

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ირაკლი გვენცაძე

გვირაბების სავენტრალური სისტემების უსაფრთხოების  
ანალიზი (რიკოტის საავტომობილო გვირაბის  
მაგალითზე)

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი  
2013 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში

სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი

სამთო ტექნოლოგიის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელები: პროფესორი ომარ ლანჩავა

სრული პროფესორი ნაომ ბოჭორიშვილი

რეცენზენტები: ტ მ დ გურამ აბაშიძე

ტ მ კ რობერტ სამადაშვილი

დაცვა შედგება 2013 წლის 22 მარტს 16 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-

-გეოლოგიური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის N-30

სხდომაზე, კორპუსი III, აუდიტორია 209

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი ,

ასოცირებული პროფესორი

დ. თევზაძე

**ნაშრომის მნიშვნელობა.** სხვა ქვეყნების ანალოგიურად, საქართველოს ეკონომიკის მდგრადობა დიდადაა დამოკიდებული სატრანსპორტო სისტემის გამართულ მუშაობაზე. ამ სისტემაში გვირავი საკვანძო ელემენტია, რადგან გზის ყველაზე უფრო რთული მონაკვეთის გადალახვა მისი მეშვეობით ხდება და სწრაფდება ტვირთბრუნვა. გვირავი ზოგადად და განსაკუთრებით მაღალი გამტარებლობის პირობებში, იმავდროულად პრობლემური ელემენტიცაა, რადგან მასში მოსალოდნელია ხანძრის გაჩენა. მსოფლიოს გვირაბებში მომხდარი ინციდენტების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ხანძარი აქ ხასიათდება ტენდენციით: ჰქონდეს უფრო მაღალი ტემპერატურა, იყოს უფრო ხანგრძლივი და უფრო დამანგრეველი, ვიდრე ეს ზოგადად არის მოსალოდნელი. აღნიშნული დიდი რისკის ქვეშ აყენებს სახანძრო ოპერაციებს.

გვირაბების ფუნქციონირების ხანგრძლივი პერიოდით მოშლა გამოიწვევს პირდაპირ ზარალს, შეაფერხებს ეკონომიკის განვითარებას და ქვეყანას უმძიმეს მდგომარეობაში ჩააყენებს.

ამის გამო უსაფრთხო ვენტილაციის საკითხების ისეთი გადაწყვეტა, რომელშიც გაანალიზებული იქნება მსოფლიოს გვირაბებში მომხდარი რეზონანსული ხანძრების მიზეზები და შედეგები, რეალისტური იქნება მიდგომა სავენტილაციო სისტემის შესაძლებლობებისადმი, ამ უკანასკნელის მოსალოდნელი კოლაფსის განხილვით და მავნე გავლენის შესარბილებელი ღონისძიებების ადეკვატურად დამუშავებით, რომლებსაც შეეძლებათ სიცოცხლის საიმედოდ გადარჩენა საავტომობილო გვირაბებში, შექმნილი საგანგებო სიტუაციების ეფექტური მართვა, კოლაფსის მავნე გავლენის შერბილება საჭირო დროს ტრანსფორმირებადი ელემენტების ჩართვით სავენტილაციო სისტემაში და გვირაბების ხანგრძლივი პერიოდით მწყობრიდან გამოყვანის თავიდან აცილება, ძალზე მნიშვნელოვანია.

გვირაბის გამოყვანის შედეგად გამოწვეული პირდაპირი მატერიალური ზარალის შემცირებასთან ერთად, აღნიშნული აგვაცილებს ზარალს მათი მოცდენისა და საერთაშორისო ტვირთების გადამისამართების გამო.

ისიც აღსანიშნავია, რომ გვირაბების უსაფრთხოების პრობლემას დიდი ყურადღება ექცევა მთელ მსოფლიოში. გაეროს ევროპული კომისიის მიერ უსაფრთხოების საკითხი შესწავლილი იქნა პროგრამულად. კერძოდ, დაფინანსდა კვლევითი სამუშაოები: კონსტრუქციების საიმედოობის შესახებ (DARTS), კრიზისული მართვისას გადაწყვეტილებების მიღების შესახებ (SIRTAKI), მოქმედი გვირაბების ხანძარსაწინააღმდეგე მოდერნიზაციის შესახებ (UPTUN). აგრეთვე დაფინანსდა სწავლების თემატური პროგრამები ხანძრის შემთხვევაში მოქმედებასთან დაკავშირებით (FIT და SAFE-T).

აღნიშნულის მიუხედავად, გვირაბების მდგრადი და უსაფრთხო ექსპლუატაციის საკითხები კიდევ უფრო მეტი სიღრმით შესწავლას მოითხოვს, რადგან არა მარტო საგზაო მოძრაობის მონაწილეები უშვებენ შეცდომებს ვენტილაციის შესაძლებლობებისა და ვითარების შეფასებისას ხანძრის შემთხვევაში, არამედ ძალიან მაღალი კვალიფიკაციის აღიარებული ექსპერტებიც, რაც ქვემოთ იქნება დაკონკრეტებული, როცა წარმოვაჩინოთ ნაშრომის აქტუალურობას.

**ნაშრომის აქტუალურობა.** აქსიომაა, რომ ქვეყნისათვის დიდი მნიშვნელობის პრობლემის გადაწყვეტა ყოველთვის აქტუალურია ცალსახად. ცხადია, რომ ქვეყნის ორი მთავარი რეგიონის – აღმოსავლეთ-დასავლეთის დამაკავშირებელი რიკოთის გვირაბის მდგრადი და უსაფრთხო ექსპლუატაციის საკითხი დიდი მნიშვნელობისაა საქართველოს პირობებში.

მაგრამ პრობლემა არა მარტო პრაქტიკული მნიშვნელობის მიხედვით არის აქტუალური, არამედ მეცნიერულადაც, რადგან საჭიროა მისი უფრო ღრმა ანალიზი. როგორც აღვნიშნეთ, ძალიან მაღალი კვალიფიკაციის აღიარებული ექსპერტებიც უშვებენ შეცდომებს გვირაბებში ხანძრით გამოწვეული საგანგებო ვითარების შეფასებისას. კერძოდ, დასკვნა *UN, TRANS/AC-7/11-February, 2002*, რომელშიც სენ-გოტარდის გვირაბში მომხდარი ხანძარი არის გაანალიზებული, მცდარია. მისი ხილვა შესაძლებელია ინტერნეტით და იგი გაეროს ევროპული კომისიის ექსპერტებს ეკუთვნის. მცდარია იმიტომ, რომ დასკვნის მე-8 პუნქტში აღნიშნულია, რომ გვირაბის ვენტილაცია

მუშაობდა ეფექტურად, ხოლო მე-9 პუნქტის თანახმად, ადამიანები დაიღუპნენ ტოქსიკური აირებით სუნთქვის შედეგად, ანუ ვენტილაცია არ იყო ეფექტური.

წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი აქტუალურია თუნდაც მარტო იმიტომ, რომ მართებულად არის შესაძლებელი სავენტილაციო ნაკადის მოძრაობის მიმართულების პროგნოზი, რაც ეფუძნება ნაშრომში დადგენილ კანონზომიერებას იმის შესახებ, რომ ერთმანეთთან აღგებრულად იკრიბება ვენტილატორების მიერ განვითარებული წნევა და ხანძრის თერმოგრაფიციული ეფექტით გამოწვეული წევა. მათი ურთიერთსაპირისპირო მიმართულება იწვევს ვენტილატორების მწარმოებლურობის განუხრელ შემცირებას ხანძრის გაძლიერების შესაბამისად.

აქტუალურია აგრეთვე ნაშრომში დადგენილი კანონზომიერება იმის შესახებ, რომ ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში (30 მგვტ და ზემოთ), ხანძრის განვითარების პიკური მომენტის შემდეგ (10–20 წთ-ის დიაპაზონში ხანძრის დაწყებიდან), დომინანტი ხდება ხანძრის მიერ აღძრული წევა, ხოლო ვენტილატორების მიერ განვითარებული წნევა ჰაერის ნაკადის მოძრაობის მიმართულებაზე გავლენას ვეღარ ახდენს.

აქტუალურია აგრეთვე ნაკადის უკუდინების მოვლენის ანალიზი კომპიუტერული მოდელირების მეთოდით, მისი დამოკიდებულება გვირაბის პროფილზე, გრძივ გრადიენტზე, ხანძრის სიმძლავრეზე, მისი განვითარების სცენარზე, სითბოსა და კვამლის გენერაციაზე და სხვა ფაქტორებზე. უკუდინების მოვლენის გამოყენებაც აქტუალური და საინტერესოა ხანძრის კერაზე ჰაერის სინქარის შესამცირებლად, რაც შეაფერხებს ტოქსიკური აირების გავრცელებას გვირაბში და ხელს შეუწყობს ევაკუაციას.

ნაშრომის აქტუალურობას აგრეთვე ის ფაქტი ადასტურებს, რომ მსოფლიოს გვირაბებში უკვე მომხდარი ძლიერი ხანძრები ცხადად აყენებენ უბედურების აცილებისათვის მზადმყოფი სავენტილაციო სისტემის დამუშავების საკითხს სატრანსპორტო გვირაბისათვის. გვირაბების ნაწილში შემთხვევით გადარჩნენ ადამიანები, ხოლო სენ-გოტარდის, მონბლანის, ფრეჟიუს და სხვა გვირაბებში ხანძრების

შედგება დაიღუპა 150-ზე მეტი, ხოლო დასახინრდა 500-ზე მეტი ადამიანი.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ხანძრის პირობებში უბედურების შესარბილებელი სავენტილაციო სისტემის დამუშავება რიკოთის გვირაბისათვის, აქტუალურია როგორც მიწისქვეშა ნაგებობების ვენტილაციის სფეროსათვის, ისე საქართველოს ეკონომიკის მდგრადი განვითარებისათვის.

**სამუშაოს მიზანი.** სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი მიზანია სავენტილაციო სისტემების ანალიზის გზით უბედურების შესარბილებელი სავენტილაციო სისტემის დამუშავება რიკოთის გვირაბისათვის, რომელიც ეფექტური იქნება სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრის პირობებში სითბოსა და კვამლის გენერაციის სავარაუდო სცენარებისათვის.

