

დავით ცანავა

**გვირაბების უსაფრთხო ვენტილაცია
ტრანსფორმირებადი ელემენტების
გამოყენებით**

ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომის
უსაფრთხოებისა და საგანგებო სუტუაციების მართვის დეპარტამენტში

თბილისი
2023

ავტორი მადლიერებით აღნიშნავს სამეცნიერო ხელმძღვანელის, რუმინეთის ტექნიკურ მეცნიერებათა აკადემიის საპატიო აკადემიკოსის, ბალკანეთის ქვეყნების სამთო აკადემიის საპატიო აკადემიკოსის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორის ომარ ლანჩავას ღვაწლს წინამდებარე ნაშრომის წარმატებით დაგვირგვინებაში.

ავტორი აგრეთვე მადლიერებით აღნიშნავს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორ ალექსანდრე ბეჟანიშვილისა და გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერი თანამშრომლის, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის თამაზ გობეჯიშვილის მიერ გაწეულ შრომას წინამდებარე ნაშრომის სრულყოფის საქმეში.

შინაარსი

რეზიუმე	4
შესავალი	6
საკითხის აქტუალობა და პრაქტიკული მნიშვნელობა	7
პრობლემის არსი	10
ტრანსფორმირებადი სისტემები, როგორც პრობლემის გადაჭრის გზა	11
1. ლიტერატურის მიმოხილვა, წინასწარი ცნობები	12
1.1 მსოფლიოს გვირაბებში მომხდარი ხანძრების სტატისტიკა	12
1.2 სატრანსპორტო გვირაბის ვენტილაციის სახეები და მათი მუშაობის პრინციპები	16
1.3 სატრანსპორტო გვირაბის ხანძრის გავრცელების ხასიათი და მისი განმაპირობებელი მახასიათებლები	19
2. რიცხვითი მოდელირების მეთოდის გამოყენებით განხორციელებული კვლევა	27
2.1 კვლევის არსი	27
2.2 მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები	28
2.3 ჰაერის ნახევრად განივი მიწოდების სავენტილაციო სისტემით აღჭურვილ, ჰორიზონტალურ საავტომობილო გვირაბებში განვითარებული ხანძრების რიცხვითი მოდელირება	30
2.4 ჰაერის გრძივი მიწოდების სავენტილაციო სისტემით აღჭურვილ დახრილ საავტომობილო გვირაბებში ინიცირებული და განვითარებული 5 - 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების რიცხვითი მოდელირების შედეგები	36
2.5 მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ეფექტურობის დადგენა ჰორიზონტალურ საავტომობილო გვირაბებში	40
3. საავტომობილო გვირაბის ნატურალურ მოდელზე განხორციელებული კვლევების შედეგები	48
3.1 თეორიული ნაწილი	48
3. 2 შედეგები და ანალიზი	50
დასკვნა	68
გამოყენებული ლიტერატურა	70

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია, ჰორიზონტალურ და დახრილ საავტომობილო გვირაბებში სხვადასხვა მიზნუბით ინიცირებული და განვითარებული, განსხვავებული სიმძლავრის ხანძრების პირობებში ფორმირებული დამაზიანებელი ფაქტორების გვირაბში გავრცელების ხასიათი და მათი კორელაცია გვირაბის ფორმებზე, გეომეტრიაზე და დახრილობაზე, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკულ სიჩქარეზე, კვამლისა და სხვა ნამწვი პროდუქტების გვირაბში უკუდინების მანძილზე, განსაზღვრულია გვირაბში ხანძრის პირობებში სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენისათვის აუცილებელი საევაკუაციო დროის ხანგრძლივობის მნიშვნელობა, არსებითი აქცენტია დასმული საავტომობილო გვირაბების უსაფრთხოდ ექსპლუატაციის თვალსაზრისით, გვირაბების თბოფიზიკური გაანგარიშების მნიშვნელობაზე.

შემოთავაზებულია, სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მართვის სისტემების სრულყოფისა და ექსტრემალურ პირობებში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენის მიზნით, მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები, რომელიც გვირაბში განვითარებული ხანძრის პირობებში, აეროდინამიკური წინაღობის გაზრდის შედეგად შეაფერხებს წვის მავნე პროდუქტების გავრცელებას ადამიანების ევაკუაციის გზაზე. აღნიშნული მოწყობილობის მოქმედების ეფექტურობა შესწავლილია რიცხვითი და ფიზიკური მოდელირების გზით სხვადასხვა დახრილობის გვირაბებისათვის განსხვავებული ხანძრის სიმძლავრისა და სცენარების პირობებისათვის.

