირებლად, თუმცა, პრობლემის სრული გადაწყვეტისთვის საჭიროა ასევე სოფლის რაიონებში ენერგოეფექტიანი ღუმლის საყოველთაოდ გამოყენება. ამ მიზნით ქვეყანაში იყიდება უცხოური წარმოების შემის ღუმლები, რომელთა დანიშნულებაა მხოლოდ საცხოვრებელი სივრცის გათბობა. პრობლემას ამწვავებს ამ ღუმლების სიძვირე და ის, რომ მათი გამოყენება არ არის გათვალისწინებული საკვების მომზადებისთვის. ხელმისაწვდომი და გამოყენებისთვის მოხერხებული ღუმლების დეფიციტს მოსახლეობა ხელ-

ნაკეთი ღუმლებით ივსებს, რომელთა ფასი, ეფექტიანობა და ხანგამძლეობა ნაკლებია უცხოურ ანალოგებთან შედარებით.

აღნიშნულთან დაკავშირებით ადგილობრივი წარმოების შემის (ხელნაკეთი) ღუმლის გაუმჯობესება უმთავრესი ამოცანაა საქართველოში სოფლის მოსახლეობის ენერგეტიკული უზრუნველყოფისა და ტყის ჭრის შემცირებისთვის.

ძირითადი ნაწილი

კვლევის მიზანი

კვლევის მიზანია სოფლის მოსახლეობისთვის ხელმისაწვდომი შემის ღუმლის ეფექტიანობის გაზრდის მარტივი და იაფი კონსტრუქციულ-რეჟიმული შესაძლებლობების გამოვლენა და რეალიზება.

ხელმისაწვდომ ღუმლებს შორის საქართველოში ფართოდაა გავრცელებული ბუნებრივი წვეის ორსულიანი („სვანური“) შემის ღუმელი. ნაშრომში მოყვანილი შედეგები ემყარება აღნიშნული ღუმლის ექსპერიმენტულ და თეორიულ კვლევას, რომელშიც გამოყენებულია ღუმლის თბოტექნიკური გამოცდისა და მათემატიკური მოდელირების მეთოდები.

კვლევის მეთოდები და შედეგები

შემის ღუმლის საერთო ეფექტიანობას (სითბურ მქ კოეფიციენტს, ანუ სისტემის ეფექტიანობას) განსაზღვრავს ორი მთავარი ფაქტორი - წვისა და წვის პროდუქტებიდან გასათბობ სივრცეში თბოგადცემის ეფექტიანობა. წვის ეფექტიანობა დამოკიდებულია სათბობის წვადი ელემენტების ჟანგვის სრულყოფილ პროცესზე, რომლისთვისაც განმსაზღვრელია პროცესის უზრუნველყოფა ჟანგბადის

(ატმოსფერული ჰაერის) საჭირო რაოდენობით და პირობები შემის სრული ფიზიკური წვისთვის. თბოგადაცემის ეფექტიანობას კი განსაზღვრავს ღუმლის გარე ზედაპირების (გასათბობ გარემოსთან საკონტაქტო ზედაპირების) კონსტრუქციული შესრულება. ორივე ფაქტორზე უარყოფითად აისახება შემის წვის თავისებურება – სითბოს არათანაბარი გამოყოფა წვის პროცესში. ეს გულისხმობს სითბოს გამოყოფის სწრაფ ზრდას საწყის ეტაპზე (დიდი რაოდენობით გამოყოფილი აქროლადების წვა), პიკური მნიშვნელობების მიღწევას და თბოგამოყოფის შემცირებას წვის შემდგომ ეტაპზე (შედარებით ნელი ტემპით კოქსის წვა) - სურ. 1 [1,2]. თბოგამოყოფის ასეთი ხასიათი გამოწვეულია შემის ქიმიური შედგენილობით და დამახასიათებელია ბუნებრივი წვეის ღუმლისათვის, სადაც საცეცხლეში საწვავის ახალი პორციების შეტანა ხდება დისკრეტულად – მრავალჯერადი ერთჯერადი ჩატვირთვით „დანთებიდან ჩაქრობამდე“. შედეგად, ღუმლის სიმძლავრე წვის საწყის ეტაპზე მაქსიმალურია, შემდეგ კი მცირდება. ასეთი უთანაბრობა მნიშვნელოვნად ზრდის სითბოს დანაკარგს ნამწვი აირებით, განსაკუთრებით წვის საწყის ეტაპზე. როგორც ნატურული გამოცდები აჩვენებს, ამის მთავარი მიზეზია თბოგამოყოფის მაღალი სიჩქარე, რომელსაც ღუმლის ფიქსირებული კონსტრუქციის პირობებში¹ ვერ აბალანსებს თბოგაცემის ინტენსიურობა – ღუმლის ხურების ზედაპირებიდან ვერ ხერხდება აირების სითბოს სრული

არინება, რაც ზრდის ნამწვი აირების ტემპერატურას და, შესაბამისად, სითბოს დანაკარგს ატმოსფეროში გამავალი აირებით. ეს ეფექტი, ერთი მხრივ, ამცირებს ღუმლის სითბურ ეფექტიანობას, მეორე მხრივ კი ზედმეტად აცხელებს გასათბობ სივრცეს (ოთახს) და ქმნის დისკომფორტს, რომლის დასაძლევად ხშირად საჭირო ხდება სივრცის ხელოვნურად გაგრილება – ფანჯრის ან სარკმლის გაღება და ნამწვი აირებით ისედაც გაზრდილი თბოდანაკარგების მომატება დამატებითი დანაკარგებით ოთახიდან გარემოში. ბუნებრივი წვეის ხელნაკეთ ღუმელში შემის წვის აღწერილი უარყოფითი ეფექტი მთავარი გამოწვევაა, რომლის დასაძლევად გამოკვლეულია ღუმლის საცეცხლის თბოინერციული მასალით (შამოტი) ამოგების შემთხვევა.

