

## ძლიერი ხანძრების FDS მოდელირება გვირაბების კომბინირებული ვენტილაციის პირობებში

ომარ ლანჩავა<sup>1</sup>, გიორგი ნოზაძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup> შრომის უსაფრთხოებისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

<sup>2</sup> საბაგრო გზების ლაბორატორია, გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

### აბსტრაქტი

განხილულია ერთგვირაბიანი ორმხრივი მოძრაობის საავტომობილო გვირაბი, რომლის ცრუ ჭერში მოწყობილია ერთმანეთის პარალელური და ერთმანეთისაგან იზოლირებული ორი სავენტილაციო არხი. სტანდარტულ პირობებში გამოიყენება კომბინირებული - ნახევრად განივი ვენტილაციის სისტემა. სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება გვირაბის გასწვრივ განივი სქემით, ხოლო გაჭუჭყიანებულის არინება გრძივი სქემით - სატრანსპორტო გვირაბის პორტალებიდან. ხანძრის შემთხვევაში როგორც ჰაერის მიწოდება, ისე მისი არინება ხდება განივი სქემით, მითითებული სავენტილაციო არხებით. 50-100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის მიწისქვეშ განვითარების სცენარები შესწავლილია 400 მ სიგრძის გვირაბის მონაკვეთისათვის FDS მოდელირების საფუძველზე. ნაშრომში წარმოდგენილია ანალოგიური სიმძლავრის ხანძრების განვითარება და დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელების დინამიკა ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში. რიცხვითი მოდელირების დროს მოქმედებს როგორც ჩვეულებრივი, ისე სახანძრო ვენტილაცია. ორივე ვენტილაცია, როგორც უკვე აღინიშნა მოქმედებს ნახევრადგანივი პრინციპით. სავენტილაციო ფანჯრებში ენერგიული მექანიკური გაწოვისა და მოქნილი სავენტილაციო ცეცხლგამძლე ბარიერების გამოყენების შედეგად შესაძლებელია ნამწვი აირების გავრცელების შეფერხება, რითაც შესაძლებელია ევაკუაციის ეფექტურობის ამაღლება სიცოცხლის გადასარჩენად. ანალოგიურ პირობებში შემთხვევათა განხილვის ცალსახობისათვის შემოტანილია ფანჯრებში გაწოვის კრიტიკული სიჩქარე, რომლის კრიტიკული რიცხვითი სიდიდე პირველი მიახლოებით აკმაყოფილებს უტოლობას  $u_{c,exh} \geq 20$  მ/წმ. ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი ბარიერების გამოყენებით შესაძლებელია შევადგინოთ წვის პროდუქტების უკონტროლო გავრცელება გვირაბის სავალი ნაწილის გასწვრივ, რაც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული უბედურების ზონაში მოქცეული ადამიანების ევაკუაციასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებების მიღების დროს.

საკვანძო სიტყვები: ხანძრის განვითარება მიწისქვეშ, კრიტიკული სიჩქარე, კომბინირებული ვენტილაცია, უკუდინება, FDS მოდელირება.

## 1. შესავალი

განხილულია ერთგვირაბიანი ორმხრივი მოძრაობის საავტომობილო გვირაბი, რომლის ცრუ ჭერში მოწყობილია ერთმანეთის პარალელური და ერთმანეთისაგან იზოლირებული ორი სავენტილაციო არხი. სტანდარტულ პირობებში გამოიყენება კომბინირებული - ნახევრად განივი ვენტილაციის სისტემა. აღნიშნული სისტემის პირობებში, სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება მითითებული ერთ-ერთი სავენტილაციო არხით გვირაბის გასწვრივ განივი სქემით. გვირაბში სუფთა ჰაერის მისაწოდებლად აღნიშნული არხის ფსკერზე, რომელიც იმავდროულად არის სატრანსპორტო გვირაბის ჭერი, მოწყობილია სავენტილაციო ფანჯრები. გაჭუჭყიანებული ჰაერის არინება იმავე სტანდარტულ პირობებში ხდება საავტომობილო გვირაბის გასწვრივ გრძივი წესით გვირაბის სავალი ნაწილის პორტალების გამოყენებით. ამ შემთხვევაში მეტ-ნაკლებად მიღწევადია ვენტილაციის განივი სისტემისათვის დამახასიათებელი უფრო მეტი უსაფრთხოების მიღწევა შედარებით ნაკლები დანახარჯებით. აღნიშნული უპირატესობა გამოვლინდება სახანძრო ვენტილაციის ამოქმედების შემთხვევაში.

სახანძრო ვენტილაციის პირობებში სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება აღწერილი წესით. წვის პროდუქტებით გაჯერებული ჰაერის არინება კი ხდება ჰაერმიმწოდებელი არხის პარალელური მეორე იზოლირებული არხით. გაჭუჭყიანებული ჰაერი იმავდროულად ცდილობს ინერციით გააგრძელოს მოძრაობა ძირითადი სატრანსპორტო გვირაბით. ამოცანა არის გაჭუჭყიანებული ჰაერის მოძრაობის შეფერხება გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის ხელოვნურად გაზრდის გზით იმ მიზნით, რომ ევაკუაცია იქნეს შესაძლებელი ნამწვი აირების ადამიანებზე წამოწევის გარეშე მათი მოძრაობის გზაზე ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში. ამ დროს გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის ხელოვნურად გაზრდა ხდება მოქნილი ხანძარსაწინააღმდეგო ცეცხლგამძლე ბარიერის საშუალებით, რომელიც დაცულია საქართველოს პატენტით P 2022 7371 [1].