რიცხვითი მოდელირების მეთოდით შესწავლილია, ჰაერის მიწოდების ნახევრად განივი სავენტილაციო სისტემით აღჭურვილ ჰორიზონტალურ გვირაბში, 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის განვითარებისას ნახშირბადის მონოქსიდის გავრცელების უკუდინების მანძილის კორელაცია სავენტილაციო და სახანძრო არხებში ჰაერის ნაკადის სიჩქარესთან, შესწავლილია მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ეფექტურობა შესაბამისი სასაზღვრო პირობებისათვის. შედეგები აჩვენებს, რომ ტრანსფორმირებადი სისტემების გამოყენება კვამლისა და წვის სხვა პროდუქტების გავრცელების უკუდინების მანძილის შემცირებაზე, სულ მცირე 10 % -იან ეფექტს იძლევა.

მოცემულია შეფასება და განხორციელდა შედარება, ჰაერის გრძივი განაწილების სავენტილაციო სისტემით აღჭურვილ ჰორიზონტალურ გვირაბში განვითარებული 5; 10; 30 და 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელების ხასიათის, როცა მწყობრიდან გამოვიდა გვირაბის სავენტილაციო სისტემა და გააქტიურებულია ტრანსფორმირებადი სისტემები, შემთხვევასთან, როდესაც გვირაბი არ არის აღჭურვილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით. რიცხვითი მოდელირების შედეგები ცხადყოფენ, რომ ტრანსფორმირებადი სისტემის მეშვეობით გვირაბის განივი კვეთის 50 %-ით გადაფარვის შემთხვევაში შესაძლებელია მნიშვნელოვანი დადებითი შედეგების მიღება წვის პროდუქტების გავრცელების შეზღუდვისა და სიცოცხლის გადარჩენის საქმეში.

სხვადასხვა სიმძლავრის 5, 10, 15, 20, 30, 50 მგვტ ხანძრებით გამოწვეული წვის პროდუქტების გავრცელება განხილულია 400 მ-მდე სიგრძის გვირაბებში, სადაც გვირაბების დახრილობა მოდელზე 0, 1, 3, 5, 7, 9 % შეადგენს, გვირაბის განივი კვეთის ფართობია 42.5 მ². ნაჩვენებია „ბუხრის ეფექტით“ გამოწვეული ისეთი დამაზიანებელი ფაქტორების დინამიკური ცვალებადობა, როგორებიცაა: ნახშირბადის მონოქსიდი და ტემპერატურა. მოდელირება შესრულებულია FDS პროგრამულ გარემოში სასრულ მოცულობათა მეთოდის გამოყენებით.

მოდელირებული პროცესის დრო შეადგენს 180 წმ. სასრული მოცულობის მინიმალური უჯრედის ზომა არის $0.25 \times 0.25 \times 0.25$ მ. ცეცხლის კერა განთავსებულია გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში. მიღებული შედეგები მოცემულია გვირაბის ცენტრალური გრძივი კვეთის სიბრტყეში. სასაზღვრო პირობა მოცემული გვაქვს პორტალებს შორის სიმაღლეთა სხვაობით გამოწვეული დინამიკური წნევის ნაზრდის სახით ნორმალურ პირობებში.

შესწავლილია კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობა გვირაბის დახრილობის მიხედვით, აღნიშნული ცვალებადობის მახასიათებელი სიდიდე - გრადიენტ-ფაქტორი და კვამლის გავრცელების ხასიათი. აღნიშნულ სიდიდეებზე დაკვირვება ხდება გვირაბის მოდელზე ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის მიხედვით. გაზომვა ხდება K ტიპის თერმოწყვილებით ღია და დახურული აღმქმელებით - გაზომილი მაქსიმალური შესაძლო ტემპერატურა 800°C . თერმოწყვილები განთავსებულია გვირაბის მოდელის ჭრში გაკეთებულ ნახვრეტებში. ნახვრეტებს შორის მანძილია 5 და 10 სმ, რაც შეესაბამება ნატურაში გვირაბის სიგრძეს 5 და 10 მ. ხანძრის დამოდება ხდება ბუნებრივი აირით. თერმოწყვილებიდან, ჰაერისა და გაზის ხარჯსაზომებიდან ანათვლების ერთდროული აღება, პირველადი ანალიზი და მონაცემების ციფრული ფორმით გადმოცემა ხდება მონაცემების შეგროვების „დატათეიქერის“ წარმოების DT85 მოწყობილობით.

წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია მარტივი მოქნილი მოწყობილობა, რომელიც მთლიანად ან ნაწილობრივ გადაკეტავს გვირაბის განივკვეთს, დაყოფს გვირაბს შედარებით მოკლე სიგრძის მონაკვეთებად, პარალელურად მოახდენს ხანძრის კერის სრულ ან ნაწილობრივ იზოლირებას დროის იმ შუალედში, რაც საკმარისი უნდა აღმოჩნდეს სიცოცხლის გადარჩენისათვის. სპეციალური დირექტივის შესაბამისად, მითითებული დროის შუალედი არის პირველი 10 წთ ხანძრის დაწყებიდან. მაშასადამე, შემოთავაზებული მოწყობილობა გაზრდის გვირაბის აეროდინამიკურ წინაღობას, შეაფერხებს წვის პროდუქტების გავრცელებას სავენტილაციო ნაკადთან ერთად და არის სავენტილაციო ტექნოლოგიის ნაწილი. ხაზგასმით აღვნიშნავთ, რომ შემოთავაზებული მოწყობილობის პრეროგატივა არის სიცოცხლის გადარჩენაში ხელშეწყობა. თუმცა გვირაბში ანალოგიური მოწყობილობის დამონტაჟების შემთხვევაში როგორც გვირაბის მომსახურე პერსონალს, ისე მაშველებს სავენტილაციო ნაკადისა და მასთან ერთად მოძრავი წვის ტოქსიკური პროდუქტების მართვის ერთმნიშვნელოვნად უფრო მეტი საშუალება ექნებათ. აღნიშნული მოწყობილობა შესაძლებელია დამონტაჟდეს ყოველ 200-500 მ მანძილზე და რაღაცნაირად შეუთავსდეს საავარიო გასასვლელებს, რომლებიც აღნიშნულ ადგილებში უნდა მოეწყოს. ან შესაძლებელია დამონტაჟდეს საავარიო სადგურებთან ყოველ 150 მ მანძილზე ახალი გვირაბებისათვის და 250 მ მანძილზე ძველი გვირაბებისათვის, რასაც ითვალისწინებს ახალი რეგულაცია გვირაბების უსაფრთხოების შესახებ. ამგვარად, დამყოფი სისტემის განლაგება გვირაბში მოხდება სათანადო სტანდარტით განსაზღვრულ უბნებზე და გვირაბის განივი კვეთის გეომეტრიის შესაბამისად მას უნდა ექნეს ტრანსფორმირების შესაძლებლობა.

შესავალი

საქართველოს სახელმწიფოს მთავრობა, სოციალურ პერტნიორებთან კონსულტაციების საფუძველზე, შესაბამისი ზედამხედველი ორგანოების სრულფასოვანი ჩართულობით, ეკონომიკის ყველა დარგის რისკების შეფასების საფუძველზე განსაზღვრავს და ადგენს ეკონომიკური განვითარების პრიორიტეტულ დარგებს, შედეგად შესაბამისი შედეგები აისახება ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების სტრატეგიულ გეგმაში. აღნიშნული გეგმის მიხედვით, მნიშვნელოვანი აქცენტებია დასმული ეკონომიკური საქმიანობის ისეთ მიმართულებებზე, როგორებიცაა: სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება და სრულყოფა, ქვეყნის სატრანზიტო პოტენციალის სრულად რეალიზება, ტურისტული სექტორისა და სოფლის მეურნეობის განვითარება.

დღევანდელ ეპოქაში, ქვეყნის ეკონომიკის ნებისმიერი პრიორიტეტული დარგის მდგრადი და ინტენსიური განვითარება, არსებითად არის დამოკიდებული ქვეყნის ერთიანი სატრანსპორტო სისტემის მოდერნიზაციაზე და პროგრესზე, რაც თავისთავში გულისხმობს, საავტომობილო, სარკინიგზო, საზღვაო, საჰაერო და სხვა სპეციფიკური სატრანსპორტო სისტემების მოდერნიზაციასა და განვითარებას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ქვეყანაში მაქსიმალური ეკონომიკური ეფექტის მიღწევის თვალსაზრისით ერთიანი სატრანსპორტო სისტემის ფორმირება და პროგრესი ყოველთვის წინ უნდა უსწრებდეს ეკონომიკის სხვა დარგების განვითარებას, რადგან განვითარებული სატრანსპორტო სისტემა განიხილება როგორც ხელშემწყობი ფაქტორი ეკონომიკური წარმატების მიმართულებით.

ყურადღებას გავამახვილებთ ქვეყნის ერთიანი სატრანსპორტო სისტემის, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან და საკვანძო შემადგენელზე, კერძოდ საავტომობილო სატრანსპორტო სისტემის ფორმირება, მოდერნიზაციასა და პროგრესზე, რაც თავისთავში გულისხმობს, როგორც საქალაქო ასევე საქალაქთაშორისო სატრანსპორტო სისტემების განვითარებას.