კვლევის ამოცანაა იმის გარკვევა, შეიძლება თუ არა წვის უთანაბრობით გამოწვეული უარყოფითი ეფექტების სრულად ან ნაწილობრივ განეიტრალება თბოინერციული მასალით საცეცხლის ამოგების ხარჯზე და, ზოგადად, რა შედეგებს იძლევა საცეცხლის თბოინერციული ამოგება.

წინასწარი ვარაუდით, საცეცხლის თბოინერციულმა ამოგებამ უნდა შეამციროს თბოგამოყოფა ოთახში წვის პირველ („აგრესიულ“) ეტაპზე, რითაც დაცული იქნება კომფორტის პირობები; მეორე მხრივ, უნდა გამოიწვიოს სითბოს გამოყოფის გახანგრძლივება წვის დასრულებისას, რითაც ასევე გაუმჯობესდება გათბობის საერთო კომფორტულობა. თუმცა, ასევე მოსალოდნელია ღუმლის სით-

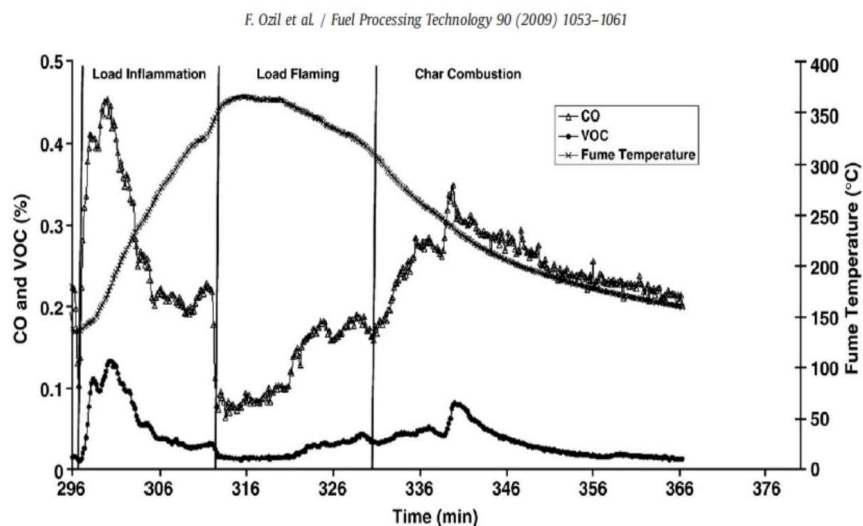
¹ფიქსირებული კონსტრუქცია – ღუმლის კონსტრუქცია, რომელსაც არ გააჩნია ცხელი აირების დამატებითი ტრაქტი და ხურების ზედაპირების დამატებითი სექციები, რომელთა ჩართვით ან გამორთვით შესაძლებელია თბოგაცემის რეგულირება ღუმლიდან გარემოზე.

ბური ეფექტიანობის გაუარესება მისი ეკოლოგიური მაჩვენებლების შესაძლო გაუმჯობესებით - იგულისხმება, რომ საცეცხლის ამოგებისას შენარჩუნებული იქნება წვის მაღალი ტემპერატურა, რაც შექმნის ხელსაყრელ პირობებს შემის სრული ქიმიური წვისა და, როგორც შედეგი, ნახშირჟანგის გამონაბოლქვის შემცირებისთვის.

კვლევის ობიექტად ნაშრომში გამოყენებული იყო საქართველოში დამზადებული ბუნებრივი წვის ორსვლიანი ღუმელი, რომელიც სექმატურად ნაჩვენებია მე-2, ა) სურათზე. ღუმლის ძირითადი

ნაწილებია: საცეცხლე (1); ფურნაკი კარით (2); აირსატარი ტრაქტი (3); სანაცრე (4); შემის ჩასატვირთი კარი (5) და საკვამლე მილი (6). წვისთვის საჭირო ჰაერი ღუმელს მიეწოდება ხვრელებით (7), რომლებიც დატანებულია ჩასატვირთ კარში.

ექსპერიმენტულად გამოიცადა ერთი ღუმელი ორი განსხვავებული კონსტრუქციული შესრულებით - პირველში საცეცხლე ამოგებული იყო თბოინერციული მასალით, მეორეში - არა. თბოინერციულ მასალად გამოყენებული იყო სხვადასხვა ზომის შამოტის აგური.



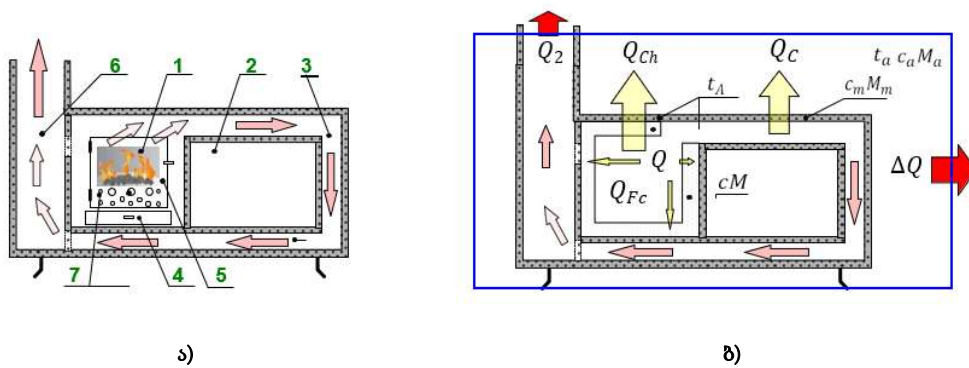
სურ. 1. სითბოს არათანაბარი გამოყოფის სურათი შემის წვის პროცესში [1]: ნახშირჟანგისა (CO)

და აქროლადი ორგანული შენაერთების (VOC) კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში;

Fume Temperature - საკვამლე აირების ტემპერატურა.