ნაშრომის მიზანია აგრეთვე მიღებული კანონზომიერებების საფუძველზე სავენტილაციო სისტემების ხანძარუსაფრთხოების შეფასების შესაძლებლობის გამოკვეთა, რაც სასარგებლო იქნება მათი დაპროექტების, მშენებლობის, მოდერნიზაციისა და ექსპლუატაციის საკითხების გადაწყვეტისას.

ნაშრომის მიზანია აგრეთვე ახალი შედეგების მიხედვით პრაქტიკულად რეალიზებადი საკითხების გადაწყვეტა რკინიგზისა და ჰიდროელექტროსადგურის წყალმიმწოდებელი გვირაბებისათვის.

**კვლევის ობიექტები.** კვლევის ობიექტებს წამოადგენენ: რიკოთის, როკის, გაგრის გვირაბების სავენტილაციო სისტემები. ცნობილია, რომ რიკოთში გამოიყენება ერთგვირაბიანი კომბინირებული სისტემა, როკის შემთხვევაში კომბინირებული სისტემა პარალელური შტოლნით, ხოლო გაგრის გვირაბებში ჭავჭავური სისტემა. კომპიუტერული მოდელირების მეთოდით ანალიზი გაუკეთდა სამივე ობიექტს, ხოლო ნატურული დაკვირვებები ჩატარდა მხოლოდ რიკოთის გვირაბში. მიღებული ახალი შედეგების გამოყენების მიმართულებით კვლევის ობიექტები აგრეთვე იყო მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის ოთხი გვირაბი და ლუხუნის ჰესის წყალმიმწოდებელი გვირაბი.

**კვლევის მეთოდების მცნობიერული დასაბუთება.** ახალი შედეგების მისაღებად გამოყენებულია კვლევის ცნობილი და

აპრობირებული მეთოდები, რომლებიც ძირითადად ეფექციან ექსპერიმენტებს, ნატურულ დაკვირვებებს და ანალიზს.

ნაკადის უკუდინება, აგრეთვე ჭავლური და ჭარბწნვეიანი ვენტილაცია შესწავლილია კომპიუტერული მოდელირების მეთოდით, რომელიც ასეთი რთული და მრავალპარამეტრიანი ამოცანების ჯეროვანი ანალიზისათვის მეცნიერულად დასაბუთებულად უნდა მივიჩნიოთ, რადგან საძიებელი პარამეტრების ცვალებადობის შეფასებისა და მათი საკმარისად სარწმუნოდ განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

კომპიუტერული მოდელირების ხარვეზის – ნაკლები სიზუსტის ბალანსირება აღნიშნულ ამოცანებში განხორციელებულია მრავალი ცდით ტურბულენტურობის, ჰაერის სიმკვრივის ან ნაკადის სხვა მახასიათებელი პარამეტრების ცვალებადობის ან ტრანსფორმირებადი ელემენტების ჩართვის გზით. არსებითი ამ შემთხვევაში არის მეთოდის გამოყენების სიიარაღი და ამის გამო მრავალი ცდის შესრულების შესაძლებლობა.

### **ნაშრომის მმცნიერული სიახლე**

1. ხანძრის მიერ გამოწვეული ნაკადის თერმოდინამიკური ეფექტის შეფასებისათვის კლაპირონის განტოლების გამოყენების მიზანშეწონილობის დადგენა.

2. ხანძრის განვითარების სავარაუდო სცენარების შესწავლა, სიმძლავრის პიკის მიღწევის ანალიზი, სითბოსა და კვამლის გენერაციის ხასიათის დადგენა.

3. სავენტილაციო სისტემის კოლაფსის ცნების შემოტანა. ვენტილაციის სისტემის კოლაფსის დადგომის პერიოდის დამაჯერებელი პროგნოზით დროის იმ შუალედის განსაზღვრა, რომლის ფარგლებში სავენტილაციო სისტემას შეეძლება გამართული და შეუფერხებელი მუშაობა კლებადი ეფექტურობით.

4. ევაკუაციისათვის თერმული გრავიტაციის ეფექტის გამოყენება. წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში არა მარტო დაძლეულია გვირაბების სავენტილაციო სისტემაში თერმული გრავიტაციის ეფექტის გათვალისწინების მეტად რთული საკითხი,

არამედ, აღნიშნული ეფექტი გამოყენებულია ვენტილაციის რეჟიმის მართვისათვის და ევაკუაციის განხორციელებისათვის.

5. ტრანსფორმირებადი სისტემებით სარგებლობა იმავე მიზნებისათვის, აგრეთვე ხანძრის ლოკალიზებისა და წვის პროდუქტების გვირაბში გავრცელების შესაფერხებლად. ანალოგიური ელემენტების ჩართვა სავენტილაციო სისტემას უფრო სრულყოფილს გახდის სიცოცხლისა და მატერიალური ფასეულობების შენარჩუნების თვალსაზრისით.

6. არსებული გვირაბების ვენტილაციის სისტემების ნაკლები დანახარჯებით მოდერნიზაციის შესაძლებლობის დასაბუთება სტაციონარულად დამონტაჟებული ტრანსფორმირებადი ელემენტების გამოყენებით.

7. რიკოთის გვირაბში ბუნებრივი წვეის დეპრესიის სეზონური ცვალებადობის ხასიათის დადგენა, რაც ხდება სინუსოიდურთან მიახლოებული კანონზომიერებით, ხოლო დაახლოებით  $\pm 30$  პასკალის დიაპაზონის ბუნებრივი წევას ახასიათებს 60 %-იანი ცდომილება.

8. სავენტილაციო ნაკადის აგრივლის შემცირების დასაბუთება ჭარბწნევიანი ვენტილაციის გამოყენების შემთხვევაში ჭავლურ ვენტილაციასთან შედარებით და აღძრული ტურბულენტური ნაკადების ანალიზი CFD მოდელზე.

9. მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის ყველა გვირაბის ვენტილაციის შესაძლებლობის დასაბუთება ბუნებრივი წვეისა და დგუშური ეფექტის ხარჯზე.

10. ლუხუნჰესის წყლის მისაწოდებელ გვირაბში კომბინირებული ვენტილაციის სქემის გამოყენების აუცილებლობის დადგენა, რითაც უზრუნველყოფილ იქნა ნახშირბადის დიოქსიდის კონცენტრაციის დასაშვები მაჩვენებლები უსაფრთხოების წესების შესაბამისად.

**მიღებული შედეგების პრაქტიკული რეალიზაცია.** წყლის მისაწოდებელი გვირაბის საპროექტო გადაწყვეტა გამოყენებულია შპს “გვირაბმშენისა” და შპს “რუსმეტალის” მიერ, რომლებიც აშენებენ მდ. ლუხუნის ჰესების კასკადს. სარკინიგზო გვირაბებისათვის მიღებული ახალი შედეგები გამოყენებულია შპს “ჰიროზონტისა” და ტენდერში



გამარჯვებულ სახელმწიფო საპროექტო ინსტიტუტის (ქ. კიევი) მიერ, რომლებმაც დააპროექტეს მარაბდა-ახალქალაქის სარკინიგზო მაგისტრალის რეაბილიტაციის საკითხები და აგრეთვე დააპროექტეს ამ ხაზზე ახალი გვირაბების აგება.

**მიღებული შედეგების გამოყენების სფერო.** შესრულებული კვლევის შედეგების ნაწილი, როგორც აღინიშნა, პრაქტიკულად რეალიზებულია.

ნაშრომში დამუშავებული რიკოთის საავტომობილო გვირაბის ოპტიმალური სავენტილაციო სისტემის გამოყენება უნდა მოხდეს აღნიშნულ გვირაბზე.

მიღებული შედეგების გამოყენება შესაძლებელია აგრეთვე უკვე აგებული გვირაბების სავენტილაციო სისტემების ხანძარუსაფრთხოების შეფასებისა და სათანადოდ მოდერნიზაციის საქმეში, უბედურების აცილებისადმი მზადყოფი ვენტილაციის სისტემის დაპროექტებაში, მშენებლობასა და ექსპლუატაციაში.

**ცნობები ღისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ.** საღისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, ლიტერატურული მიმოხილვის, 3 თავის, ძირითადი დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომის მოცულობა შეადგენს კომპიუტერზე ნაბეჭდ 161 გვერდს, რომელიც შეიცავს 16 ცხრილს და 54 ნახაზს.

## **ღისერტაციის ძირითადი შედეგები**

### **1. ლიტერატურის მიმოხილვა**

გვირაბების უსაფრთხო ვენტილაციისა და მასში ხანძრის პირობებში საგანგებო სიტუაციების მართვის პრობლემასთან დაკავშირებული საკითხების სათანადო სამეცნიერო დონეზე შესწავლისა და გადაჭრისათვის, რომელიც წარმოადგენს საღისერტაციო ნაშრომის ძირითად თემას, ჩვენს მიერ შესრულებული იქნა შესაბამისი მიმართულებით გამოქვეყნებული სამეცნიერო ლიტერატურის ამომწურავი მიმოხილვა. აღსანიშნავია, რომ მაღალი დონის საიმედოობის უზრუნველსაყოფად, გაეროს ევროპული კომისიის მიერ გამოცემულ “თეთრ წიგნში” ხაზგასმულია უსაფრთხოებასთან

დაკავშირებული ეროვნული სტანდარტების ჰარმონიზაციის საჭიროება ამ კომისიის მოხსენებების დებულებებთან.

მსოფლიოს გვირაბებში მომხდარი ხანძრების სტატისტიკის მიხედვით ნაშრომში შემდგომი ანალიზისათვის მიღებულია ხანძრების მოსალოდნელი მინიმალური ტემპერატურა  $1000^{\circ}C$ , ხოლო გაეროს ეკონომიკური კომისიის ექსპერტთა სპეციალური ჯგუფის მიერ ვენტილაციის ანგარიშისათვის რეკომენდებული ხანძრის მაქსიმალური სიმძლავრე არის 30 მგვტ.

თერმოგრაფიაციული ეფექტით აღძრული წვევის შესაფასებლად სადისერტაციო ნაშრომში გამოყენებულია კლაპეირონის განტოლება. ეფერმი თავის ნაშრომში “თერმოდინამიკა” აღნიშნავს კლაპეირონის განტოლების საკმარისი სიზუსტის შესახებ მაღალი ტემპერატურისა და დაბალი წნევის პირობებში, ხოლო სადისერტაციო ნაშრომში დადგენილია, რომ გვირაბში მომხდარი ხანძრის პირობებში საქმე გვაქვს სწორედ ანალოგიურ შემთხვევასთან.