არ შეიძლება, ყურადღების მიღმა დავტოვოთ მსოფლიოში მიმდინარე გეოპოლიტიკური პროცესები, რომელსაც რა თქმა უნდა პირდაპირი თუ ირიბი ასახვა აქვს ჩვენი ქვეყნის განვითარებაზე, კერძოდ ევრაზიის კონტინენტზე, ბოლო პერიოდში განვითარებული მოვლენები მნიშვნელოვანი გამოწვევებისა და ამასთან ერთად ახალი შესაძლებლობების წინაშე აყენებს ჩვენი ქვეყნის პროგრესირების პერსპექტივებს. საქართველოს ხელსაყრელი გეოგრაფიული მდებარეობა, კერძოდ სამხრეთ კავკასიაში საქართველოს, როგორც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი, აზიისა და ევროპის დამაკავშირებელი რგოლის ფუნქციური დატვირთვა, დღევანდელ მსოფლიო გამოწვევების ფონზე, სულ უფრო და უფრო აქტუალური ხდება. დღევანდელი, მკვეთრად ტურბულენტური გეოპოლიტიკური პროცესების მიმდინარეობის ფონზე, საქართველოს სრულფასოვანი ჩართულობა სატრანზიტო პოტენციალის მაქსიმალურად ეფექტურად ათვისების თვალსაზრისით, რეალური და ხელშესახები ხდება.

აღნიშნული დივიდენდების, რეალური პერსპექტივის სრულად რეალიზების მიზნით, აუცილებელია შესაბამისი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის არსებობა. ამასთან დაკავშირებით, ზოგიერთი სახეობის სატრანსპორტო სისტემების ინფრასტრუქტურის უზრუნველყოფის მიზნით ინტენსიური მოლაპარაკებები მიმდინარეობს საქართველოს ხელისუფლებას, აზიისა და ევროპის დაინტერესებულ ქვეყნების ხელისუფლებებს შორის, რაც შეეხება საავტომობილო სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონირებისათვის აუცილებელ სრულფასოვან სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურას, განსაკუთრებით 2019 წლიდან, აზიის განვითარების ბანკის, მსოფლიო ბანკისა და სხვა დონორი ორგანიზაციების დაფინანსებით ინტენსიურად მიმდინარეობს ქვეყანაში ერთ-ერთი გრანდიოზული ინფრასტრუქტურული პროექტის განხორციელება, რომელიც გულისხმობს, ქვეყნის აღმოსავლეთ საზღვრიდან დასავლეთ საზღვრამდე და შავი ზღვის პორტებამდე საავტომობილო ტრანსპორტისათვის განკუთვნილ, სრულფასოვან ჩქაროსნული ავტომაგისტრალის მშენებლობას.

საკითხის აქტუალურობა და პრაქტიკული მნიშვნელობა

აღნიშნული პროექტის ფარგლებში, მხოლოდ რიკოთის უღელტეხილზე, რომელიც მშენებლობის კუთხით განსაკუთრებული სირთულით გამოირჩევა,

მშენებლობა ერთდროულად მიმდინარეობს 52 კმ სიგრძის მონაკვეთზე, სადაც ხორციელდება და ზოგ შემთხვევაში უკვე დასრულებულია 97 ხიდისა და 51 განსხვავებული სიგრძის საავტომობილო გვირაბის მშენებლობა.

პროექტში გათვალისწინებული ნაგებობების, მათ შორის საავტომობილო სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობა შესაბამისობაშია ყველანაირ ევროპულ სამშენებლო და მათ შორის აღნიშნული ნაგებობების შემდგომი, უსაფრთხოდ ექსპლუატაციის სტანდარტებთან.

სავტომობილო გვირაბების უსაფრთხოდ ექსპლუატაციისათვის აუცილებელია გვირაბის დაპროექტების პროცესშივე, უსაფრთხოების პრევენციის მიზნით, სწორად და რაციონალურად მოხდეს გვირაბის აქტიური და პასიური უსაფრთხოების სისტემების შემუშავება, დაგეგმა და დანერგვა, რომელთა საშუალებითაც გვირაბის ჩვეულებრივ რეჟიმში ექსპლუატაციის პროცესში სტაბილურად გარანტირებული იყოს გვირაბის მაქსიმალური უსაფრთხოება, ხოლო საგანგებო სიტუაციების ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში სისტემამ ჯეროვნად უნდა უპასუხოს ყველა არსებულ და მოსალოდნელ გამოწვევას.

სატრანსპორტო გვირაბების აქტიური უსაფრთხოების სისტემა გულისხმობს ისეთი პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებას, დაგეგმვასა და დანერგვას, რომელთა გამართული ფუნქციონირება გამორიცხავს გვირაბის ექსპლუატაციის პროცესში ნებისმიერი ტიპის საგანგებო სიტუაციების, მათ შორის ხანძრების ინიცირებას.