გამოცდისას ჰაერის მიწოდება საცეცხლეში არ რეგულირდებოდა - ის დამოკიდებული იყო საკვამლე მილით შექმნილი ბუნებრივი წვის ინტენსიუ-

რობაზე (ისე, როგორც საყოფაცხოვრებო პირობებში); ნამწვი აირების შედგენილობა იზომებოდა EN 16510 (2018) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად.



სურ. 2. ბუნებრივი წვეის ორსველიანი შეშის ღუმელი (საქართველო):
ა) კონსტრუქციული სქემა; ბ) სითბური ბალანსის სქემა მათემატიკური მოდელირებისთვის

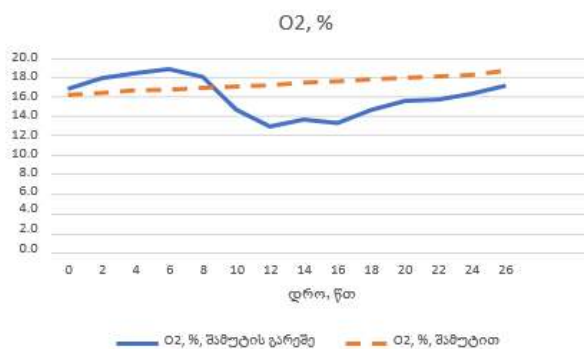
გამოცდის ძირითადი შედეგები, რომლებიც მიღებულია ავტორების მიერ ჩატარებულ 100-მდე ექსპერიმენტში, მოცემულია მე-3 სურათზე. როგორც სურათიდან ჩანს, საწყის ეტაპზე (წვის გაჩაღებისას), რომელიც გრძელდება დაახლოებით 10-12 წუთს, ჰაერის ბუნებრივი მიწოდება ღუმელში არათანაბარია, რასაც ადასტურებს ჟანგბადისა და ნახშირჟანგის პიკური კონცენტრაციები ორივე (ამოგებული და ამოუგებელი საცეცხლის) შემთხვევისთვის (სურ. 3, ა,ბ). შემდეგ ეტაპზე წვის პროცესი შედარებით მდგრადია და გვიჩვენებს ნახშირჟანგის კონცენტრაციის შემცირებას ამოგებული საცეცხლისთვის ამოუგებელთან შედარებით. რაც შეეხება ღუმლის სითბურ ეფექტიანობას (სისტემის ეფექტიანობას), ის შედარებით მაღალია ამოუგებელი საცეცხლისთვის, ვიდრე ამოგებულისთვის (სურ. 3, გ).

მიუხედავად ასეთი განსხვავებისა, ღუმლის ეფექტიანობაზე საცეცხლის ამოგების გავლენის მკაფიო შეფასება მხოლოდ ექსპერიმენტების საფუძველზე შეუძლებელია [3,4]. ამის მიზეზია ღუმელში მიწოდებული ჰაერის რაოდენობის ძლიერი დამოკიდებულება წვის ბუნებრივ ინტენსიურობაზე, რომე-

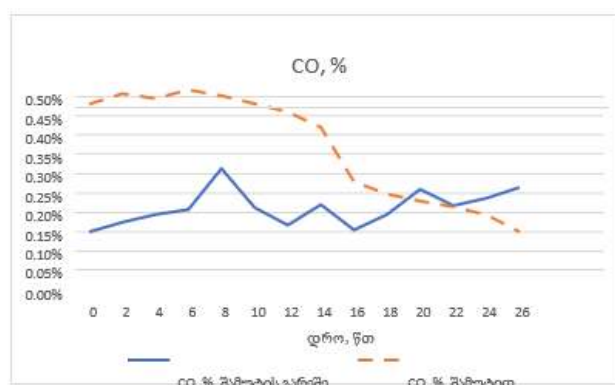
ლიც იცვლება სტოქასტურად და არსებითად განსაზღვრავს ღუმლის სითბურ ეფექტიანობას.

გავლენების საბოლოო დადგენისთვის შევიმუშავეთ მათემატიკური მოდელი, რომელიც მოცავს:

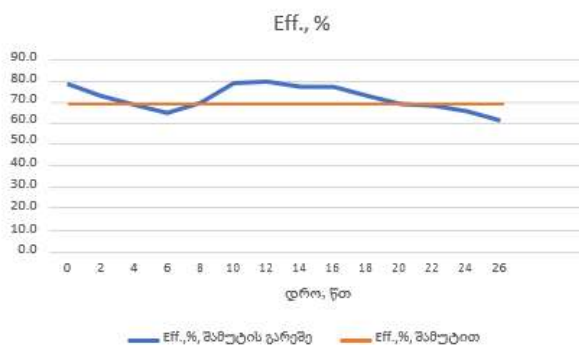
- წვის მოდულს, რომელშიც განისაზღვრება სათბობის თბოუნარიანობა წვის ქიმიურად სრული და სხვადასხვა ხარისხის არასრული წვის შემთხვევებისთვის, წვის ტემპერატურა, წარმავალი აირების რაოდენობა, შედგენილობა და კონცენტრაციები;
- თბოგადაცემის მოდულს, რომელშიც განისაზღვრება ოთახისთვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა საცეცხლის ზონიდან და „კონვექციური“ უბნიდან (ღუმლის გაყოფა საცეცხლის ზონად და კონვექციურ უბნად პირობითია);
- სითბური დანაკარგებისა და ეფექტიანობის განსაზღვრის მოდულს;
- ღუმლის სითბური ინერციულობის მოდულს (დინამიკურ მოდულს), რომელშიც განისაზღვრება საცეცხლეში თბოინერციული ამონაგების გამოყენების დინამიკური ეფექტი.