შესაბამისად,  $1000^{\circ}C$  ტემპერატურის მქონე ხანძრის მიერ თეორიულად აღძრული დინამიკური წნევა გვირაბებში შეადგენს 447,6 კპა, რაც დაახლოებით 4-ჯერ აღემატება ატმოსფერულ წნევას, ხოლო 30-ჯერ ყველაზე მძლავრი ვენტილატორების მაქსიმალურ სტატიკურ წნევას. აღნიშნული სიდიდე მიღებულია ჰაერის სიმკვრივის ზღვის დონეზე დაყვანილი სტანდარტული სიდიდისათვის.

ხანძრის ტემპერატურა პირველი მიახლოებით შესაძლებელია გაანგარიშებული იქნეს შემდეგი ფორმულით

$$t = \frac{Q}{q\rho c_p}, \quad (1)^*$$

სადაც  $Q$  არის ხანძრის შედეგად აღძრული თბური ნაკადი, 30 მგვტ, (30 000 კვ/წმ);  $q, \rho, c_p$  - შესაბამისად კვამლის ხარჯი, მისი სიმკვრივე და იზობარული თბოტევადობა.  $q = 80$  მ<sup>3</sup>/წმ;  $\rho = 1,2$  კგ/მ<sup>3</sup>;  $c_p = 1,0$  კვ/(კგ·გრად). ამ ფორმულიდან მიიღება, რომ  $t \approx 300^{\circ}C$ , რაც ემთხვევა მითითებულ რეკომენდაციებს.

ლიტერატურის მიმოხილვის საფუძველზე ნაშრომში აგრეთვე აღნიშნულია, რომ ჰაერის სიმკვრივე ხანძრის ტემპერატურიდან

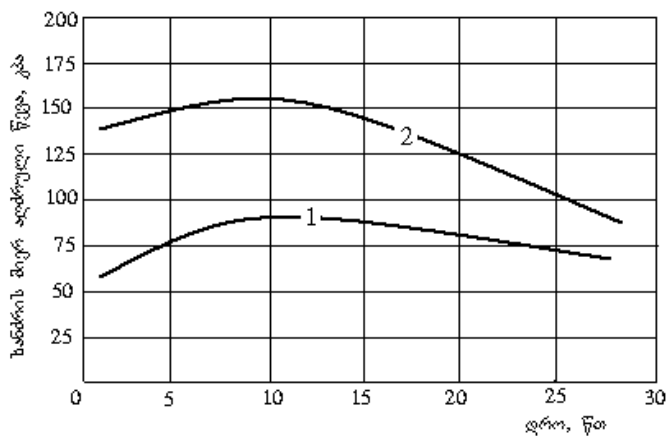
გამომდინარე, შესაძლებელია მაქსიმუმ 4-ჯერ შემცირდეს სტანდარტულ სიდიდესთან შედარებით. შევნიშნოთ, რომ თუ მოცემულ ფორმულაში გავითვალისწინებთ ჰაერის სიმკვრივის შემცირებას ჰაერის გაფართოების გამო მაღალ ტემპერატურაზე, მაშინ (1) ფორმულით შესაძლებელია იმავე რიგის ტემპერატურის მიღება, რაც ხანძრების სტატისტიკური მონაცემებით არის დადგენილი.

კომპიუტერული მოდელირების გზით შესწავლული იქნა ხანძრის სიმძლავრისა და ტემპერატურის გავლენა სავენტილაციო სისტემებზე. ხანძრის თბოენერგეტიკული სიმძლავრე აღებულ იქნა 30–100 მგვტ-ის ფარგლებში, ხოლო ტემპერატურა –  $1000^{\circ}\text{C}$ . ცალკეული მოდელეები აგებული იქნა  $300^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურისათვისაც.

მოდელირების შედეგები მოცემულია ნახაზზე 1.

ნაშრომში შემოთავაზებულია ტრანსფორმირებადი სისტემების გამოყენება და ნაკადის უკუღუნებით სარგებლობა ევაკუაციის მიზნებისათვის, რაც სიახლეა სატრანსპორტო გვირაბების ვენტილაციის სფეროში.

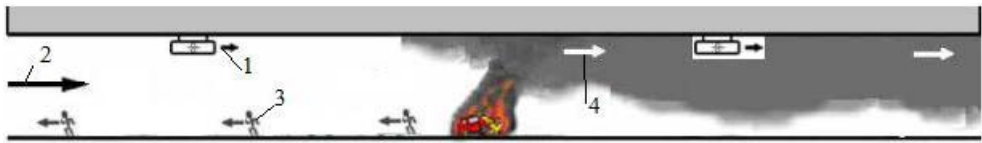
ნახაზზე 2 წარმოდგენილია ვენტილაციის პრინციპული სქემა, როცა ჭავლური ვენტილატორებით აღძრული ჰაერის ნაკადისა და



ხანძრის სიმძლავრისა და ტემპერატურის მიხედვით: 1 - სიმძლავრე 30 მგვტ, ტემპერატურა  $1000^{\circ}\text{C}$  ნახაზი 1. ხანძრის მიერ აღძრული წევის ცვალებადობის ხასიათი  $^{\circ}\text{C}$ ; 2 - სიმძლავრე 100 მგვტ, ტემპერატურა  $1000^{\circ}\text{C}$

ხანძრით აღძრული წევის მიმართულება თანხვედრილია. ასეთ შემთხვევაში ხანძრის წევა და ვენტილატორების მიერ აღძრული ნაკადი ერთმანეთს აძლიერებენ და ხანძრის კერის წინ ადგილი აქვს კვამლით

და ტოქსიკური აირებით გაჯერებული ჰაერით გვირაბის პრაქტიკულად ავსებას ხანძრის სრული სიმძლავრის განვითარებიდან დაახლოებით 1-2 წუთის განმავლობაში. ხილვადობის შემცირებისა და მომწამვლელი გარემოს შექმნის გამო ევაკუაცია ამ ადგილებში, დროის მითითებული პერიოდის გასვლის შემდეგ, შეუძლებელი ხდება



ნახაზი 2. გვირაბის ვენტილაციის სქემა, როცა ვენტილატორებით აღძრულ ჰაერის ნაკადს და ხანძრით განპირობებულ კვამლის ნაკადს თანხვედრილი მიმართულება აქვთ: 1 - ჰაერის ნაკადის მიმართულება ჭავლეური ვენტილატორიდან; 2 - სავენტილაციო ნაკადის მოძრაობის მიმართულება; 3 - ევაკუაციის მიმართულება; 4 - კვამლის გავრცელების მიმართულება

მითითებული 1-2 წუთის პერიოდის 5-6 წუთამდე გაზრდა და ხანძრის კერის ორივე მხარეზე ევაკუაციის შესაძლებლობის უზრუნველყოფა ვენტილატორების მიერ აღძრული ჰაერის ნაკადისა და ხანძრის წვევის ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებათა ისეთი შეხამებით არის შესაძლებელი, რომ ჰაერის სიჩქარე ხანძრის კერაზე იქნეს ნულთან ახლოს, რაც წარმოდგენილია ნახაზზე 3.



ნახაზი 3. გვირაბის ვენტილაციის ნახაზზე 2 გამოსახული სქემა ჭავლეური ვენტილატორების რევერსირების შემდეგ

ჭავლეური ვენტილატორების რევერსირების შემდეგ, ნახაზზე 3 მოცემული სქემის შემთხვევაში, ხდება უკუდინება.

აღსანიშნავია, რომ გვირაბის ვენტილაციის სქემა შესაძლებელია ისე იყოს დამუშავებული დაპროექტების სტადიაზე, რომ ბუნებრივად აღძრული ხანძრის წვევა კი არ აძლიერებდეს ნაკადს ნახაზზე 2 გამოსახული სქემის ანალოგიურად, არამედ ასუსტებდეს მას ნახაზზე 3 გამოსახულის ანალოგიურად და შენარჩუნდეს ევაკუაციის შესაძლებლობა ხანძრის კერიდან ორივე მხარეზე.

ხანძრის შემდგომი განვითარების სტადიაზე დგება სავენტილაციო სისტემის კოლაფსის პერიოდი, როცა გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის გაზრდის გზით, წინააღმდეგობა უნდა გაეწიოს ჰაერის უკონტროლო გავრცელებას გვირაბში.

გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის გაზრდის ეფექტური გზაა მისი დაყოფა მოკლე მონაკვეთებად ზღუდარების საშუალებით. ანალოგიური ხასიათის ზღუდრად შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს ტრანსფორმირებადი სისტემა, რომელიც გვირაბის შემთხვევაში არის ლითონის დასაკეც-გასაშლელი კონსტრუქცია მასზე გადაჭიმული ბაზალტის ცეცხლგამძლე ქსოვილით, ან მის გარეშე. დაკეცილ მდგომარეობაში სისტემა კომპაქტურია და მცირე ადგილს იკავებს. გაშლის შემდეგ აღნიშნული სისტემას უნდა შეეძლოს გვირაბის პერიმეტრის მჭიდროდ გადაფარვა. ტრანსფორმირებადი სისტემის მეშვეობით იმავე ცეცხლის კერის იზოლაციის მაგალითი წარმოდგენილია ნახაზზე 4.

აღსანიშნავია, რომ კოლაფსის პერიოდისათვის სავენტილაციო სისტემაში ტრანსფორმირებადი სისტემის ჩართვა მოახდენს ხანძრის კერის ლოკალიზებას, ხელს შეუშლის მის გავრცელებას გვირაბის დანარჩენ ნაწილში და აგრეთვე შეასუსტებს ან სრულად აღკვეთს წვის მომწამლავი პროდუქტებისა და კვამლის გავრცელებას.