## 2. თეორია

ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელზე მცირე სიმძლავრის ხანძრის განვითარების სხვადასხვა სცენარების ანალიზის გზით თომასმა შეამჩნია [2], რომ წვის პროდუქტები ხანძრის კერის ორივე მხარეზე ვრცელდებოდა. წვის პროდუქტების ვენტილაციის საპირისპირო გავრცელების მანძილი, ანუ უკუდინების სიგრძე სავენტილაციო სიჩქარის გაზრდით თანდათან კლებულობდა და გარკვეულ სიჩქარეზე, რომელსაც კრიტიკული სიჩქარე ეწოდა, მთლიანად ქრებოდა. თომასის ექსპერიმენტების დროს ხანძრის სიმძლავრისა და ჰაერის ხარჯის მცირე მასშტაბების გამო დაშვება იმის შესახებ, რომ სუფთა ჰაერი და წვის პროდუქტები თანაბრად ერეოდა ერთმანეთში, სამართლიანი იყო [3]. თომასი აღნიშნულ დაშვებაზე დაფუძნებით აგრეთვე აღნიშნავდა, რომ კრიტიკული სიჩქარე 3 მ/წმ უმეტესი გვირაბებისათვის საკმარისი იყო უკუდინების თავიდან ასაცილებლად. იმავე სიდიდის

კრიტიკული სიჩქარეები მითითებულია სხვა ნაშრომებშიც [4, 5], რაც ნაშრომებში [6-10] ჩვენ არ გავიზიარეთ დადებითი მიმართულების სავენტილაციო ნაკადებისათვის, მაგრამ თვით კრიტიკული სიჩქარის ცნება მნიშვნელოვანია სახანძრო ვენტილაციის დასამუშავებლად, ხანძრის წინააღმდეგ ბრძოლის საქმეში და სიცოცხლის გადასარჩენად. ჩვენ ვიყენებთ კრიტიკულ სიჩქარეს და განსაზღვრული გვაქვს მისი რიცხვითი სიდიდეები ბუნებრივი ვენტილაციის პირობებში [11].

კრიტიკული სიჩქარე ჰორიზონტალური გვირაბებისათვის განისაზღვრება ფორმულით

$$u_c = k \left( \frac{g \dot{Q}_c H}{\rho_0 c_p T A} \right)^{1/3} \quad (1)$$

სადაც  $u_c$  არის კრიტიკული სიჩქარე, მ/წმ;  $k$  - პროპორციულობის მუდმივა;  $g$  - გრავიტაციული აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;  $\dot{Q}_c$  - კონვექციური სითბო, კვტ;  $H$  - გვირაბის სიმაღლე, მ;  $\rho_0$  - გარე აირის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>;  $c_p$  - ჰაერის კუთრი თბოტევადობა, კჯ/(კგ·K);  $T$  - კვამლის საშუალო ტემპერატურა, K;  $A$  - გვირაბის განივი კვეთის ფართობი, მ<sup>2</sup>.

პროპორციულობის მუდმივა განისაზღვრება ფრუდის კრიტიკული რიცხვით

$$k = Fr_c^{-1/3} \quad (2)$$

ფრუდის კრიტიკული რიცხვი განისაზღვრება ფორმულით

$$Fr_c = \frac{\Delta \rho g H}{\rho_0 u_c^2} \quad (3)$$

სადაც  $\Delta \rho$  არის სიმკვრივეთა სხვაობა გარე ჰაერსა და კვამლს შორის, კგ/მ<sup>3</sup>. დანარჩენი სიდიდეები განიმარტა ზემოთ.

ხანძრის მიერ გამოყოფილი კონვექციური სითბო განისაზღვრება ფორმულით

$$\dot{Q}_c = \rho_0 c_p u_0 A \Delta T \quad (4)$$

სადაც  $u_0$  არის გრძივი ვენტილაციის საწყისი სიჩქარე, მ/წმ;  $\Delta T$  - ტემპერატურათა სხვაობა კვამლსა და გარე ჰაერს შორის, K.

კვამლის საშუალო ტემპერატურა განისაზღვრება ფორმულით

$$T = T_0 + \frac{\dot{Q}_c}{\rho_0 c_p A u_c} \quad (5)$$

სადაც  $T_0$  არის გარე ჰაერის ტემპერატურა, K. დანარჩენი სიდიდეები განიმარტა ზემოთ.

ხანძრის საერთო სიმძლავრე განისაზღვრება კონვექციური სითბოს მიხედვით ფორმულით

$$Q = 1.43 \dot{Q}_c \quad (6)$$

უკუდინების სიგრძე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$\frac{L_b}{H} = 18.5 \ln(u_{cs}/u_c) \quad (7)$$

სადაც განმარტებული სიდიდეების გარდა  $L_b$  არის უკუდინების სიგრძე, მ;  $u_{cs}$  - კრიტიკული სიჩქარე დახრილ გვირაბში, მ/წმ.