ა) ჟანგბადის მოცულობითი კონცენტრაცია ნამწვ აირებში



ბ) ნახიზანის მოცულობითი კონცენტრაცია ნამწვ აირებში



გ) ღუმლის სითბური ეფექტიანობა (სისტემის ეფექტიანობა)

სურ. 3. ზუნბრივი წვეის ორვლიანი ზეშის ღუმლის ექსპერიმენტული გამოცდის შედეგები

მოდელირებისთვის გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები და დამოკიდებულებები: Q_{Fc} – სითბური სიმძლავრე, რომელიც გამოიყოფა საცეცხლეში ზეშის წვის რეალურ პირობებში (ქიმიურად

და მექანიკურად არასრული წვის შემთხვევაში); Q_F – სათბობის „თეორიული“ სიმძლავრე იდეალურ პირობებში, როდესაც ქიმიურად და მექანიკურად არასრული წვა არ გვაქვს; Q – საცეცხლის

ამოსაგებ თბოინერციულ მასალასა და ლითონის კონსტრუქციაში აკუმულირებული სითბური სიმძლავრე²; Q_{Ch} – საცეცხლის ზონიდან ოთახისთვის გადაცემული სითბური სიმძლავრე; Q_c – ღუმლის დანარჩენი ნაწილისგან („კონვექციური“ უბნიდან) ოთახისთვის გადაცემული სითბური სიმძლავრე; ΔQ – თბოდანაკარგების სიმძლავრე ოთახიდან გარემოში; Q_2 – თბოდანაკარგების სიმძლავრე საკვამლე აირებით; t_A – ლითონის კონსტრუქციისა და თბოსაიზოლაციო მასალის ტემპერატურა, რომელიც გასაშუალოებულია სისქის მიხედვით; c_m , M_m – ლითონის სითბოტევადობა და მასა; c , M – თბოინერციული მასალის სითბოტევადობა და მასა; t_a , c_a , M_a – გასათბობი ოთახის ჰაერის ტემპერატურა, სითბოტევადობა და მასა.

მოდელში გამოყენებულია შემდეგი დამოკიდებულილები:

- ოთახის (სათავსის) გათბობის სითბური სიმძლავრე – $Q_H = Q_{Ch} + Q_c \equiv \Delta Q$;
- სითბური ბალანსის განტოლება – $Q_F = Q_H + Q + Q_2$;
- ღუმლის სითბური ინერციის სიმძლავრე – $Q = (c_m M_m + cM) \frac{dt_A}{d\tau}$, სადაც τ არის $d\tau$ დროის მიმდინარე მნიშვნელობა;
- თბოდანაკარგების სიმძლავრე ნაშვში აირებით $Q_2 = Q_{Fc} - Q_H + Q$;
- ოთახში აკუმულირებული სითბური სიმძლავრე $Q_H - \Delta Q = C_a M_a \frac{dt_a}{d\tau}$;

- წვის პროცესის ეფექტიანობა (წვის მქოვეფიციენტი) $\eta_{Comb} = Q_{Fc}/Q_F$;
- საცეცხლე კამერის ეფექტიანობა (მქ) $\eta_{Ch} = Q_{Ch}/Q_{Fc}$;
- კონვექციური ნაწილის ეფექტიანობა (მქ) $\eta_c = Q_c/(Q_{Fc} - Q_{Ch})$;
- თბოგადაცემის მაჯამებელი ეფექტიანობა (მქ) $\eta_{ex} = \eta_{Ch} + \eta_c - \eta_{Ch}\eta_c$;
- ღუმლის მაჯამებელი სითბური ეფექტიანობა (სისტემის ეფექტიანობა) –
 $\eta_S = \eta_{Comb}\eta_{ex} = \eta_{Comb}(\eta_{Ch} + \eta_c - \eta_{Ch}\eta_c)$.

სითბური ეფექტიანობის შეფასება მოდელირებით იმის გასარკვევად, თუ რა შედეგს იძლევა შემის ღუმლის საცეცხლის ამოგება თბოინერციული მასალით, ჩატარდა მოდელირება ამოგებული და ამოუგებელი შემთხვევებისთვის.

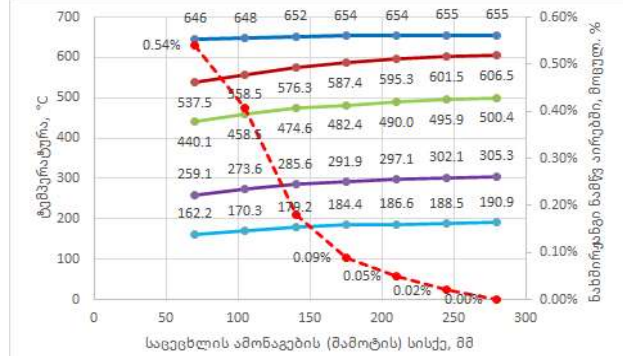
მე-4 სურათზე ნაჩვენებია აირების ტემპერატურის ცვლილება ღუმლის ტრაქტის საკვანძო უბნებზე წვის ნაწარმში ნახშირჟანგის (CO) შემცველობის შემცირებისას, როდესაც ეს მიიღწევა: ა) ამოუგებელ საცეცხლეში ჰაერის მიწოდების გაზრდით და ბ) ამოგებულ საცეცხლეში ამონაგების სისქის გაზრდით.