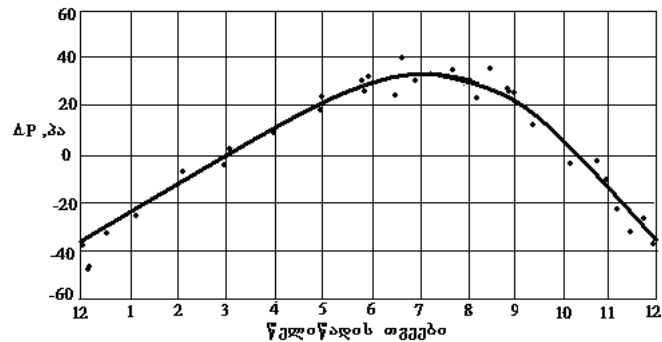
**ნახაზი 4. გვირაბის ვენტილაციის სქემა, როცა ხანძრის კერა იზოლირებულია ტრანსფორმირებადი სისტემის მეშვეობით: 1, 2 - ტრანსფორმირებადი სისტემის ელემენტები**

## **2. შედეგების ბანსჯა**

სადისერტაციო ნაშრომის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შედეგია იმის დადგენა, რომ მართალია რიკოტის გვირაბის გრძივ-განივი ვენტილაციის დროს ბუნებრივი წვევის გავლენა მინიმუმამდეა დაყვანილი და პრაქტიკულად შესაძლებელია იგი მხედველობაში არ იქნეს მიღებული ნორმალური ექსპლუატაციისას, მაგრამ ხანძრის შემთხვევაში ბუნებრივი წევა მთელი ძალით წარმოიჩინდება და მისი

გათვალისწინება აუცილებელია სავენტილაციო ჭავლის მიმართულების განსასაზღვრავად.

ექსპერიმენტული დაკვირვებების შედეგები ბუნებრივი წვეის სეზონური ცვალებადობის შესახებ მოცემულია ნახაზზე 5. მასზე დატანილია აგრეთვე თეორიულად შედგენილი წირი.



ნახაზი 5. ბუნებრივი წვეის ცვალებადობა რიკოთის გვირაბში: წირი – თეორია; წერტილები – ექსპერიმენტი

ნაშრომში გაკეთებულია რიკოთის გვირაბის არსებული გრძივ-განივი სისტემის ხანძარუსაფრთხოების კრიტიკული ანალიზი და შეფასებულია მოცემულ გვირაბში სავარაუდო ხანძრის მიერ აღძრული დეპრესია. შეფასების მიზნით გაანგარიშებულია სავენტილაციო ფანჯრების აეროდინამიკური წინაღობა და მოცემულია მისი საანგარიშო ფორმულები.

გვირაბის სავალი ნაწილის ( $R_1$ ) და სავენტილაციო არხის ( $R_2$ ) აეროდინამიკური წინაღობები გამოითვლება ფორმულით

$$R = \frac{\alpha Pl}{S^3}, \quad (2)$$

სადაც  $\alpha$  არის გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის კოეფიციენტი, ნ.წმ<sup>2</sup>/მ<sup>4</sup>;  $P$  – გვირაბის პერიმეტრი, მ;  $l$  – საანგარიშო უბნის სიგრძე, მ;  $S$  – გვირაბის განივი კვეთის ფართობი, მ<sup>2</sup>.

თუ გვაქვს  $m$  რაოდენობის თანაბარი აეროდინამიკური წინაღობის მქონე უბნები, მაშინ ჯამური წინაღობები შემდეგი ფორმულებით გამოითვლება

$$\sum R_1 = mR_1, \quad (3)$$

$$\sum R_2 = mR_2. \quad (4)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ გვირახის ურთიერთშესაბამის უბნებზე ჰაერის თანაბარი ხარჯი იქნება, ამიტომ დეპრესიის ანგარიშის გასამარტივებლად შესაძლებელი ხდება სავალი ნაწილისა და სავენტილაციო არხის წინაღობების უბან-უბან აჯამება, ე.ი.

$$r = R_1 + R_2, \quad (5)$$

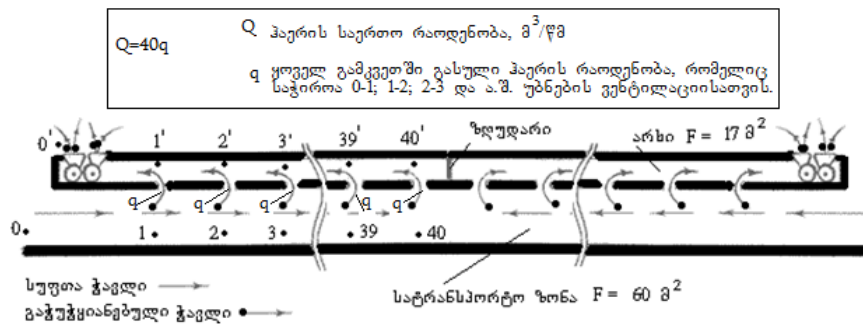
რომლითაც ყველა უბნისათვის ერთმანეთის ტოლი აეროდინამიკური წინაღობის სიდიდეები მიიღება. ჯამური დეპრესიები კი უბნებისათვის განსხვავებული იქნება. იგი შემდეგი ფორმულით გამოითვლება

$$h_n = r[(m - n + 1)q]^2, \quad (6)$$

სადაც  $h_n$  არის  $n$  უბნის საკუთარი დეპრესია, პა ( $n=1, 2, \dots, m$ ). იმ შემთხვევაში (ნახაზი 6), როცა  $n=1$ , (6) ფორმულით 0-1 უბნის საკუთარი დეპრესია იანგარიშება, რომელიც (5) ფორმულის თანახმად 0'-1' უბნის საკუთარ დეპრესიასაც მოიცავს.

ასეთნაირად გამოითვლება  $Q$  რაოდენობის ჰაერის 0-1-1'-0' გზით გატარებაზე წნევის კარგვა. მსედველობაში არ მიიღება პირველი ფანჯრის დეპრესია. ამ შემთხვევაში (6) ფორმულა შესაძლებელია შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ

$$h_1 = rQ^2. \quad (7)$$



ნახაზი. 6. რიკოთის გვირახის ვენტილაციის სქემა მოდერნიზაციამდე

ანალოგიურად, თუ  $n=2$  და  $n=m$ , შესაბამისად მივიღებთ 1-2 და ცენტრალური უბნების შესაბამის დეპრესიებს. ამ შემთხვევებში (6) ფორმულა შემდეგ სახეს მიიღებს

$$h = r(Q - q)^2, \quad (8)$$

$$h_m = rq^2. \quad (9)$$

(8) და (9) ფორმულებიდან ჩანს, რომ 1-2 და ცენტრალურ უბნებზე შესაბამისად  $Q-q$  და  $q$  ჰაერის რაოდენობები გატარდება. თუ უბნების ერთობლიობას განვიხილავთ, როგორც მიმდევრობით შეერთებულ განშტოებებს, მიმდევრობითი განშტოებების ძირითადი კანონის თანახმად, ყოველი უბნის საერთო დეპრესია შემდეგი ფორმულით გამოითვლება

$$H_n = H_{n-1} + h_n, \quad (10)$$

სადაც  $H_n$ ,  $H_{n-1}$  შესაბამისად არის  $n$  და  $n-1$  პუნქტებში საერთო უბნის დეპრესია, პა.

იმ დროს, როცა  $n=1$  გამოითვლება 0-1 უბნის საერთო დეპრესია ზემოაღნიშნული პირობებით. მაშინ (10) ფორმულა შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც

$$H_1 = H_0 + h_1 = h_1. \quad (11)$$

ე.ი.  $H_0 = 0$ , რაც ნახაზიდან ჩანს.

$n=2$  და  $n=m$  პირობებისათვის (10) ფორმულიდან 1-2 და ცენტრალური უბნების საერთო დეპრესიების საანგარიშო ფორმულები მიიღება

$$H_2 = H_1 + h_1, \quad (12)$$

$$H_m = H_{m-1} + h_m. \quad (13)$$

ნახაზიდან 6 ჩანს, რომ სავენტილაციო ფანჯრები ერთმანეთის პარალელურადაა განლაგებული. პარალელური განშტოებების ძირითადი კანონის მიხედვით განშტოებების დეპრესიები ერთმანეთის ტოლია გეომეტრიული ზომების, ჰაერის ხარჯისა და აეროდინამიკური წინაღობების მიუხედავად და განსახილველ შემთხვევაში სიმეტრიული ფრთის მთლიანი დეპრესიის ტოლია. ე.ი.

$$\sum H_n = H, \quad (14)$$

სადაც  $\sum H_n$  არის ნებისმიერი  $n$  უბნის საერთო და შესაბამისი ფანჯრის დეპრესიების ჯამი, პა;  $H$  – გვირაბის განსახილველი ფრთის მთლიანი დეპრესია, პა.

როცა  $n=1$ , მაშინ (14) ფორმულიდან ვღებულობთ 1 უბნის მთლიან დეპრესიას, რომელიც 0-1 მონაკვეთზე  $Q$  რაოდენობის ჰაერის,



1 ფანჯარაში  $q$  რაოდენობის ჰაერის და  $0-1'$  მონაკვეთზე ჰაერის გატარებაზე დახარჯულ წნევათა სხვაობას წარმოადგენს. მაშასადამე, მივიღეთ ის დებრესია, რომელიც ჰაერის ცვლადი რაოდენობის გადასაადგილებლად იხარჯება  $0-1-1_{\text{ფანჯ.}}-0-1'$  გზაზე. ანალოგიურად, როცა  $n = m$ , მივიღებთ  $0-m-m_{\text{ფანჯ.}}-m'-1'$  უფრო გრძელ გზაზე დახარჯულ დებრესიას, რომელიც ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს და პარალელური განშტოებების ძირითადი კანონის თანახმად ფრთის მთლიან დებრესიას უნდა გაუტოლდეს. მაშასადამე,

$$\sum H_1 = \sum H_2 = \dots = \sum H_m = H, \quad (15)$$

ხოლო  $\sum H_1 = H_1 + H_{1 \text{ ფანჯ.}}$ , (16)

$$\sum H_2 = H_2 + H_{2 \text{ ფანჯ.}}, \quad (17)$$

.....

$$\sum H_m = H_m + H_{m \text{ ფანჯ.}} \quad (18)$$

(16) – (18) ფორმულებში  $H_1, H_2, \dots, H_m$  ცნობილი სიდიდეებია. ისინი გამოთვლილია (10) ძირითადი ფორმულით და მისგან მიღებული (11) – (13) ფორმულების საშუალებით. უცნობი რჩება ფანჯრების დებრესიები. თავდაპირველად უნდა განისაზღვროს დებრესიათა სხვაობა ცენტრალურ და დანარჩენ ფანჯრებს შორის.

შეფასებულია ერთ- და ორგვირაბიანი კომბინირებული სავენტილაციო სისტემების ხანძარუსაფრთხოება და დასახულია რიკოთის გვირაბის სავენტილაციო სისტემის ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებები.