მიუხედავად იმისა, რომ აღწერილი სახანძრო ვენტილაციის სქემა გულისხმობს გაჭუჭყიანებული ჰაერის გრძივი წესით არინებაზე ხელის აღებას და ჭუჭყიანი ჰაერის არინების განივ პრინციპზე გადაყვანას, გაჭუჭყიანებული ჰაერის სატრანსპორტო გვირაბის გავლით გრძივ მოძრაობას მაინც აქვს ადგილი კლასიკური (თომასის მიერ შემოღებული) კრიტიკული სიჩქარის  $u_c$  რიცხვითი სიდიდის მიუხედავად, რადგან ჰაერი აგრძელებს მოძრაობას ინერციით იმავე ან მასთან მიახლოებული სიჩქარით.

წნევის ცვალებადობა კი ვრცელდება ბგერის სიჩქარით, რაც მნიშვნელოვანია სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრებში ენერგიული მექანიკური გაწოვის შედეგების მისაღებად. აღნიშნული ენერგიული გაწოვა გამოიწვევს კრიტიკული სიჩქარის ( $u_c$ ) რიცხვითი სიდიდის შემცირებას, რაც აგრეთვე შეამცირებს წვის მავნე პროდუქტების გავრცელებას გვირაბის სავალი ნაწილის გასწვრივ. აღნიშნული დებულება დაადასტურა რიცხვითი მოდელირების შედეგებმა. ანალოგიურ პირობებში შემთხვევათა განხილვის ცალსახობისათვის შემოგვაქვს ფანჯრებში გაწოვის კრიტიკული სიჩქარის ( $u_{c,exh}$ ) ცნება. მისი კრიტიკული რიცხვითი სიდიდე პირველი მიახლოებით აკმაყოფილებს უტოლობას  $u_{c,exh} \geq 20$  მ/წმ.

აღნიშნული უტოლობა ძალაშია როგორც ჰორიზონტალური, ისე დახრილი გვირაბების პირობებში.

### 3. მოდელირების შედეგები და დისკუსია

ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევები შესრულებულია FDS მოდელირების საფუძველზე 400 მ სიგრძის გვირაბის მონაკვეთისათვის. ძირითადი სატრანსპორტო გვირაბის განივი კვეთის ფართობი შეადგენს 57.5 მ<sup>2</sup>. გვირაბის სავენტილაციო სისტემა წარმოდგენილია ნახევრად განივი სავენტილაციო სქემით. სტანდარტული ვენტილაციის უზრუნველსაყოფი სავენტილაციო არხის განივი კვეთი შეადგენს 8 მ<sup>2</sup>. აღნიშნულ არხში მოწყობილია 0.175 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სავენტილაციო ფანჯრები, რომელთა შორის მანძილი შეადგენს 15 მ და რომელთა მეშვეობითაც ხდება სუფთა ჰაერის მიწოდება გვირაბში როგორც ჩვეულებრივი რეჟიმის დროს, ისე ხანძრის პირობებში. 0.175 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სავენტილაციო ფანჯრების საერთო რიცხვი ყოველ შესრულებულ მოდელზე შეადგენს 26 ცალს. სახანძრო სავენტილაციო არხის განივი კვეთი შეადგენს 10 მ<sup>2</sup>, არხის ფსკერზე (ანუ სატრანსპორტო გვირაბის ჭერში) მოწყობილია 8 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრები ერთმანეთისაგან 90 მ მანძილზე. ყოველ მოდელზე ანალოგიური ფანჯრების საერთო რიცხვი შეადგენს 5 ცალს. ჩვეულებრივ პირობებში სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრები დახურულია და გვირაბის ვენტილაცია ხდება კლასიკური ნახევრად-განივი წესით: ჰაერის მიწოდება ხდება მითითებული 8 მ<sup>2</sup> ფართობის სავენტილაციო არხით და 0.175 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სავენტილაციო ფანჯრებით, ხოლო გაჭუჭყიანებული ჰაერის არინება ხდება გრძივი წესით, სატრანსპორტო გვირაბის მეშვეობით. ხანძრის პირობებში, როგორც უკვე აღინიშნა, ჰაერის მიწოდების სქემა უცვლელია, ხოლო გაჭუჭყიანებული ჰაერის არინების გრძივი სქემა იცვლება განივით. განივ სქემაზე გადასვლა ხდება 8 მ<sup>2</sup> ფიქსირებული ფართობის მქონე სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრების გაღებით და გაჭუჭყიანებული ჰაერის გაწოვით სახანძრო არხის გავლით.

ნაშრომში წარმოდგენილია 50-100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების განვითარება და დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელების დინამიკა ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში. რიცხვითი მოდელირების დროს მოქმედებს როგორც ჩვეულებრივი, ისე სახანძრო ვენტილაცია. ორივე ვენტილაცია, როგორც უკვე აღინიშნა მოქმედებს ნახევრადგანივი პრინციპით.