სატრანსპორტო გვირაბების პასიური უსაფრთხოების სისტემები, გვირაბის ჩვეულებრივ რეჟიმში ექსპლუატაციის დროს იმყოფებიან მოლოდინის

მდგომარეობაში და მათი გააქტიურება (ავტომატურ ან ხელით მართვის რეჟიმში) მას შემდეგ ხდება, როდესაც გვირაბის აქტიური უსაფრთხოების სისტემის რომელიმე კომპონენტის ფუნქციონირების ხარვეზის, ან სისტემისგან დამოუკიდებელი მიზეზით მაინც მოხდა გვირაბში საგანგებო მდგომარეობის, მათ შორის ხანძრის ინიცირება. აღნიშნული სისტემების ძირითადი დანიშნულებაა იზრუნოს სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის გადარჩენასა და საგანგებო ვითარების დროულ სტაბილიზაციაზე.

საავტომობილო გვირაბების უსაფრთხოდ ექსპლუატაციის სტანდარტების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი განმსაზღვრელი დებულება, როგორცაა „უსაფრთხოების აუცილებელი მინიმალური დონე“ მოცემულია და განმარტებულია ევროსაბჭოსა და ევროპარლამენტის ერთობლივად შემუშავებულ და მიღებულ დირექტივაში (The European Parliament and The Council of The European Union, 2004).

სატრანსპორტო გვირაბის უსაფრთხოდ ექსპლუატაციის უზრუნველყოფის ერთ-ერთ აუცილებელ პირობას გვირაბის სავენტილაციო სისტემის გამართულად ფუნქციონირება წარმოადგენს, რომელიც გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემის საკვანძო შემადგენლადაც განიხილება, ეს უკანასკნელი კი გვირაბის, როგორც აქტიური ასევე პასიური უსაფრთხოების სისტემის არსებითი კომპონენტია. როგორც ცნობილია, სავენტილაციო სისტემის დანიშნულებაა გვირაბის ჩვეულებრივ რეჟიმში ექსპლუატაციისას მიაწოდოს სუფთა ჰაერი გვირაბის შიგა სივრცეში და ნამუშევარი ჰაერი დააბრუნოს ატმოსფეროში. ამავე დროს, ისეთი საგანგებო სიტუაციების ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში, როგორცაა გვირაბში, მათ შორის ტექნოგენური მიზეზებით განპირობებული და ფორმირებული ხანძარი, სავენტილაციო სისტემის მუშაობის განსაკუთრებული რეჟიმის შერჩევით უზრუნველყოს საგანგებო ვითარებაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის გადარჩენა და შენარჩუნება, ხოლო მაშველ მუხანძრებს დაეხმაროს ჯერ ხანძრის ლოკალიზებაში და შემდგომ მის ლიკვიდაციაში.

საქართველოში, საავტომობილო სატრანსპორტო გვირაბების დაპროექტებისას, სავენტილაციო სისტემების საპროექტო გადაწყვეტაში გათვალისწინების მიზნით, სარგებლობენ შემდეგი დადგენილი ნორმებით: საავტო-მობილო სატრანსპორტო გვირაბებისათვის, რომელთა სიგრძე 150 მ-ზე ნაკლებია, გვირაბის ვენტილაცია ხორციელდება ბუნებრივი სავენტილაციო სისტემების საშუალებით, 150-400 მ სიგრძის გვირაბებისათვის, შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ბუნებრივი სავენტილაციო სისტემები იმ პირობით, რომ გვირაბის სავენტილაციო ჰაერის რაოდენობა და სხვა სავენტილაციო მახასიათებლები დააკმაყოფილებენ გვირაბის სრულფასოვან ვენტილაციისათვის საჭირო მოთხოვნებს, რაც შესაბამისი ანგარიშის საშუალებით დასტურდება, რაც შეეხება 400 მ-ზე მეტი სიგრძის საავტომობილო სატრანსპორტო გვირაბებს, მათი ვენტილაციისათვის აუცილებელია ხელოვნური სავენტილაციო სისტემების გამოყენება. ევროპის უმეტეს ქვეყნებში აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებით ანალო-გიური სტანდარტებია გათვალისწინებული.

საავტომობილო ტრანსპორტისათვის განკუთვნილი გვირაბების უსაფრთხოოდ ექსპლუატაციის ერთ-ერთ ძირითად რისკ-ფაქტორს, სხვადასხვა მიზეზებით

ინიცირებული და განვითარებული ხანძრები წარმოადგენს, რომლებიც, როგორც ყველა დახურულ სივრცეში განვითარებული ხანძრები, განსაკუთრებული მძიმე შედეგებით გამოირჩევა.