როგორც სურათიდან ჩანს, აირის ტემპერატურები ამოგებული საცეცხლის მქონე ღუმელში მნიშვნელოვნად აღემატება ამოუგებელი ღუმლის შემთხვევას. ეს განაპირობებს წარმავალი აირების ტემპერატურის ზრდას, რის გამოც წარმავალი აირებით სითბოს დანაკარგი ამოგებულ ღუმელში უფრო მეტია, ვიდრე ამოუგებელში.

²ღუმლის „სითბური ინერციის სიმძლავრე“. ამ სითბოს აკუმულირება მიმდინარეობს ღუმლის დანთების საწყის ეტაპზე, როდესაც ცხელი აირების სითბოს ნაწილი აკუმულირდება ლითონსა და თბოინერციულ მასალაში. ის იწყებს გამოთავისუფლებას წვის დასრულებისას, რა დროსაც ემატება ოთახისთვის ღუმლისგან გადაცემულ სითბოს.



ა)

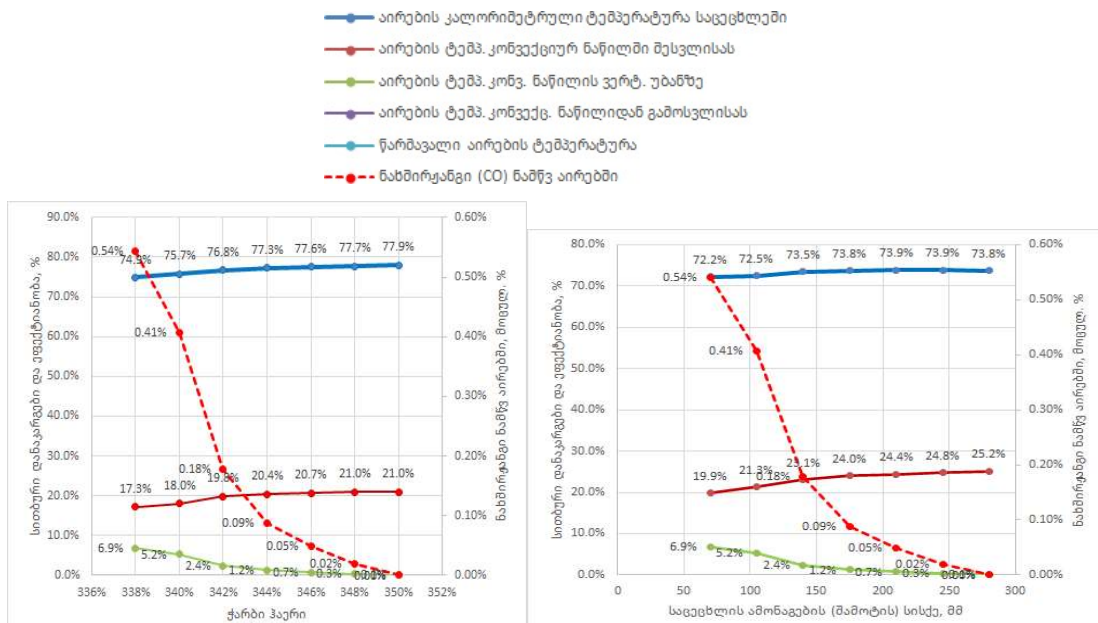


ბ)

სურ. 4. აირების ტემპერატურის ცვლილება ღუმლის ტრაქტში წვის ნაწარმში ნახშირჟანგის შემცველობის ცვლილებისას:

ა) ნახშირჟანგის შემცველობა მცირდება ამოღებულ საცეცხლეში ჰაერის მიწოდების გაზრდით;

ბ) ნახშირჟანგის შემცველობა მცირდება ამოღებულ საცეცხლეში ამონაგების სისქის გაზრდით;

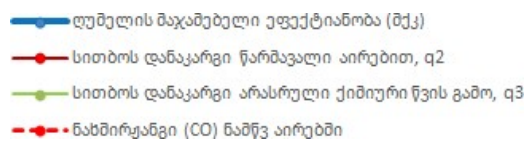


ა)

ბ)

სურ. 5. სითბური დანაკარგებისა და მაჯამებული ეფექტიანობის დამოკიდებულება ჰარბი ჰაერისა და ამონაგების სისქის მნიშვნელობებზე:

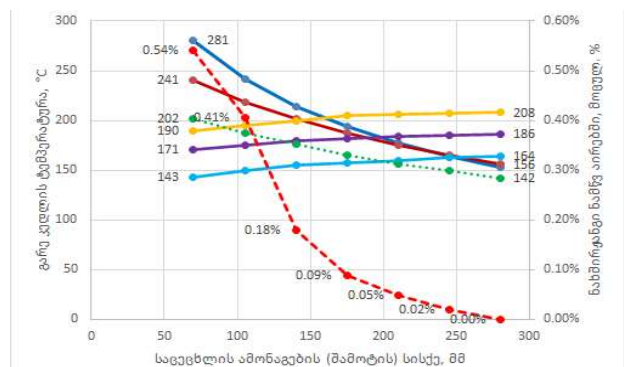
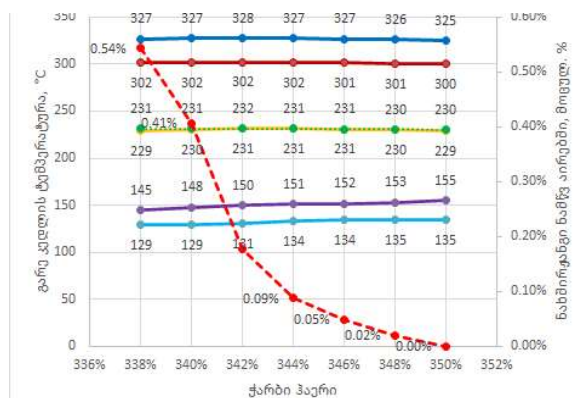
ა) ღუმელი საცეცხლის ამოღების გარეშე; ბ) ღუმელი საცეცხლის ამონაგებით;