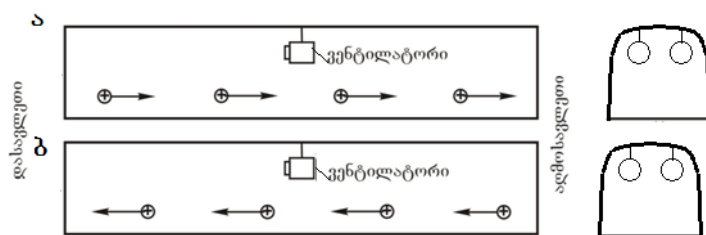
შესრულებული კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ რიკოთის გვირაბის პირობებში და ზოგადად ერთგვირაბიან განიავების სისტემებში, გრძივ-განივი, განივ-გრძივი და გრძივი სავენტილაციო სისტემები ძლიერი ხანძრისას პრაქტიკულად ერთნაირი უსაფრთხოებით ხასიათდება, რადგან სამივე სისტემის შემთხვევაში, ბუნებრივი წვევის სიდიდისა და მიმართულების მიხედვით, სუფთა და გაჭუჭყიანებული ნაკადების მოძრაობა გრძივი სქემით მოხდება.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტული დაკვირვებები უჩვენებს, რომ რიკოთის გვირაბში ბუნებრივი წვევის მიმართულება არის

აღმოსავლეთ პორტალიდან დასავლეთისაკენ ცივ სეზონში, ხოლო წელიწადის თბილ პერიოდში – პირიქით. ამასთანავე, ზამთარში ბუნებრივი წვეის ხარჯზე აღძრული ჰაერის რაოდენობა 10-15%-ით მეტია ზაფხულის თვეებთან შედარებით.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის მიხედვით დამუშავებულია რიკოთის გვირაბის სავენტილაციო სისტემის ოპტიმალურ ვარიანტები. ყველა მათგანი უფრო უკეთესია, ვიდრე გვირაბის ვენტილაციის აქამდე არსებული სისტემები, რომლებიც გრძივ-განივ სქემაზე არიან დაფუძნებული.

რადგანაც ცრუ ჭერის დემონტაჟის შემდეგ რიკოთის გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობა მინიმუმ 15-ჯერ მაინც შემცირდება, მოცემული ნაგებობა შესაძლებელია განიავდეს ცენტრალურ ნაწილში დამონტაჟებული 2 ცალი ჭავლური ვენტილატორის მეშვეობით ნახაზი 7-ის შესაბამისად.



ნახაზი 7. ორი ცალი ჭავლური ვენტილატორის დაყენების სქემა გვირაბის ცენტრში: ა) ჰაერის ნაკადის მიმართულება ვენტილატორების რევერსიული რეჟიმით მუშაობისას, ბ) ჰაერის ნაკადის მიმართულება ვენტილატორების პირდაპირი რეჟიმით მუშაობისას

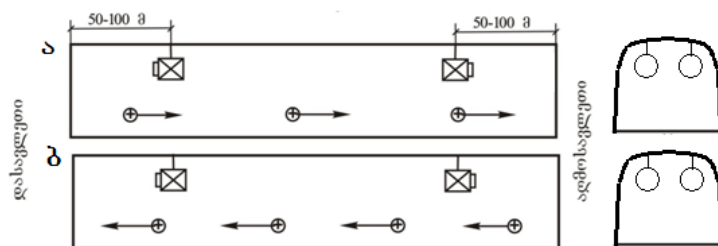
სავენტილაციო დანადგარები ისეთნაირად უნდა დაყენდეს, რომ ჩვეულებრივი მუშაობის რეჟიმით აღძრას ნაკადი დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ, ხოლო რევერსიული რეჟიმით მუშაობისას – პირიქით. ამის შედეგად პრაქტიკულად კომპენსირებული იქნება ვენტილატორის მწარმოებლურობის 20%-იანი კლება რევერსიულ რეჟიმზე გადაყვანისას. სავენტილაციო სისტემას ექნება როგორც საფეხურებრივი (ერთი ვენტილატორის გამორთვის გზით), ისე ინვენტორული რეგულირების შესაძლებლობა, რომლითაც მოხდება ჰაერის ხარჯის მისადაგება ტრანსპორტის მოძრაობის ციკლურობასთან, რაც მინიმუმამდე დაიყვანს გვირაბის სავენტილაციო სისტემის საექსპლუატაციო დანახარჯებს.

გარდამავალ პერიოდში, ვენტილატორები იმუშავებენ ბუნებრივი წვეის მიმართულების შესაფერისი რეჟიმით, ხოლო თუ წვეა ნულის ტოლია, მაშინ ვენტილატორები იმუშავებენ ჩვეულებრივი რეჟიმით.

აქ გათვალისწინებული არ არის სარეზერვო ვენტილატორი, რომელიც შესაძლოა იყოს ერთი ან ორი ვენტილატორის სახით, რომელთაც შესაბამისად ვუწოდებთ სამ ან ოთხვენტილატორიან ვარიანტს.

სამვენტილატორიანი ვარიანტის შემთხვევაში ყველა ვენტილატორი განთავსდება ცენტრში ნახაზზე 7 გამოსახულის შესაბამისად და იმუშავებს იმდენი ვენტილატორი, რამდენიც საჭირო იქნება ტრანსპორტის ციკლურობიდან გამომდინარე.

ოთხ ვენტილატორიანი სავენტილაციო სისტემის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 8.



ნახაზი 8. რიკოთის გვირაბის გრძივი განიარსების სისტემა 4 ცალი ჭავლური ვენტილატორის გამოყენებით: ა) – ჰაერის ნაკადის მიმართულება ცივ სეზონში, ბ) – ჰაერის ნაკადის მიმართულება თბილ სეზონში

დაუშვებელია სარეზერვო ვენტილატორის მუდმივად გამორთულ მდგომარეობაში ყოფნა, რაც გამოიწვევს მის დატენიანებას და მწყობრიდან ადვილად გამოსვლას შემდგომი ჩართვისას. ამგვარად, ვენტილატორების მუშაობის წესი განრიგული უნდა იყოს.

კლასიკურ შემთხვევაში ჭავლური ვენტილატორების ყოველ ჯგუფს შორის დაშორების მანძილი უნდა განისაზღვროს გვირაბის ჰიდრაული რადიუსის მიხედვით, რომელიც რიკოთისათვის შეადგენს 5 მ-ს. შესაბამისად, ჭავლური ვენტილატორების ყოველ ჯგუფს შორის მანძილი იქნება 250–300 მ-ის ფარგლებში.

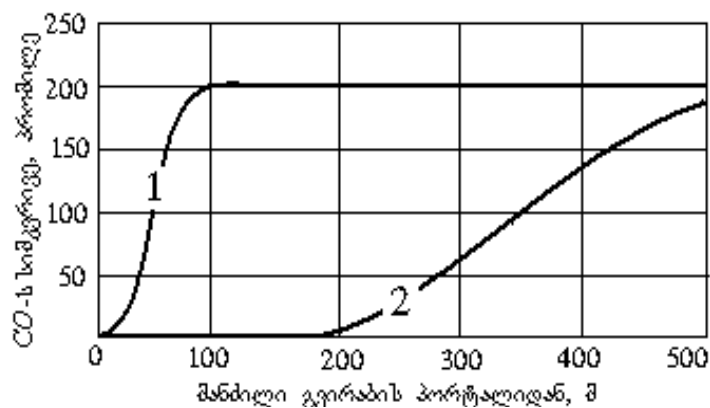
შედარებისათვის, გვირაბებს ისე აპროექტებენ მისი გაბარიტული ზომებიდან გამომდინარე, რომ მითითებული მანძილი იყოს 100–150 მ-ის დიაპაზონში. მაგალითად, გაგრის №1 გვირაბში ჭავლური

ვენტილატორების ჯგუფებს შორის დაშორების მანძილი შეადგენს 104,5 მ-ს, ხოლო გაგრის №2 გვირაბში – 92,3 მ-ს. რიკოტის გვირაბში ვენტილატორების ჯგუფებს შორის დიდი დაშორების აღება შესაძლებელია გვირაბის დიდი განივი კვეთის ფართობისა და ბუნებრივი წვევის საკმარისი სიდიდის გამო.

რიკოტის გვირაბის განიავეების ერთ-ერთ ოპტიმალურ სქემად შემოთავაზებულია ჭარბწნევიანი ვენტილაციის პრინციპი, რომელიც რიცხვითი ანალიზის მეთოდით, CFD-მოდელების გამოყენებით, შედარდა ჭავლური ვენტილაციის პრინციპით განიავებას.

მოდელირების შედეგად დადგინდა იქნა, რომ ჭარბწნევიანი მობილური ვენტილატორის გამოყენება ძალზე მოსახერხებელი და ეფექტურია არა მარტო ხანძრის ჩაქრობის საქმეში, არამედ რიკოტის გვირაბის ჩვეულებრივი რეჟიმით ვენტილაციისათვის.

ვენტილაციის ეფექტი ყოველთვის, როცა გამოყენებულია მობილური სავენტილაციო ნაწილი, ჭავლურ ვენტილატორთან შედარებით უკეთესია, ჰაერი გვირაბში შეედინება ბევრად უფრო ეფექტურად. მობილური და ჭავლური ვენტილატორების ერთმანეთთან შედარების შედეგები წარმოდგენილია ნახაზზე 10, რომელიც გმილებულია მოდელირების გზით.



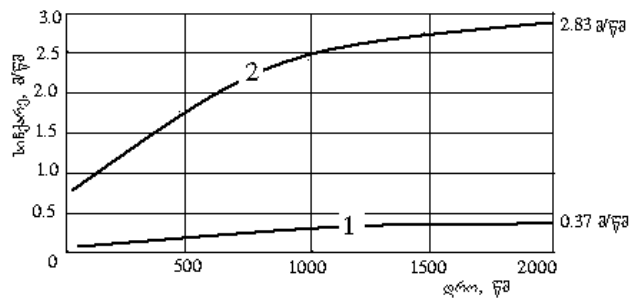
ნახაზი 9. CO-ს განაწილების ხასიათი გვირაბში ვენტილაციის ორივე სისტემისათვის მათი ამოქმედებიდან 5 წთ-ის შემდეგ: 1 - გრძივი სისტემა ჭავლური ვენტილატორების გამოყენებით; 2 - სისტემა მობილური ვენტილატორების გამოყენებით

ვენტილატორების ჩართვიდან 30 წთ-ის შემდეგ მოდელზე შემოწმდა ჰაერის სიჩქარე და ხარჯი ორივე სისტემისათვის. ჭავლური

ვენტილატორების შემთხვევაში სიჩქარე და ხარჯი გაცილებით ნაკლები იყო.