მიწისქვეშა სივრცეში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრების დამაზიანებელი ფაქტორები მრავალია, რომელთაგან ძირითადად განსახილველია:

წვადი მასალის სრული ან არასრული წვის შედეგად ფორმირებული მხუთავი და ტოქსიკური აირები, რომლებიც სიცოცხლეზე ახდენენ კრიტიკულად ნეგატიურ გავლენას;

არასრული წვის შედეგად გამოყოფილი ქვარტლი, რომელიც გამოირჩევა ტოქსიკურობით, ხილვადობის მკვეთრი შეზღუდვით და ადამიანების გადარჩენის შესაძლებლობებს მკვეთრად ზღუდავს;

წვადი მასალის სრული ან არასრული წვის შედეგად გამოყოფილი დიდი რაოდენობით სითბო, რომელიც მაღალი ტემპერატურით ხასიათდება და ძირითადად ინფრასტრუქტურის მდგრადობაზე ახდენს გამანადგურებელ გავლენას.

გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში ფორმირებული აქ აღნიშნული დამაზიანებელი ფაქტორები ხასიათდებიან ხანძრის კერის გარშემო დინამიკური და ტურბულენტური გავრცელებით.

ატლანტიკისა, რომ ევროსაბჭოს მიერ შემუშავებული დირექტივის EC 2004/54 ფარგლებში, დარგის სპეციალისტებისა და ექსპერტების შეფასების მიხედვით, ტრანსევროპული სატრანსპორტო ქსელის (TERN) 500 მ-ზე უფრო გრძელი საავტომობილო გვირაბებისათვის სახანძრო უსაფრთხოების მდგრადად უზრუნველყოფის აუცილებელი ხარჯები 2,6 - 6,3 მლრდ ევროს ფარგლებში განისაზღვრა. ექსპერტების შეფასებით, 2,6 მლრდ ევრო აუცილებელია გვირაბის სავანტილაციო სისტემების მოდერნიზაციისათვის ისეთი მიმართულებით, რომ უზრუნველყოს უსაფრთხოება.

სატრანსპორტო გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრისას, სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის გადარჩენაზე ზრუნვა №1 ამოცანას წარმოადგენს. ასეთ ვითარებაში მოხვედრილი ადამიანების გადარჩენის ერთ-ერთი ძირითადი და ეფექტური შესაძლებლობა, მათი დროული და ორგანიზებული ევაკუაციის განხორციელება არის. ორგანიზებული ევაკუაციის წარმატებით განხორციელება, როგორც სუბიექტურ, ასევე ობიექტურ ფაქტორებზეა დამოკიდებული.

სუბიექტურ ფაქტორად განიხილება თვით სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების უნარ-ჩვევების დონე, მათ მიერ ვითარების დროულად და ადეკვატურად შეფასების შედეგად, სწორი და რაციონალური გადაწყვეტილების მიღების შესაძლებლობები.

ობიექტურ ფაქტორებად კი განიხილება:

- სატრანსპორტო გვირაბების თანამედროვე ტექნოლოგიურ მიღწევებზე დაყრდნობით შექმნილი გვირაბის აქტიური და პასიური უსაფრთხოების, აგრეთვე სხვა დამხმარე სისტემებით აღჭურვა და გვირაბის ექსპლუატაციის

პროცესში მათი გამართული, ერთმანეთთან კოორდინირებული და ეფექტური ფუნქციონირება;

- სატრანსპორტო გვირაბებში ხანძრის, ინიცირების ადრეულ ეტაპზე მაიდენტიფიცირებელი სისტემების გამართული ფუნქციონირება;
- გვირაბში ხანძრის ინიცირებასა და განვითარებასთან დაკავშირებით გვირაბის სავენტილაციო სისტემის ფუნქციონირების სწორი და შესაბამისი რეჟიმის დროული შერჩევა და შესაბამისად მუშაობის აღნიშნულ რეჟიმზე სწრაფი გადასვლა, რაც სავენტილაციო სისტემების ტექნოლოგიაზე და მის მოქნილობაზეა დამოკიდებული;
- სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანებისათვის ორგანიზებული ევაკუაციის განსახორციელებლად ადეკვატური და სწორი ინფორმაციის დროული მიწოდება;
- საევაკუაციო დროის ხანგრძლივობა 2001 წელს ამოქმედებული სახანძრო უსაფრთხოების დირექტივის მიხედვით, ხანძრის ინიცირების მომენტიდან 10 წთ-ით განისაზღვრება.

აქ მოცემული ობიექტური ფაქტორები, განსაზღვრავენ სატრანსპორტო გვირაბების უსაფრთხოების და მათ შორის სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემების გამართულ და ეფექტურ ფუნქციონირებას.