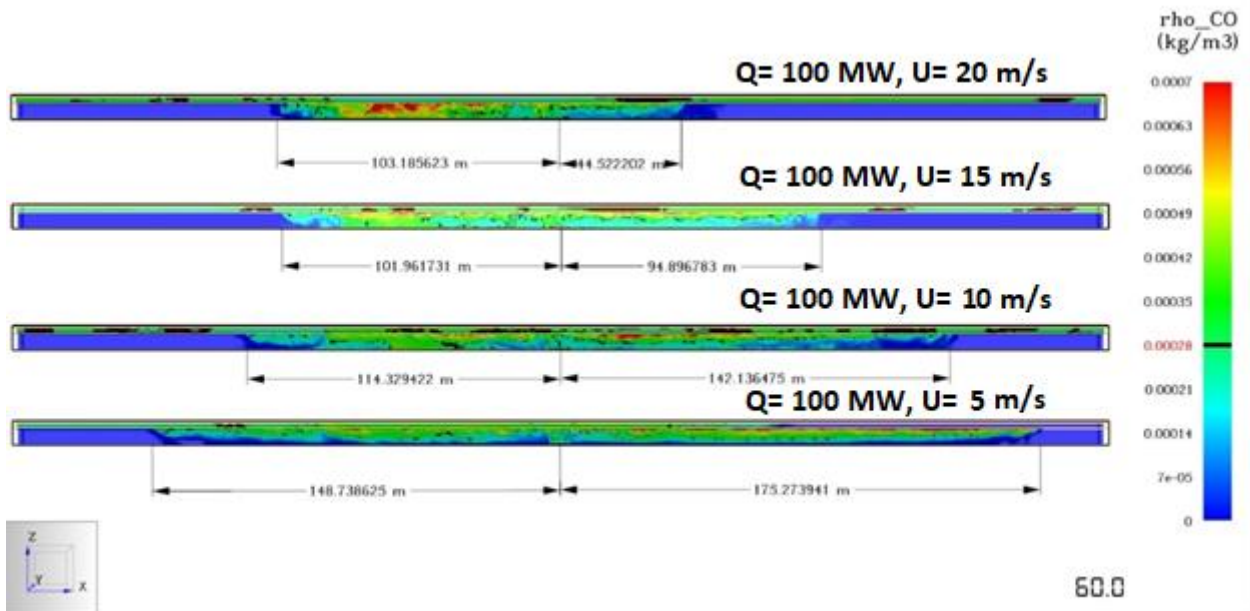
რიცხვითი კვლევის შედეგების პრაქტიკაში გამოყენების ინტერესებიდან გამომდინარე, მომზადდა და რეალიზებულ იქნა ხანძრის განვითარების რამდენიმე ძირითადი სცენარი: N1 - ხანძარი მიმდინარეობს, როდესაც ერთობლივად ფუნქციონირებენ სტანდარტული და სახანძრო ვენტილაცია. ღია სახანძრო ვენტილაციისათვის საჭირო 8 მ<sup>2</sup> განივი კვეთის მქონე ფანჯარა, რომელიც განლაგებულია მარცხენა პორტალის მხარეზე ცეცხლის კერიდან 90 მ მანძილზე. N1 სცენარის დროს მოქნილი ცეცხლგამძლე ბარიერი ამოქმედებული არ არის.

N2 სცენარი სრულად იმეორებს N1 სცენარს, N2 სცენარში ღია სახანძრო ფანჯარასთან დამატებით, ცეცხლის კერიდან 94 მ მანძილზე, მარცხენა პორტალის მხარეზე, ამოქმედებულია მოქნილი ცეცხლგამძლე ბარიერი.

N3 სცენარი - ხანძრის მიმდინარეობისას სტანდარტული და სახანძრო ვენტილაცია ერთობლივად ფუნქციონირებენ, ღია სახანძრო ვენტილაციისათვის საჭირო ორი ფანჯარა. ერთი მათგანი ამოქმედებულია ცეცხლის კერიდან 90 მ მანძილზე მარცხენა პორტალის მხარეზე, ხოლო მეორე მათგანი - ცეცხლის კერიდან 109 მ მანძილზე მარჯვენა პორტალის მხარეზე. ორივე სავენტილაციო ფანჯარასთან, ცეცხლის კერიდან მოშორებით, პორტალების მხარეებზე ამოქმედებულია თითო ცალი მოქნილი ცეცხლგამძლე ბარიერი.

ყოველი სცენარის შემთხვევაში დაცული იყო შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობები: ჩვეულებრივი სტანდარტული ვენტილაციისა და სახანძრო ვენტილაციის მოდელირება ითვალისწინებდა ჰაერის რაოდენობის 33 %-ით ზრდას წვის პროდუქტების მატების ხარჯზე ისეთნაირად, რომ სუფთა ჰაერის მისაწოდებელ არხში და გაჭუჭყიანე-ბული ჰაერის ასარინებელ არხში ერთი და იმავე სავენტილაციო ნაკადის პირობებში დაცული იყო ერთნაირი სიჩქარე - 5, 10, 15 და 20 მ/წმ ყოველ მათგანში. მოდელირების დრო შეადგენდა 60 წმ. საწყისი და სასაზღვრო პირობების ასეთი კონფიგურაცია თითოეული სცენარის შეფასების საშუალებას იძლევა. ამის შედეგად გამოვკვეთება ის თავისებურებანი, რაც ახასიათებს ხანძრის უფრო რეალისტურად მიმდინარე სცენარს, თომასის სცენართან შედარებით, რომელიც, როგორც უკვე აღინიშნა, სავენტილაციო ჰაერის ხარჯის 100 %-იან ზრდას ითვალისწინებდა ნამწვი აირების ხარჯზე.

ფიგ. 1-ზე წარმოდგენილია 1-ლი სცენარის რეალიზაციის შედეგები ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში ერთ-ერთი დამაზიანებელი ფაქტორის - ნახშირბადის მონოქსიდის CO-ს გავრცელების მაგალითზე 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრისათვის.