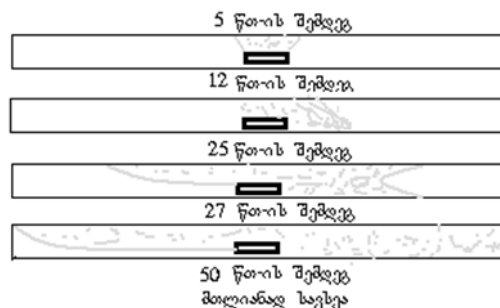
ნახაზზე 10 მოცემულია სიჩქარის განაწილების ხასიათი გვირაბის ცენტრალურ ნაწილსა და მეორე პორტალს შორის ორივე სავენტილაციო სისტემისათვის, საიდანაც ჩანს, რომ მობილური სისტემა ძალიან განსხვავებულია გრძივი სისტემისაგან.

უბედურების საწინააღმდეგო ეფექტის შესწავლა მობილური სისტემის გამოყენების შემთხვევისათვის მოხდა, როცა ცეცხლი გავრცელებულია გრძელი გვირაბის ცენტრში, ხოლო რიცხვითი ანალიზი შესრულდა ხანძრის ენერგეტიკული სიმძლავრისათვის 30 მგვტ.



ნახაზი 10. სიჩქარის განაწილების ხასიათი გვირაბის მეორე პორტალში: 1 - გრძივი სისტემა ჭავჭავაძის ვენტილატორების გამოყენებით; 2 - სისტემა მობილური ვენტილატორების გამოყენებით

ხანძრის საწყის სტადიაზე კვამლი მიემართება ზემოთ, გვირაბის ჭერისაკენ ხანძრის მიერ გამოყოფილი სითბოს გავლენით. ამასთან ერთად, ღროის გასვლის კვალობაზე გამოყოფილი კვამლისა და სითბოს რაოდენობა პროგრესირებს. აღნიშნული წარმოდგენილია ნახაზზე 11.



ნახაზი 11. კვამლის საშიშროების ვარიაციები გვირაბში ხანძრისას მობილური სისტემის გამოყენების შემთხვევაში.

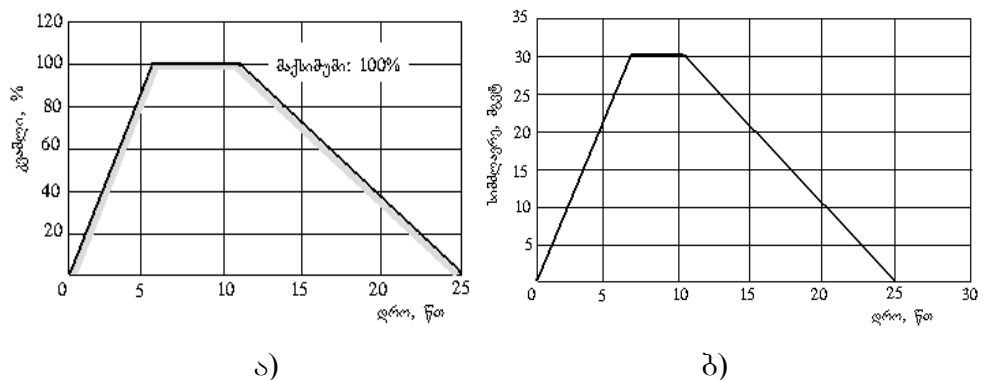
ღროის მთელ პერიოდში ვენტილაციის ეფექტი მობილური სისტემის გამოყენების შემთხვევაში საკმარისია კვამლის გაფანტვის

მხრივ და თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ 4 ჭავლური ვენტილატორი უნდა იქნეს დაყენებული იმავე მიზნისათვის (საშიშროებისაგან დასაცავად) გრძივი სისტემის შემთხვევაში, როცა გვირახის სიგრძეა 1,75 კმ, მაშინ დავასკვნით, რომ მობილური სისტემით სარგებლობა გაცილებით ეფექტურია და უფრო იაფი ჯდება.

შესაბამისად, მობილური სისტემის გამოყენების მეთოდი არის ეფექტური სავენტილაციო ხერხი არა მარტო საშიშროების ასაცილებლად მაშინ, როცა გვირახში გავრცელებულია ხანძარი, არამედ გვირახის ჩვეულებრივი რეჟიმით ნაკლები დანახარჯებით ეფექტურად გასანიაგებლად, როცა გვირახის სიგრძე იცვლება 1–2 კმ-ის დიაპაზონში.

ამგვარად, რიკოთის გვირახის ოპტიმალური სავენტილაციო სისტემები შემდეგია: ჭავლური ვენტილაციის გრძივი სქემა 2 ვენტილატორიანი, 3 ვენტილატორიანი, 4 ვენტილატორიანი, კლასიკური სისტემებით და გრძივი ჭარბწნევიანი სქემა მობილური ვენტილატორის გამოყენებით. ეს უკანასკნელი ყველაზე ეფექტური გზაა მოცემული გვირახის ვენტილაციისათვის.

ხანძრის პროგრესირება 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრისათვის დროის მიხედვით ნაჩვენებია ნახაზზე 12, რომელიც მიღებულია კომპიუტერული მოდელირების გამოყენებით.



**ნახაზი 12. ა) ხანძრის პროგრესირება დროის მიხედვით  
ბ) კვანძის პროგრესირების სცენარი დროის მიხედვით**

### 3. შედეგების პრაქტიკული გამოყენება

მიღებული ახალი შედეგები პრაქტიკულად გამოვიყენეთ მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის გვირახების ვენტილაციის

პროექტის გაანგარიშებისათვის და მდ. ლუხუნის ჰესის წყლის მიმწოდებელი გვირაბის ჩიხურ სანგრევეებში ნორმალური ვენტილაციის უზრუნველსაყოფად.

**მარაბდა-ახალქალაქის სარკინიგზო გვირაბების ვენტილაციის გაანგარიშება.** მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის გვირაბების ვენტილაციის სისტემის როგორც თბოფიზიკური, ისე აეროდინამიკური გაანგარიშება შესრულდა განიავეების გრძივი სქემისათვის.

შესაბამისად, სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნათა შესასრულებლად საკმარისია მოძრავი შემადგენლობის მიერ გამოყოფილი სითბოს გამანეიტრალეული ჰაერის რაოდენობა, რომელიც უზრუნველყოფს აგრეთვე გვირაბიდან გამომავალი ნაკადისათვის  $t \leq 35^{\circ}C$  პირობის დაკმაყოფილებას.

მოძრავი შემადგენლობის მიერ გამოყოფილი სითბოს გაანგარიშება უნდა შესრულდეს მატარებლის აღმართზე მოძრაობის შემთხვევისათვის. ამ დროს ქსელიდან წადებული ენერჯის ის ნაწილი, რომელიც არ იხარჯება მატარებლის პოტენციური ენერჯის გაზრდაზე, მთლიანად ესაჭიროება ყველა სახის ხახუნის წინაღობის დაძლევას და საბოლოოდ გამოიყოფა სითბოს სახით. დაღმართზე მოძრავი მატარებლის მიერ გამოყოფილი სითბოს შესაფასებლად ვიყენებთ აღმართზე მოძრაობისას მიღებულ შედეგს. აღმართზე გამოყოფილი სითბო შესაძლებელია გაანგარიშდეს ფორმულით

$$q_1 = 860Mn(N_0L - \frac{\Delta H}{102 \times 3.6}), \quad (19)$$

სადაც  $q_1$  არის მოძრავი შემადგენლობის მიერ გამოყოფილი სითბო, კკალ/სთ;  $M$  - მოძრავი შემადგენლობის მასა, ტ;  $n$  - გვირაბში 1 სთ-ის განმავლობაში გასული მატარებლების რიცხვი, ცალი. სამგზავრო მატარებლის მასა ნაკლებია სატვირთოზე. ჩვენ მივიღეთ დაშვება მათი მასების ტოლობის შესახებ, აღნიშნულით გაანგარიშებულ ჰაერის ტემპერატურას ექნება რეზერვი, რადგან სინამდვილეში ჰაერზე უფრო ნაკლები სითბოს გადაცემა მოხდება და ტემპერატურის ნახარდი უფრო ნაკლები იქნება;  $N_0$  - ელექტროენერჯის საშუალო კუთრი ხარჯი, რომელსაც მოიხმარს მატარებელი ორმაგი წვეის შემთხვევაში

აღმართზე მოძრაობისას, კვტ.სთ/(ტ.კმ);  $L$ - გვირაბის სიგრძე, კმ. გვირაბი ამ შემთხვევაში იანგარიშება როგორც ერთი საანგარიშო უბანი;  $\Delta H$  - ვერტიკალური მანძილი გვირაბის პორტალების ნიშნულებს შორის.

ცხრილი 1

მოძრავი შემადგენლობის მიერ გამოყოფილი სითბო

მოძრავი შემადგენლობის მასა, ტ	მატარებლების საშუალო რიცხვი, ცალი	ელექტროენერჯის საშუალო კუთრი ხარჯი, ვტ.სთ/(ტ.კმ) [კვტ.სთ/(ტ.კმ)]	პორტალების ნიშნულებს შორის ვარტიკალური მანძილი, მ	გამოყოფილი ჯამური სითბო, კკალ/სთ [კჯ/სთ]
2168	2.17	105.0 [0.105]	31.85	146098 [611640]

მოძრავი შემადგენლობის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა და სხვა ამოსავალი სიდიდეები მოცემულია ცხრილში 1.

განათებაზე დახარჯული მთელი სიმძლავრე სავენტილაციო ნაკადს გადაეცემა სითბოს სახით, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$q_2 = 860N_1m, \quad (20)$$

სადაც  $N_1$  არის განათების ქსელის მიერ მოთხოვნილი სიმძლავრე, კვტ;  $m$  - ელექტრული კარგების კოეფიციენტი,  $m=1.0$ .