მე-5 სურათზე ნაჩვენებია სითბური დანაკარგებისა და მაჯამებელი ეფექტიანობის დამოკიდებულება ჭარბი ჰაერისა და ამონაგების სისქის მნიშვნელობებზე, შესაბამისად, ამოგებული და ამოუგებელი ღუმლებისთვის; ღუმლის მაჯამებელი ეფექტიანობა ამოუგებელ შემთხვევაში უფრო მეტია, ვიდრე ამოგებულში, რაც შეესაბამება ადრე გამოთქმულ ვარაუდს. ამ შედეგის ერთ-ერთი მიზეზია ღუმლის ხურების ზედაპირის მაღალი ტემპერატურები ამოუგებელ შემთხვევაში ამოგებულთან შედარებით, რაც აძლიერებს თბოცვლას ღუმელსა და ოთახს (გასათბობ სივრცეს) შორის.

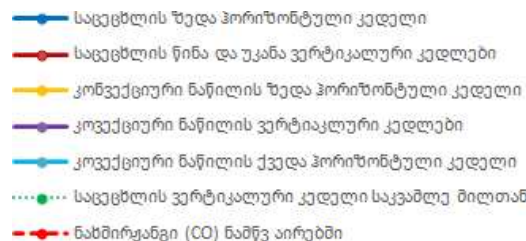
მე-6 სურათზე ნაჩვენებია ღუმლის გარე კედლების ტემპერატურა ცალკეულ უბნებზე

ა) ამოუგებელ და ბ) ამოგებულ შემთხვევებში. ტემპერატურის ცვლილების მკვეთრად განსხვავებული ხასიათი ამოგებულ ღუმლისთვის გამოწვეულია იმით, რომ ამონაგების სისქის ზრდასთან ერთად მცირდება საცეცხლიდან ოთახში გადასული სითბოს რაოდენობა. თუმცა ეს, ნაწილობრივ, კომპენსირდება კონვექციური ნაწილიდან გაცემული სითბოს ზრდით. აღნიშნულს შეესაბამება საცეცხლისა და კონვექციური ნაწილების სითბური ეფექტიანობის (მეკ-ის) ცვლილების ხასიათები (სურ. 7). სურათიდან ჩანს, რომ ამოუგებელი საცეცხლის ეფექტიანობა აღემატება ამოგებულის ეფექტიანობას, ხოლო კონვექციური ნაწილის ეფექტიანობა პრაქტიკულად ერთნაირია ორივე შემთხვევაში.



სურ. 6. ღუმლის გარე კედლების ტემპერატურა ამოუგებელი

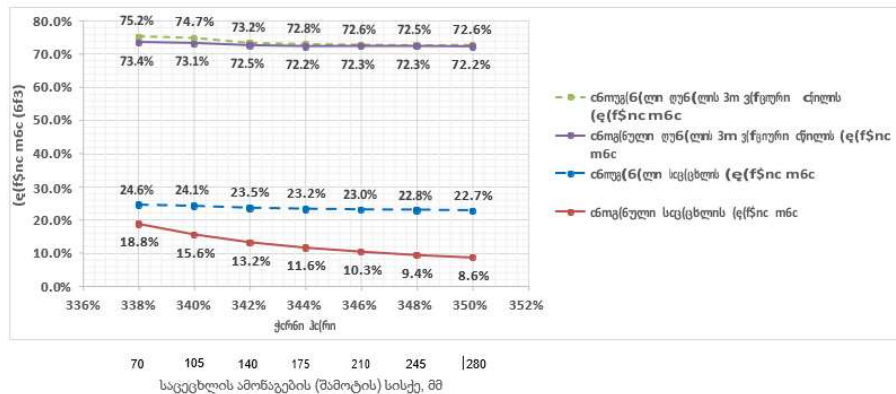
(ა) და ამოგებულ (ბ) საცეცხლის პირობებში:



დინამიკური მოდელირება

როგორც აღვნიშნეთ, საცეცხლის ამოგების ერთ-ერთი მიზანი ღუმლის სითბური ინერციულობის გამიზნული ცვლილებაა, რაც ითვალისწინებს წვის არათანაბრობით გამოწვეული უარყოფითი ეფექტების განეიტრალებას და გათბო-

ვის კომფორტულობის გაზრდას. იმის გასარკვევად, თუ რამდენადაა შესაძლებელი აღნიშნული მიზნის მიღწევა, ავტორთა მიერ ჩატარდა ღუმლის არაერთი გახანგრძლივებული გამოცდა, რომელიც გრძელდებოდა 5-7 საათს.