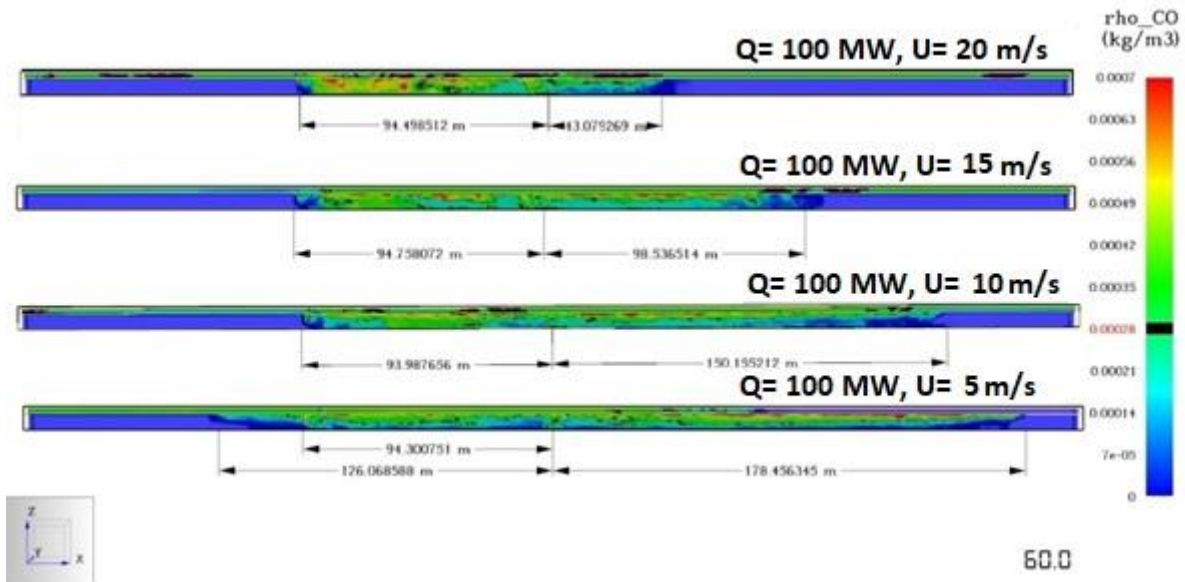
ფიგ. 1. სახანძრო და სტანდარტული ვენტილაციის ერთობლივი მოქმედებისას, ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა გვირაბში, ცეცხლგამძლე ბარიერით შემოუსაზღვრავი ხანძრის პირობებში

ფიგ. 1-დან ჩანს, რომ საწყისი პირობისათვის, როცა სახანძრო სავენტილაციო ფანჯრებიდან გაწოვის კრიტიკული სიჩქარე აკმაყოფილებს პირობას  $u_{c.exh} \geq 20$  მ/წმ, ძირითად სატრანსპორტო გვირაბში პრაქტიკულად ადგილი აღარ აქვს ნამწვი აირების გავრცელებას ამოქმედებული სახანძრო ფანჯრის ფარგლებს გარეთ. აღნიშნული განსაკუთრებით გამოკვეთილად ჩანს მარჯვენა პორტალის მხარეზე.

აღსანიშნავია, რომ პირობას  $u_{c.exh} \geq 20$  მ/წმ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს უსაფრთხო სავენტილაციო მდგომარეობის შექმნის თვალსაზრისით. ამასთან ერთად, შედარებით უფრო მეტად მძიმდება სიტუაცია ხანძრის ორივე მხარეზე, როდესაც სახანძრო ვენტილაციის სიჩქარე შედარებით დაბალია და არ აღემატება 15 მ/წმ როგორც სახანძრო ვენტილაციის ფანჯრებში, ისე გაჭუჭყიანებული ჰაერის ასარინებელ არხში.

ხანძრის შედეგად გამოყოფილი ნამწვი აირების სწრაფი და ეფექტური ლოკალიზაციისათვის, შემოთავაზებულია საქართველოს პატენტი P 2022 7371 დაცული მეთოდის გამოყენება, რაც მდგომარეობს სახანძრო ფანჯრებთან ცეცხლგამძლე ბარიერების გარკვეული წესით დამონტაჟებასა და საჭირო დროს მათ ამოქმედებაში. კერძოდ, მე-2 სცენარში მოქნილი ტრანსფორმირებადი ცეცხლგამძლე ბარიერი დამონტაჟებულია მარცხენა პორტალის მხარეზე მდებარე სახანძრო ფანჯრის მახლობლად 4 მ მანძილზე (ხანძრის კერიდან კი 94 მ მანძილზე), რის შედეგადაც ხანძრით აღძრულ ნაკადზე მისი ზემოქმედებით ხდება ნაკადის ინერციით გავრცელების შესაძლებლობის ბლოკირება ბარიერს მიღმა.

ფიგ. 2-ზე წარმოდგენილია ხანძრის განვითარების სიტუაციური სურათი, როდესაც მარცხენა პორტალის მხარეზე მდებარე სახანძრო ფანჯრის მახლობლად, ფანჯრიდან 4 მ მანძილზე, გვირაბის ჭერიდან იატაკის მიმართულებით დამონტაჟებულია 2 მ სიმაღლის ცეცხლგამძლე ბარიერი.