განათების შედეგად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა და საბოლოო ჯამური სითბო მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2

განათების შედეგად გამოყოფილი სითბო

მოთხოვნილი სიმძლავრე, კვტ	დანაკარგების კოეფიციენტი	გამოყოფილი სითბო, კკალ/სთ [კჯ/სთ]	გვირაბში გამოყოფილი საბოლოო ჯამური სითბო, კკალ/სთ [კჯ/სთ]
15.0	1.0	12900 [54180]	158998 [667791]

მარაბდა-ახალქალაქის სარკინიგზო გვირაბის ოთხივე გვირაბის ხანძარსაწინაღო ღონისძიებები შემდეგია:

1. შეტყობინების სისტემის მოწყობა.

2. მატარებლის მიერ გვირაბის რაც შეიძლება მეტი სიჩქარით გადალახვა ხანძრის შემთხვევაში და ხანძარსაქრობი ჩიხის მოწყობა გვირაბს გარეთ.

მოცემული გვირაბის პირობებისათვის დადგენილია, რომ შემადგენლობაზე მიღვენებულ ჰაერის ნაკადს იმ შემთხვევაში ექნება

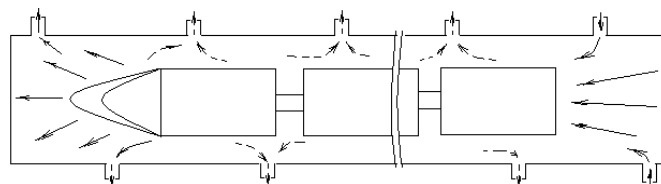


მატარებლის სიჩქარე, თუ მატარებლის კვეთი მოლიანად აავსებს გვირაბის კვეთს და მათ შორის ღრეწო არ იქნება. ამ შემთხვევაში მატარებელი უსასრულოდ მცირე სიჩქარით მოძრაობისას გამოდევნის მხოლოდ გვირაბის მოცულობის ტოლი მოცულობის ჰაერს.

რეალურად მატარებლის მიდელური კვეთის ფართობი ყოველთვის ნაკლებია გვირაბის განივი კვეთის ფართობზე და ჰაერი ყოველთვის გადაედინება უკან, რომელიც აეროდინამიკურ წინაღობას უქმნის მატარებელზე მიდევნებულ ნაკადს, ამცირებს მის სიჩქარეს და ჰაერის ხარჯს.

უკან გადადინება, ანუ ნაკადის შებრუნება  $180^{\circ}$ -ით შესაძლებელია ავიცილოთ ან მნიშვნელოვნად შევამციროთ იმ შემთხვევაში, თუ გვირაბის კედლებთან მოვაწყობთ ღიობებს, რაც წარმოდგენილია ნახაზზე 13.

ნახაზიდან ჩანს, რომ ღიობებიდან ატმოსფეროში გადის გადადინებული ჰაერი მატარებლის შემადგენლობის ფარგლებში, ხოლო შემადგენლობის მიღმა გვაქვს შემდეგი სურათი: მატარებლის წინ არსებულ ღიობებში, მატარებლიდან დაშორების კვალობაზე, ჰაერი კლებადი ხარჯით ჰაერი კვლავ გაედინება ატმოსფეროში, ხოლო მატარებლის უკან ღიობებიდან ხდება ჰაერის შეწოვა გვირაბში ასევე კლებადი ხარჯით. აღნიშნული მნიშვნელოვანდ ამცირებს აეროდინამიკურ წინაღობას, მატარებლის მიერ აღძრული დეპრესიით ჰაერის უფრო დიდი მოცულობა გადაადგილდება და რაც არანაკლებ მნიშვნელოვანია, აეროდინამიკური წინაღობის შემცირების ხარჯზე მცირდება ქსელიდან წადებული ელექტროენერგია წვევაზე და შესაბამისად, უფრო ნაკლები სითბო გამოიყოფა გვირაბში მატარებლის მოძრაობის შედეგად.



ნახაზი 13. ჰაერის ნაკადების მიმართულება გვირაბში მაშინ, როცა გვირაბის კედლებში მოწყობილია ღიობები. ღიობებს გარე პერიმეტრზე უნდა ექნეს გისოსები და ლითონის კარები.. ეს უკანასკნელი ზამთრის პერიოდში მჭიდროდ უნდა ჩაიკეტოს

ნახაზზე 13 წარმოდგენილი პრინციპული სქემა შეესაბამება მოცემული გვირაბის განიაგების სქემას ზაფხულის პერიოდისათვის და ამოცანაა ისე შეირჩეს ღიობების კვეთები და მათი ერთმანეთისაგან დაშორება, რომ მიღებული იქნეს მაქსიმალური ეფექტი.

ზამთრის პირობებში, როცა სავენტილაციო ფანჯრები დაკეტილია და გვირაბსა და მატარებელს შორის არსებულ ღრეჩოში ხდება ჰაერის გადაღინება, ჰაერის ხარჯი მცირდება იმის გამო, რომ მატარებლების უკან ხდება საპირისპირო მიმართულებით მოძრავი ჰაერის ნაკადების შეჯახება და მატარებლის თანმდევი ნაკადის სიჩქარისა და ხარჯის შემცირება.

ამგვარად, გვირაბის თავისუფალ კვეთში არსებული ჰაერის 2/3 მოცემული პირობებისათვის გადაადგილდება მატარებლის წინ, ხოლო 1/3 გადაედინება ღრეჩოში. იგივე თანაფარდობის გავრცელება მიახლოებით შესაძლებელია მოძრავი შემადგენლობის მერმექმედებაზეც. ზამთრის პირობებში გვირაბს დგუშური ეფექტით მიეწოდება ზაფხულის ხარჯის 2/3 ნაწილი, ანუ  $Q_{X2/3} = 101503 \text{ მ}^3/\text{სთ}$  ჰაერი. მიღებული შედეგები შეტანილია ცხრილში 3.

ცხრილი 3

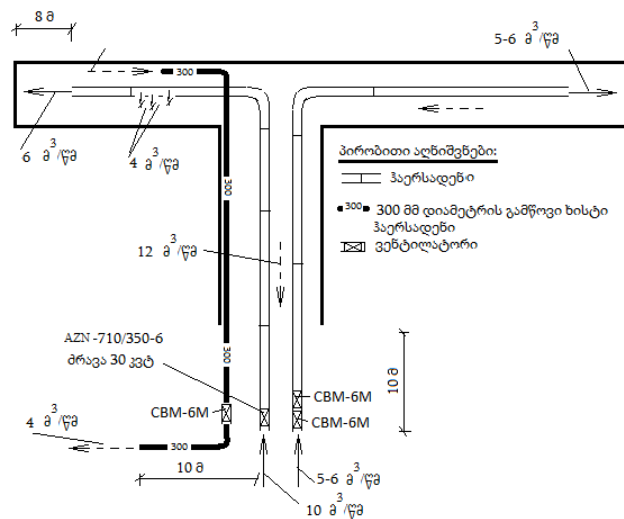
ჰაერის რაოდენობის ანგარიშის შედეგები და ტემპერატურის ნაზარდი სეზონების მიხედვით

ჰაერის ხარჯი და ტემპერატურის ნაზარდი ზამთარში		ჰაერის ხარჯი და ტემპერატურის ნაზარდი ზაფხულში	
ჰაერის ხარჯი, მ <sup>3</sup> /სთ	ტემპერატურის ნაზარდი, °C	ჰაერის ხარჯი, მ <sup>3</sup> /სთ	ტემპერატურის ნაზარდი, °C
83740	3,6	152255	6,6

ყოველი ღიობის კვეთის ფართობი უნდა იყოს 5.6 მ<sup>2</sup>, რომლებიც მოეწეობა ყველა კამერასა და ნიშაში, გვირაბის ორივე მხარეზე.

**ლუხუნის ჰესების კასკადის წყლის მიმწოდებელი გვირაბის ვენტილაცია.** მდინარე ლუხუნის ჰესების კასკადის №2 ჰესი განლაგებული იქნება სოფელ ურავში. ჰესში წყლის მიწოდება მოხდება 8 მ<sup>2</sup> განივი კვეთის მქონე 4,5 კმ სიგრძის გვირაბის მეშვეობით, რომლის მშენებლობაც ამჟამად მიმდინარეობს. აღნიშნული გვირაბის გაყვანა ხდება შტოლნიდან ორი მიმართულებით - მარცხენა და მარჯვენა ფრთაზე ჩიხური სანგრევეებით (№3 და №4 სანგრევეები

შესაბამისად), რომლებიც დაპროექტებული გვირაბის ნაწილებს წარმოადგენენ. სულ მოცემული გვირაბის გაყვანა მოხდება 4 სანგრევის მეშვეობით. მარცხენა ფრთის ჩიხური სანგრევი, შტოლნასთან შეუღლების ადილიდან დაშორებულია 103 მ-ით, ხოლო მარჯვენა ფრთაზე გაყვანილია 160 მ სიგრძის გვირაბი. მარჯვენა ფრთის ჩიხური სანგრევის განიავება ხდება ერთმანეთთან მიმდევრობით შეერთებული ორი ცალი CBM-6M ვენტილატორის მეშვეობით, 500 მმ დიამეტრის მოქნილი ჰაერსადენით, მომდენი სქემით. მოცემული ჩიხური სანგრევის გაყვანა წარმოებს ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოებით.



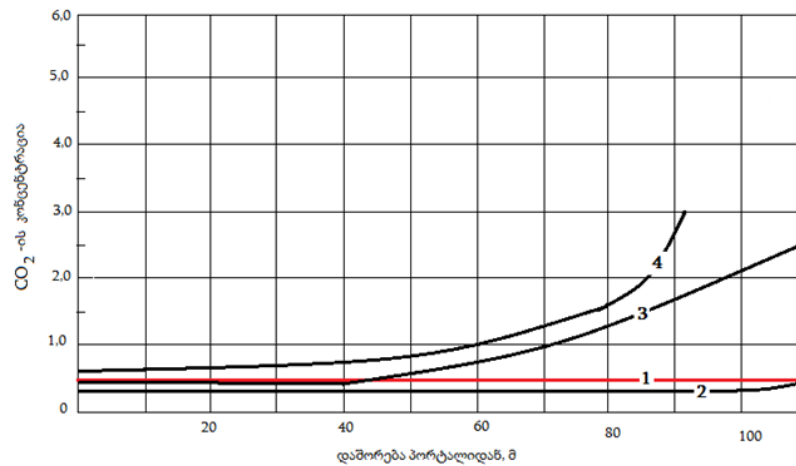
**ნახაზი 14. ჩიხური გვირაბის განიავების მომდენ-გამწვანო ვენტილაციის სქემა: მარცხენა ფრთის ჩიხურ სანგრევში ხდება ჰაერის მიწოდება AZN-710/350-6 ტიპის ღერძული ვენტილატორით**

მარცხენა ფრთის №3 ჩიხურ სანგრევში, შესასვლელიდან დაახლოებით 95 მ მანძილზე გამოვლენილია ნახშირბადის დიოქსიდის (ნახშირორჟანგის) სუფლარული გამოყოფა, რის გამოც გაყვანითი სამუშაოები ამ უბანზე შეჩერებულია.