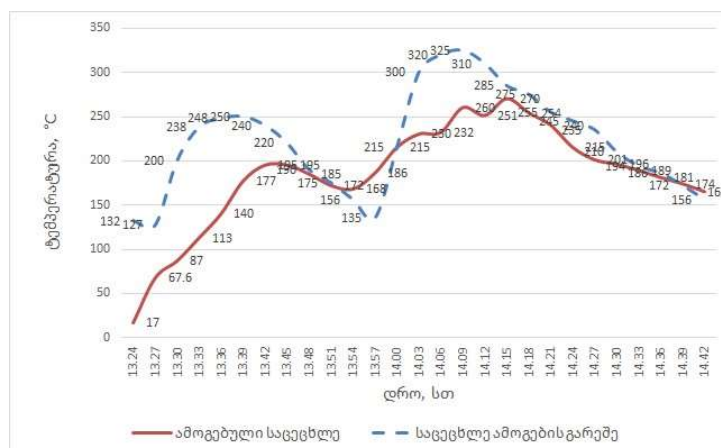


სურ. 7. ღუმლის საცეცხლისა და კონვექციური ნაწილის სითბური ეფექიანობა ამოუგებელ და ამოგებულ პირობებში

მე-8 სურათზე ნაჩვენებია საცეცხლის ზედა ჰორიზონტალური კედლის გარე ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილების ექსპერიმენტული სურათი ამოუგებელი (ა) და ამოგებული (ბ) ღუმლისთვის. ის ადასტურებს მნიშვნელოვან განსხვავებას ტემპერატურებს შორის ამოუგებელი საცეცხლის სასარ-

გებლოდ, რაც ამოგებული საცეცხლის გაზრდილი სითბური ინერციულობის შედეგია.

აქვე ჩანს გაზრდილი ინერციულობის მეორე ეფექტი – წვის პროცესის დროში დაყოვნება 5-7 წუთით (ამონაგების სისქე ამ დროს არის 70 მმ).

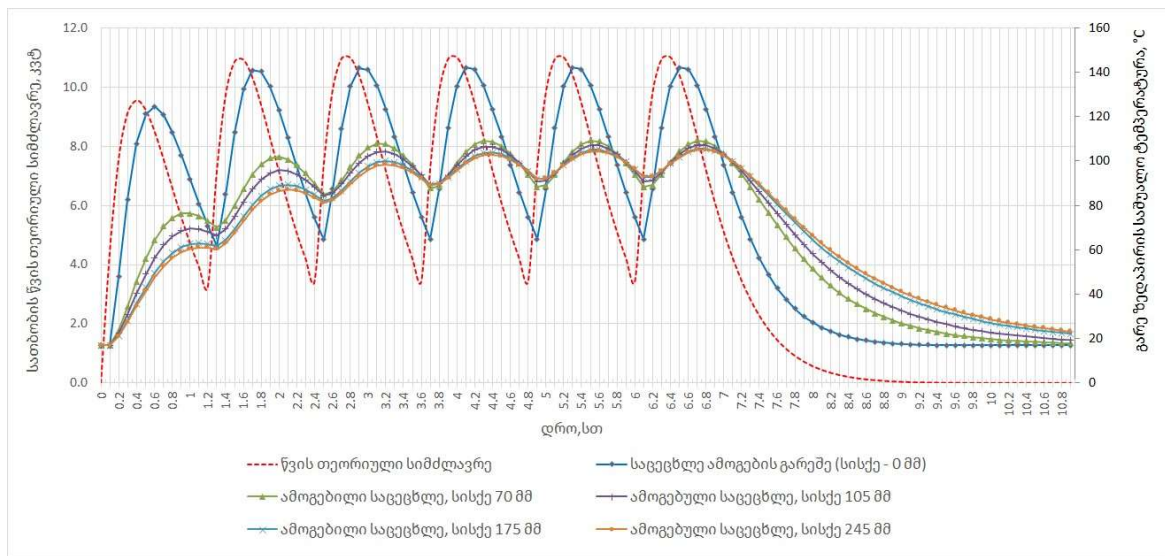


სურ. 8. საცეცხლის ზედა ჰორიზონტალური კედლის გარე ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება წვის ორ თანამიმდევრულ ციკლში ამოუგებელი (ა) და ამოგებული (ბ) ღუმლისთვის

დინამიკის მოდელი, რომელიც შედგენილ იქნა დამატებითი შედეგების მისაღებად, ითვალისწინებს საცეცხლეში სითბოს არათანაბარი გამოყოფის იმიტირებას წვის თეორიული სიმძლავრის დროში ცვლილების პირსონის კანონით (χ^2 - განაწილება).

მოდელირების შედეგები ღუმლის 6-ჯერ დათბობით ნაჩვენებია მე-9 სურათზე, საიდანაც ჩანს, რომ დათბობისას ამოგებული ღუმლის გაცხელებას

მაქსიმალურ ტემპერატურამდე სჭირდება 60-75%-ით მეტი დრო, ვიდრე ამოუგებელს, ხოლო ჩაქრობის ეტაპზე 20°C-მდე გასაგრილებლად – 60-130%-ით მეტი დრო, ვიდრე ამოუგებელს. ამასთან ერთად, ამონაგების სისქის ყოველი 10 სმ-ით გაზრდისას ღუმლის გაცხელებისა და გაგრილების დროები (დანთებისა და ჩაქრობის ეტაპებზე) იზრდება შესაბამისად 5 და 120 წუთით (0.5 წთ/სმ, 12 წთ/სმ).



სურ. 9. ამოუგებელი (0 მმ) და ამოგებული (70-245 მმ) საცეცხლის მქონე ღუმლის გარე ზედაპირის საშუალო ტემპერატურის დინამიკა ამონაგების სხვადასხვა სისქის დროს

ინერციულობის ასეთი სურათი ზედაპირის საშუალო ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად, რაც ახასიათებს ამოგებული საცეცხლის მქონე ღუმლის მუშაობას, ზრდის გათბობის პროცესის კომფორტულობას და მისი მნიშვნელოვანი უპირატესობაა ამოუგებელი ღუმლების მიმართ.