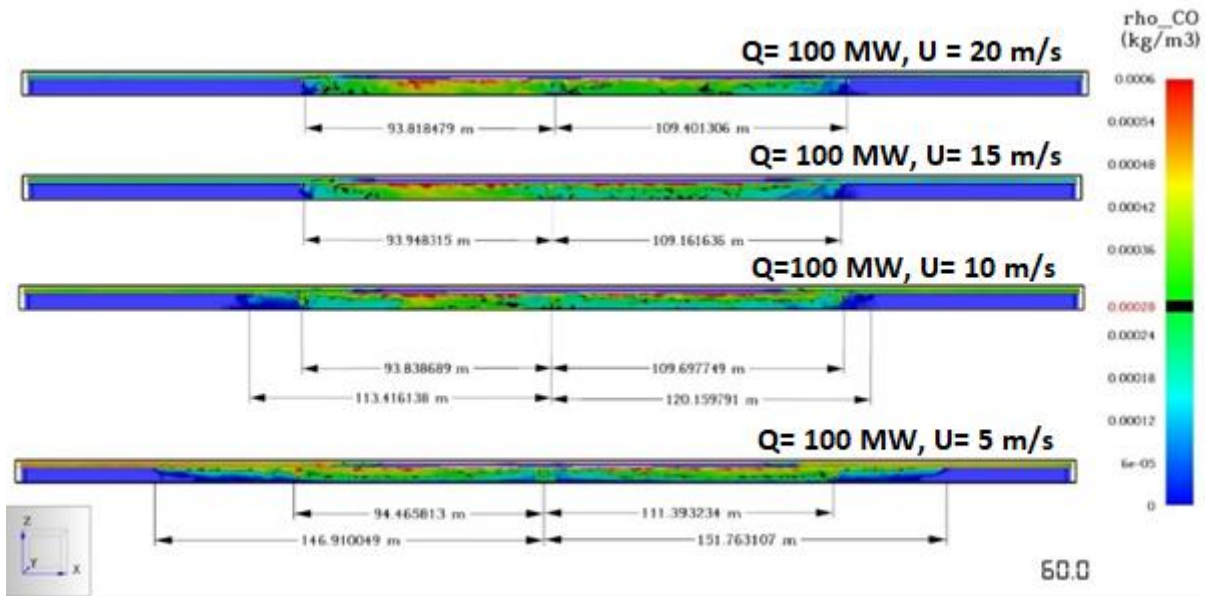


ფიგ. 2. ხანძრის განვითარების სცენარი ერთდროულად მოქმედი სახანძრო და სტანდარტული ვენტულაციის დროს, ცეცხლგამძლე ბარიერით ცალმხრივად შემოსაზღვრული ხანძრის კერის პირობებში.

როგორც ფიგ.2-დან ჩანს, ხანძრის კერიდან მარცხენა მხარეზე დამონტაჟებულ მოქმედ სახანძრო ფანჯარასთან, რომელიც ხანძრის კერიდან 94 მ მანძილზე არის განლაგებული, ცეცხლგამძლე ბარიერის ამოქმედების შედეგად გაუმჯობესდა სავენტულაციო სიტუაცია ბარიერსა და მარცხენა პორტალს შორის. კერძოდ, შეფერხდა დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელება ბარიერის მოქმედების ზონაში. ხანძრის მეორე მხარეზე, რომელიც არ არის შემოსაზღვრული ანალოგიური ბარიერით, სიტუაცია პრაქტიკულად არ შეცვლილა პირველ სცენართან შედარებით.

ამრიგად, ცეცხლგამძლე ბარიერის ეფექტურობა სახეზეა  $u_{c,exh} \geq 20$  მ/წმ პირობასთან შედარებით გაწოვის უფრო ნაკლები სიჩქარეებისათვისაც. კერძოდ, სიჩქარეებისათვის 10 და 15 მ/წმ, ხანძრით აღძრული ნაკადების გავრცელება შემოიფარგლა დამონტაჟებული ცეცხლგამძლე ბარიერის ლოკაციით (94 მ).

მე-2 სცენარის შედეგები მიღებული იქნა საბაზისოდ და მათზე დაფუძნებით დამუშავდა მე-3 სცენარი, რომლის დროსაც ხანძრის ორივე მხარეზე მდებარე მოქმედ (ღია) სახანძრო ფანჯრებთან, სატრანსპორტო გვირაბის ჭერზე იატაკის მიმართულებით, დამონტაჟდა 2 მ სიმაღლის ცეცხლგამძლე ბარიერი. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ფიგ. 3-ზე.