მოქმედი ვენტილაციის პირობებში, როცა ჰაერის მიწოდება ხდებოდა CBM-6M ვენტილატორის მეშვეობით 500 მმ დიამეტრის ჰაერსადენით, ტყიბულის გასამხედროებული სამთო მაშველის ლაბორატორიის მიერ, სავენტილაციო ჰაერში სამჯერ ჩატარდა ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის განსაზღვრა. მარცხენა ფრთის ჩიხურ სანგრევში ნახშირორჟანგის კონცენტრაციამ შეადგინა შესაბამისად - 5,0%, 5,5% და 4,5%.

მოცემული გვირაბის განიავებისათვის შეთავაზებული იქნა მომდენ-გამწოვი ვენტილაციის კომბინირებული სქემა, რომელიც წარმოდგენილია ნახაზზე 14.

აღნიშნული სქემის განხორციელების შემდეგ, გვირაბში დამყარდა ვენტილაციის ნორმალური რეჟიმი და განახლდა გაყვანითი სამუშაოები, რის შესახებაც გაფორმდა სათანადო აქტები, რომელთა ასლები დანართის სახით მოცემულია სადისერტაციო ნაშრომში. დაკვირვებების შედეგები წარმოდგენილია ნახაზზე 15.



ნახაზი 15. ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის ცვალებადობის ხასიათი ლუხუნის ჰესების კასკადის 3 ჩიხურ სანგრევეში (შესრულებული გაზომვების მიხედვით): 1 - ნახშირორჟანგის დასაშვები კონცენტრაცია უსაფრთხოების წესების მიხედვით (0,5%); 2 - ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია ადგილობრივი განიავების დროებითი სავენტილაციო სქემის რეალიზაციის შემდეგ; 3 - ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია 2012 წლის 3 აგვისტოს შემოწმების აქტის მიხედვით; 4 - ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია კონცენტრაცია 2012 წლის 1 აგვისტოს შემოწმების აქტის მიხედვით

### ძირითადი დასკვნები

1. ერთგვირაბიან სავენტილაციო სისტემებში ხანძრის მიერ აღძრული წევის დეპრესიის შეფასება პირველი მიახლოებით შესაძლებელია კლასიკური განტოლების გამოყენებით.
2. რიკოტის გვირაბის ვენტილაციის გრძივ-განივ სქემას ახასიათებს სისტემური ნაკლი, რაც ისაა, რომ ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში მოცემული სქემა ავტომატურად გადაკეთდება გრძივად. შესაბამისად, საჭიროა სისტემური ნაკლის აღმოფხვრა და ჩვეულებრივი რეჟიმით გვირაბის ვენტილაციისას ვისარგებლოთ უფრო ეკონომიკური გრძივი

სქემით, ხოლო თვით ვენტილაცია შესაძლებელია განხორციელდეს ჭავჭავიური პრინციპით ან ჭარბწნევიანი ვენტილატორების მეშვეობით.

3. ნებისმიერი სავენტილაციო სქემის პირობებში ერთგვირაბიანი სისტემისათვის შეუძლებელია სავენტილაციო ნაკადის ეფექტური რევერსირება, რადგან ხანძრის შემთხვევაში აღიძვრება ძლიერი წვევა, რომელიც თეორიულად, დაახლოებით 30-ჯერ აღემატება ყველაზე მძლავრი ვენტილატორების საერთო წნევას. ეს გათვალისწინებული უნდა იქნეს მიწისქვეშა ნაგებობების ხანძარუსაფრთხოების საკითხების გადაწყვეტისას.

4. 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძარიც საკმარისია სავენტილაციო სისტემის კოლაფსისათვის ხანძრის მიერ სრული სიმძლავრის აკრეფიდან პირველივე წუთებში; სიმძლავრის პიკური მაჩვენებლის მიღწევის პერიოდი იცვლება 10–20 წთ-ის დიაპაზონში მაშინ, როცა ხანძრის სიმძლავრის ცვალებადობის ფარგლები შეადგენს 30–100 მგვტ. ამასთან ერთად, ხანძრის საწყის სტადიაზე, ვენტილატორები კვამლის მოსაცილებლად უფრო ეფექტურია სითბოს არინებასთან შედარებით

5. ბუნებრივი წვევის გავლენა, რომელიც მინიმუმამდე არის დაყვანილი გრძივ-განივი სისტემის ნორმალური ფუნქციონირებისას, ხანძრის შემთხვევაში კვლავ ძალაში რჩება. აღნიშნული გათვალისწინებული უნდა იქნეს სატრანსპორტო გვირაბების და სხვა მიწისქვეშა ნაგებობების დაპროექტების, მშენებლობის, ექსპლუატაციისა და მოდერნიზაციის საკითხების გადაწყვეტისას.

6. რიკოტის გვირაბში დაახლოებით  $\pm 30$  პასკალის დიაპაზონის ბუნებრივი წვევის ხდომილება 60 %-ს შეადგენს. ბუნებრივი წვევის დეპრესიის სეზონური ცვალებადობა რიკოტის გვირაბში სინუსოიდურთან მიახლოებული კანონზომიერებით ხასიათდება.

7. ხანძრების პრევენციისათვის რიკოტის გვირაბში ადვილადაალებადი, ფეთქებადი, ტოქსიკური და სხვა საშიში ტვირთებისათვის უნდა დაწესდეს განრიგი.

10. დადგენილია, რომ ჭარბწნევიანი ვენტილაციის გამოყენებისას შეწოვის ეფექტი უფრო მეტია ვენტილაციის ჭავჭავიური პრინციპთან შედარებით. ამის მიზეზია დამატებითი ტურბულენტური ნაკადების აღძვრა ჭავჭავიური ვენტილაციის შემთხვევაში და ამ ნაკადებით

გამოწვეული წნევის ვარდნა ხახუნის შედეგად, რაც ამცირებს ვენტილაციის ეფექტს.

11. რიცხვითი ანალიზის შედეგებით, მობილური ვენტილატორის ეფექტურობა, როცა ხანძარი ხდება გვირაბში ან მის გარეთ, გამოკვეთილია. ამიტომ ის შემოთავაზებულია როგორც ბევრად უფრო უკეთესი სავენტილაციო მეთოდი გვირაბების ვენტილაციისათვის ჩვეულებრივი რეჟიმით და ხანძრის შემთხვევაში.

12. წარმოდგენილი მასალა ადასტურებს, რომ მარაბდა-ახალქალაქის სარკინიგზო მაგისტრალის ყველა გალერეა შესაძლებელია განიავდეს მატარებლის დგუშური ეფექტის ხარჯზე აღძრული ბუნებრივი წევით და არცერთ გვირაბში საჭირო არაა ხელოვნური ვენტილაციის მოწყობა.

13. დგუშური ეფექტით აღძრული წევის უფრო შედეგიანი გამოყენებისათვის საჭიროა სავენტილაციო ღიობების მოწყობა ყველა კამერასა და ნიშაში, გვირაბის ორივე მხარეზე. ყოველი ღიობის კვეთის ფართობი უნდა იყოს 5,6 მ<sup>2</sup>. ასაწყობი კონსტრუქციების დამზადების გამარტივების მიზნით სასურველია სავენტილაციო ფანჯრებიანი კონსტრუქციებით აეწყოს აგრეთვე შედარებით მცირე სიგრძის დანარჩენი გალერეებიც, თუმცა მათი ეფექტური განიავების პირობა არ საჭიროებს ამ უკანასკნელთა მოწყობას.

14. ადგილობრივი განიავების დროებითი სავენტილაციო სქემის რეალიზაციის შედეგად ლუსუნჰესის წყლის მისაწოდებელ გვირაბში უზრუნველყოფილ იქნა ნახშირბადის დიოქსიდის კონცენტრაციის დასაშვები მაჩვენებლები უსაფრთხოების წესების შესაბამისად და განახლდა ექსპლუატაცია.

### **ინფორმაცია ნაშრომის აპრობაციის შესახებ**

სადისერტაციო ნაშრომის აპრობაცია ხდებოდა 2009-2013 წლებში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიურ ფაკულტეტზე. სტუ-ს სამეცნიერო კომფერენციაზე და თემატურ სემინარებზე.

### **პუბლიკაციები**

სადისერტაციო თემის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო ნაშრომში:



Based on the above by means of computer simulation, have been investigated of the ventilation systems and itself the ventilation in case of fire. On the basis of this research were developed systems that allow mitigating the negative consequences of the fire.

Strong fires already having place in the tunnels around the world clearly set the problem of elaboration of ventilating systems that are ready for calamity avoidance within transport tunnels. In a part of tunnels people have survived by chance while in the St. Gotthard tunnel, also in tunnel of Mont Blanc and tunnel of Frejus and in other tunnels there were human victims.

From the above follows that the development of ventilating systems in case of fire for mitigation of calamity in Rikoti road tunnel is urgent for steady functioning of mentioned underground structures and also for sustainable development of the economy of Georgia.

It is clear that the solution of the great problem is very importance for our country and similar elaboration always actual. Though the problem is more urgent and has greater scale, because of not only road motion participants make mistake, but also the experts of very high qualification have made mistake in estimation of ventilation capacities in case of fire. For example, we may review the resolution of experts about the fire in St.Gotthard tunnel: UN, Economic and Social Council, Economic Commission for Europe, Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels, Report TRANS/AC.7/11, February, 2002.

The final aim of the presented project is to achieve more reliable life safety, decrease material damage and effective control of emergency situations in mentioned road tunnel for presumed fire scenarios.

Thus the planned researches have three purposes: to protect life by allowing evacuation of tunnels and, if possible, to give fire-fighting personnel a clear path to the site of the fire and also, to prevent dissemination of fire and distribution of smoke by means of transformable elements.

The case studies and calculations based on the results of new research have been carried out for the railway tunnel and the tunnel hydroelectric. The reported results implemented in production.