დასკვნა

ჩატარებულმა კვლევებმა იმ გავლენის შესწავლისთვის, რომელსაც ბუნებრივი წვის შემთხვევაში ღუმ-

ლის ეფექტიანობაზე ახდენს საცეცხლის თბოინერციული ამოგება, აჩვენა, რომ ამას აქვს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მხარე და ოპტიმალური კონსტრუქციის შესარჩევად საჭიროა გააზრებული კომპრომისი.

თბოინერციული ამოგების დადებითი მხარეა ის, რომ მისი გამოყენებისას საცეცხლეში მიიღწევა აირების შედარებით მაღალი ტემპერატურა, რაც ქმნის ხელსაყრელ პირობებს შემთხვევითად სრული დაწვისთვის და ამცირებს ნახშირჟანგის კონცენ-

ტრაციას საკვამლე აირებში. ანალოგიური ეფექტის მიღება შესაძლებელია ამოუგებელ საცეცხლეშიც, თუმცა, ამისათვის საჭიროა წვისთვის საჭირო ჰაერის მიწოდების გაზრდა, რაც ბუნებრივი წვეის ღუმელში, სადაც არ არის გათვალისწინებული ჰაერის მიწოდების რეგულირება, პრაქტიკულად შეუძლებელია (ამასთანავე ეს გამოიწვევდა გამავალი გაზით სითბოს დანაკარგების გაზრდას). შესაბამისად, წვის ეკოლოგიურობის თვალსაზრისით ამოგებული საცეცხლის მქონე ბუნებრივი წვეის შეშის ღუმელი თანაბარ პირობებში (ტოლი სიმძლავრისა და ანალოგიური დიზაინისას) ცალსახად უკეთესია ამოუგებელ ღუმელზე. მისი უარყოფითი მხარეა ის, რომ სითბური ეფექტიანობით რამდენადმე ჩამოუვარდება ამოუგებელ ღუმელს. თუმცა, ეს არ არის იმდენად მნიშვნელოვანი განსხვავება, რომ გაანეიტრალოს ამოგებული

ღუმლის ეკოლოგიური უპირატესობები გარემოს დაცვის დღევანდელი მოთხოვნების პირობებში.

მეორე უპირატესობად ამოგებული ღუმლისთვის შეიძლება ჩაითვალოს გაზრდილი სითბური ინერციულობა, რომელიც დანთების ეტაპზე ამცირებს მისი ზედაპირების „ზალპური გაცხელების“ და ოთახის გადაჭრებული გათბობის ეფექტს, ხოლო ჩაქრობის ეტაპზე ახანგრძლივებს ოთახში სითბოს გამოყოფას, რაც ერთმნიშვნელოვნად დადებითი ფაქტორებია გათბობის კომფორტულობის გაზრდისთვის.

ამრიგად, საქართველოში წარმოებული და აგრარული რეგიონების მოსახლეობისთვის ფართოდ ხელმისაწვდომი ღუმლის ეფექტიანობის გაზრდის უმარტივესი გზა მისი საცეცხლის თბოინერციული მასალით ამოგებაა.

ლიტერატურა

1. Ozil, F., Tschamber, V., Haas, F., Trouve, G. (2009). Efficiency of catalytic process for the reduction of CO and VOC emissions from wood combustion in domestic fireplaces. *Fuel Processing Technology*, 90(9), 1053-1061. DOI:10.1016/j.fuproc.2009.03.019
2. Kighuradze, O., Chkhikvadze, T. (2018). *Guideline document (draft) for testing household wood-burning stoves*. International scientific conference – Agricultural and transport vehicles: development perspectives considering the modern requirements of standardization and quality management. A. Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia. (In Georgian);
3. Kighuradze, O. (1982). *Thermal technical test of boiler units (support manual)*. (In Georgian);
4. Lazashvili, N., Kighuradze, O., Jishkariani, T. (2011). Household wood-burning stoves and demand for firewood in household farming. *Energy*, 4(60).

UDC 697.243

SCOPUS CODE 2105

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-1-157-169>

Energy Efficiency of Homemade Wood Stove

Temur Mikiashvili	Department of Thermal Energy, Energy Efficiency and Energy Audit, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str. E-mail: temurmikiashvili@yahoo.com
Omar Kighuradze	Department of Thermal Energy, Energy Efficiency and Energy Audit, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str. E-mail: kiguradzeomar@gmail.com
Baadur Chkhaidze	Department of Thermal Energy, Energy Efficiency and Energy Audit, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str. E-mail: bchkhaidze@yahoo.com

Reviewers:

M. Razmadze, Associate Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: marina.razmadze@mail.ru

N. Lazarashvili, Agency of Rural Development, Efficient Wood Stoves Project Coordinator

E-mail: ninolazashvili@gmail.com

Abstract. The results of the study of the energy effectiveness of wood stoves, which were obtained by the authors based on dozens of experiments and mathematical modeling are presented. It shows the advantages and disadvantages of wood-burning stoves with fireboxes internally covered by fire bricks versus typical stoves (without fire bricks) produced and widely distributed in Georgia. The necessity of using energy-efficient stoves in agrarian areas of the country is emphasized. According to the authors, the easiest way to increase the efficiency of stoves manufactured in Georgia and widely available to the population is to cover their combustion chambers (fireboxes) internally with thermally inertial material – fire bricks.

Keywords: burning; carbon dioxide; carbon oxide; ecology; heat balance efficiency; heat losses; stove; wood.

განხილვის თარიღი 05.12.2023

შემოსვლის თარიღი 07.12.2023

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 22.03.2024