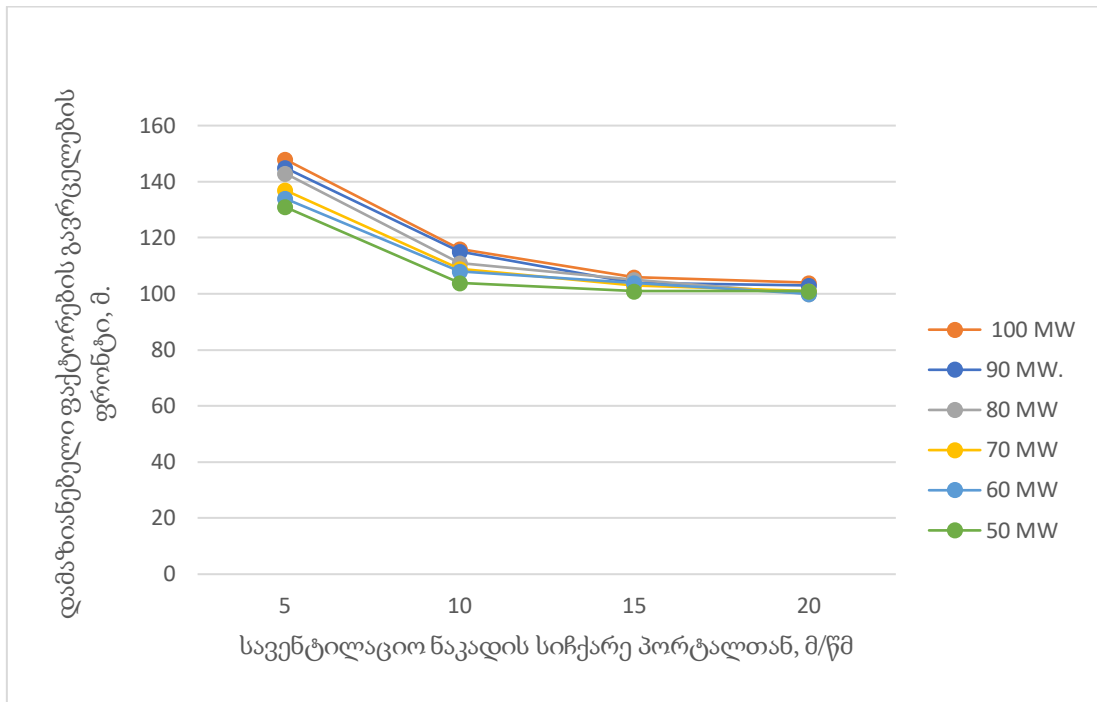


ფიგ. 3. ხანძრის განვითარების სცენარი ერთდროულად მოქმედი სახანძრო და სტანდარტული ვენტილაციის დროს, ცეცხლგამძლე ბარიერით ორმხრივად შემოსაზღვრული ხანძრის კერის პირობებში.

როგორც ფიგ. 3-დან ჩანს, ბარიერები განთავსებულია შესაბამის სახანძრო ფანჯრებთან ხანძრის კერიდან მარცხნივ 94 მ მანძილზე და ხანძრის კერიდან მარჯვნივ 109 მ მანძილზე. მოდელირების შედეგების მიხედვით სახანძრო ფანჯრებში გაწოვის სიჩქარეებისათვის 15 და 20 მ/წმ ხანძრით აღძრული ნაკადების გავრცელება სრულად შემოიფარგლა დამონტაჟებული ცეცხლგამძლე ბარიერის მითითებული მანძილებით 94 მ და 109 მ, ხოლო კრიტიკულ რიცხვით სიდიდეზე  $u_{c,exh} \geq 20$  მ/წმ გაცილებით ნაკლები სიჩქარეებისათვის 5 და 10 მ/წმ, ნამწვი პროდუქტების გავრცელება შეფერხდა მხოლოდ ნაწილობრივ. კერძოდ, 10 მ/წმ სიჩქარისათვის მითითებული ბარიერების მიღმა გავრცელება მოხდა ხანძრის ორივე მხარეზე შესაბამისად 113 და 120 მ მანძილზე. ხოლო 5 მ/წმ სიჩქარისათვის დამაზიანებელი ფაქტორის გავრცელება შესაბამისად მოხდა 147 მ და 151 მ მანძილებზე.

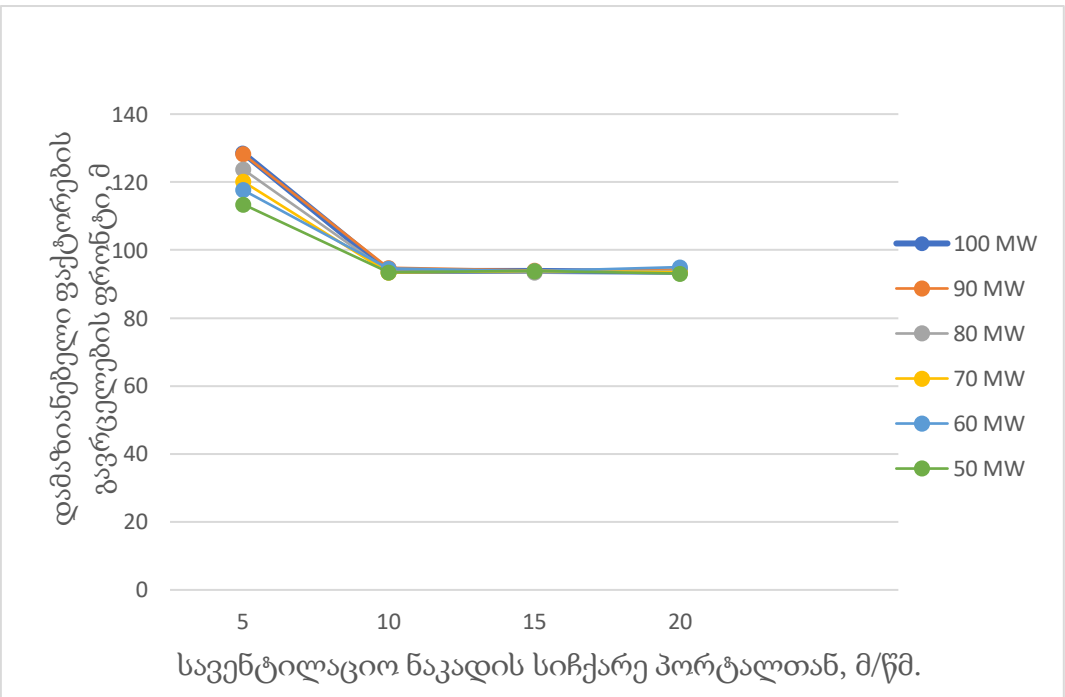
წარმოდგენილ ამოცანებში ხანძრით აღძრული ნაკადების მოქმედება მეტწილად განპირობებულია სახანძრო ფანჯრებში სავენტილაციო ნაკადის გაწოვის სიჩქარით (ან დაახლოებით იმავე რიგის ჰაერის სიჩქარით ორივე არხის პორტალებთან), ხანძრის სიმძლავრით და წვის პროდუქტების უკუდინების მანძილით. მიღებული შედეგები ფიგ. 4 და ფიგ. 5-ზე განზოგადებულია 50-100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისათვის. აღნიშნულ ფიგურებზე მოცემულია ნამწვი აირების უკუდინების მანძილის ცვალებადობა ნაკადის სიჩქარის მიხედვით სავენტილაციო არხების პორტალებთან.





ფიგ. 4. გვირახის მარცხენა ფრთა ღია სახანძრო ფანჯრით ხანძრის კერიდან 94 მ მანძილზე მოქნილი ბარიერის გარეშე.

წარმოდგენილი დიაგრამებიდან ჩანს, რომ მოქნილი ბარიერების გამოყენებით წვის პროდუქტების გავრცელების მანძილი ხანძრის კერიდან მინიმუმ 10 %-ით მაინც მცირდება ყველა განხილული სიმძლავრის ხანძრისათვის. ბარიერის ეფექტურობა კარგად ჩანს აგრეთვე, როდესაც მისი მონტაჟი განხორციელებულია ხანძრის კერის ორივე მხარეზე ღია სახანძრო ფანჯრების გავლენის ზონაში, ამ უკანასკნელთა მახლობლად.



ფიგ. 5. გვირახის მარცხენა ფრთა ღია სახანძრო ფანჯრით ხანძრის კერიდან 94 მ მანძილზე, როცა ხანძრის კერა ბარიერით ორმხრივად არის შემოსაზღვრული.

#### 4. Conclusions

მოქნილი ტრანსფორმირებადი ბარიერების გამოყენებით, გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის ხელოვნური გაზრდით მისი სავალი ნაწილის განივი კვეთის ნაწილობრივი გადაფარვით, აგრეთვე სავენტილაციო ფანჯრებში ჰაერის დამატებითი ინტენსიური გაწოვით შესაძლებელია შევადგინოთ წვის პროდუქტების (დამაზიანებელი ფაქტორების) უკონტროლო გავრცელება გვირაბის სავალი ნაწილის გასწვრივ. გვირაბის წარმოდგენილი გეომეტრიის, სახანძრო და სტანდარტული ვენტილაციის მოცემული ტექნოლოგიის პირობებში შესაძლებელია ვმართოთ ნამწვი ტოქსიკური აირების გავრცელების პროცესი და მოვახდინოთ მისი ლოკალიზაცია ხანძრის კერის მახლობლად ამოქმედებული სახანძრო ფანჯრების გავლენის ზონაში. 50–100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების შემთხვევაში ხანძრის კერიდან 90-110 მ მანძილით დაშორებული სახანძრო ფანჯრებისა და მათ მახლობლად დამონტაჟებული ბარიერების ამოქმედებით. ბარიერებით შემოსაზღვრული ლოკალიზაციის უბნის ფარგლებში ხდება ყველა დამაზიანებელი ფაქტორის ზღვრული მაჩვენებლების სწრაფი ზრდა, რაც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული გვირაბის მომსახურე ოპერატორის მიერ უბედურების ზონაში მოქცეული ადამიანების ევაკუაციასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებების მიღების დროს.

#### ლიტერატურა

1. Lanchava O., Nozadze G., Jangidze M. (2022) Georgian Patent, P 7371.
2. Thomas P.H. (1958) Fire Research Notes **351**, <http://www.iafss.org/publications/frn/351/-1>
3. Thomas P.H. (1968) Fire Research Notes **723**, Fire Research Station, Watford, UK.
4. Vaitkevicius A., Carvel R., Colella F. (2016) Fire Technology **52**: 1619–1628 DOI: 10.1007/s10694-015-0512-z.
5. Ingason H., In: Beard A., Carvel R. (2012) Handbook of Tunnel Fire Safety, ICE Publishing, London: 273–308.
6. Lanchava O., Javakhishvili G. (2021) Impact of strong fires on a road tunnel ventilation system. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences* **15**(4): 38-45.
7. Lanchava O. (2019) Analysis of critical air velocity for tunnel fires controlled by ventilation, *Mining Journal* **1**(42): 126-132.
8. Lanchava O.A. (1998) Hygroscopic heat and mass transfer in underground structures. GTU, Tbilisi: 272.
9. Lanchava O., Nozadze G., Bochorishvili N., Lebanidze Z., Arudashvili N., Jangidze M., Tsikarishvili K. (2014) Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels. *Transport Bridge Europe-Asia*: 29-34.
10. Lanchava O., Ilias N. (2020) Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire. *MATEC Web of Conferences* **305**, 00023, SESAM 2019 <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030500023>
11. Lanchava O., Ilias N., Radu S.M., Nozadze G., Jangidze M. (2022) Preventing the spread of combustible products in tunnels by implementing a divisible system. *Environmental Engineering and Management Journal* **21**/4: 627-635.