პრობლემის არსი

ჩვენი აზრით, სატრანსპორტო გვირაბებში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარებისას, სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის გადარჩენისა და შენარჩუნების კონტექსტში, ერთ-ერთ არსებით პრობლემას საევაკუაციო დროის ხანგრძლივობის სიმცირე წარმოადგენს და შესაბამისად, მისი ოპტიმალურად გამოყენების შესაძლებლობას დიდი მნიშვნელობა უნდა მიენიჭოს. საზოგადოდ ცნობილია, რომ გვირაბში ხანძრის ინიცირებისას საევაკუაციო დროის ხანგრძლივობა ხანძრის განვითარების სცენარის, გვირაბის გეომეტრიის, სავენტილაციო სისტემების მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმების, ამასთან მათი ობიექტური მახასიათებლების მიხედვით მკაცრად არის შეზღუდული და განისაზღვრება, ხანძრის ინიცირების მომენტიდან ვიდრე სავენტილაციო სისტემის კოლაფსამდე, რაც სავენტილაციო ჰაერის გადაყირავებით გამოვლინდება. ეს ისეთი შემთხვევაა, როდესაც გვირაბის სავენტილაციო სისტემების მუშაობის საგანგებო რეჟიმში აღძრული ჰაერის ნაკადები ხანძრის განვითარებაზე ვეღარ ახდენს გავლენას და პროცესებზე ხანძრის შედეგად ფორმირებული წვევის ძალები დომინირებენ, ხოლო საევაკუაციო დროის ოპტიმალურად გამოყენებას, კი სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების დროული ინფორმირებულობის შემთხვევაში, ძირითადად, მათი უნარ-ჩვევების დონე განაპირობებს. ამასთან ერთად, რაც უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ხანძრის კერის გაძლიერება, მით უფრო მცირდება ესოდენ მნიშვნელოვანი საევაკუაციო დროის ხანგრძლივობა, რასაც კრიტიკულად მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს ინცინდენტის ზონაში აღმოჩენილი

ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენის შესაძლებლობაზე. ამოცანის დასმაც სწორედ ისაა, რომ გვირახის სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემის განვითარებისა და დახვეწის კვალდაკვალ, შესაძლებლობის ფარგლებში, მაქსიმალურად გავზარდოთ საგანგებო ვითარებაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის გადასარჩენი აუცილებელი საევაკუაციო დრო-ის ხანგრძლივობა.

ტრანსფორმირებადი სისტემები, როგორც პრობლემის გადაჭრის გზა

დასმული ამოცანის ამონახსნს ეფუძნება ჩვენს მიერ შემუშავებული და შემოთავაზებული, სატრანსპორტო გვირაბებში სახანძრო ინციდენტის ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენაზე ორიენტირებული, „მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების“ დანერგვა სატრანსპორტო გვირაბების სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემებში. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ სატრანსპორტო გვირაბებში სახანძრო ინციდენტების შემთხვევაში, გვირახის სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემის გააქტიურებისას, მოქნილი ტრანს-ფორმირებადი სისტემებისა და გვირახის სავენტილაციო სისტემების კოორ-დინირებული და შეთავსებული ფუნქციონირება მნიშვნელოვნად დადებითად აისახება საევაკუაციო დროის გახანგრძლივებაზე.

მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების, როგორც გვირახის პასიური უსაფრთხოების სისტემის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შემადგენლის ინსტალაცია შესაძლებელია პრაქტიკულად ნებისმიერ, თუნდაც უკვე მოქმედ სატრანსპორტო გვირაბებში, ისე რომ გვირახის ჩვეულებრივ რეჟიმში ექსპლუატაციისას იმყოფებიან მოლოდინის რეჟიმში და პრაქტიკულად არ ზღუდავენ გვირახის საკმაოდ ძვირადღირებულ სასარგებლო მიწისქვეშა სივრცეს. ამასთან ერთად, ჩვეულებრივი მოლოდინის რეჟიმში, პრაქტიკულად არ იცვლება გვირახის აეროდინამიკური წინაღობაც, რასაც გვირახის სავენტილაციო სისტემის ჩვეულებრივ რეჟიმში მუშაობაზე პრაქტიკულად ნულოვანი ნეგატიური ზემოქმედება გააჩნია.

ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში კი, „მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების“ გააქტიურებით შესაძლებელია ავტომატურ ან ხელით მართვის რეჟიმში გვირახის განივი კვეთის სრულად ან ნაწილობრივი გადაფარვა ხანძრის კერიდან ორივე მხარეზე, ამის შედეგად აღნიშნულ ლოკაციებზე ხელოვნურად გაიზრდება გვირახის აეროდინამიკური წინაღობა, რაც ხელს შეუშლის ხანძრის განვითარების შედეგად ფორმირებულ წვის პროდუქტების გავრცელებას გვირახის დანარჩენ სივრცეში. ამის პარალელურად, თუ ოპერატიულად შევძლებთ გვირახის სავენტილაციო სისტემის მუშაობის სწორი რეჟიმის შერჩევას, რაც საევაკუაციო მიმართულებით გამორიცხავს კვამლისა და წვის სხვა პროდუქტების გავრცელებას, შესაბამისად სახანძრო ინციდენტის ზონაში ჩარჩენილი ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენის შესაძლებლობა მნიშვნელოვნად გაიზრდება.

„ტრანსფორმირებადი სისტემებისა“ და გვირახის „სავენტილაციო სისტემების“ კოორდინირებული ფუნქციონირების ასეთი მოქნილობით, შესაძლებელია ხანძრის ინიცირებისას უფრო ეფექტურად ვმართოთ სავენტილაციო ჰაერის ნაკადები წვის

პროდუქტებთან ერთად, რაც შესაძლებლობას მოგვცემს, მნიშვნელოვნად გავზარდოთ საევაკუაციო დროის ხანგრძლივობა, ეს კი უფრო მეტი სიცოცხლის გადარჩენის ტოლფასია. „მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების“ ინსტალაცია შესაძლებელია საავტომობილო გვირაბის მთელს სიგრძეზე 200-300 მ-ის ინტერვალით გვირაბის საგანგებო გასასვლელებთან (პარალელური გვირაბის არსებობის შემთხვევაში) სინქრონულად. ამრიგად „მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები“ „გვირაბის სავენტილაციო სისტემებთან“ ერთად შესაძლებელია განხილული იყოს როგორც, „გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების ერთიანი სისტემის“ მნიშვნელოვანი შემადგენელი ტექნოლოგიური კომპონენტი.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა, წინასწარი ცნობები

1.1 მსოფლიოს გვირაბებში მომხდარი ხანძრების სტატისტიკა

არსებული საავტომობილო სარტანსპორტო გვირაბების უსაფრთხოების სისტემების ტექნოლოგიების განვითარებისა და დახვეწის დღის წესრიგი, მსოფლიოში, ახლო წარსულში მომხდარმა, საკმაოდ ძლიერმა და დამანგრეველმა ხანძრებმა განსაზღვრა. ევროპის კონტინენტზე, საავტომობილო სატრანსპორტო გვირაბებში განვითარებული, ყველაზე ძლიერი ხანძრებიდან აღსანიშნავია: მონბლანის, გოტარდისა და ვიამალას გვირაბებში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრები, რომლებიც სპეციალურ ლიტერატურაშია აღწერილი (Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, 2001) (Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, 2002).

საფრანგეთის იტალიასთან დამაკავშირებელი, მონბლანის გვირაბში, 1999 წელს განვითარებული ხანძრის გამომწვევი მიზეზი, საფრანგეთის მხრიდან გვირაბში შესული მაღალი ტვირთამწეობის ავტომობილის, კერძოდ, მარგარინითა და ფქვილით დატვირთული ტრაილერ-რეფრიჟერატორის უეცარი აალება გახდა. მძღოლმა შენიშნა ავტომობილზე მოდებული ალი და საფრანგეთის მხარეს არსებული პორტალიდან მე-6 კმ-ზე ავტომობილი გააჩერა და შეეცადა ხანძრის ჩაქრობას, რამდენიმე წარუმატებელი ცდის შემდეგ მძღოლმა მიატოვა აალებული სატრანსპორტო საშუალება და გაიქცა იტალიის მხრის პორტალისაკენ. გვირაბის ოპერატორმა, აღნიშნული ინციდენტიდან რამდენიმე წუთში დაბლოკა გვირაბის ორივე მხრიდან ავტომობილების შესვლა, თუმცა დაბლოკვამდე საფრანგეთის მხრიდან 29 ერთეული ავტოსატრანსპორტო საშუალებამ მოასწრო გვირაბში შეღწევა, რომელთაგან ოთხმა ტრაილერმა მოახერხა და გვერდი აუარა აალებულ ავტომობილს და გააგრძელა მსვლელობა იტალიის მიმართულებით, დანარჩენი 25 სატრანსპორტო საშუალება კი ხანძრისას, წვადი მასალის სრული ან არასრული წვის შედეგად ფორმირებული ტოქსიკური აირების ხაფანგში აღმოჩნდა.

მწვავე ინტოქსიკაციის შედეგად, ყველა ადამიანი დაიღუპა, ვინც აღნიშნულ სატრანსპორტო საშუალებებში იმყოფებოდა. აღნიშნული ხანძრის ლოკალიზებასა

და ლიკვიდაციას 53 საათი დასჭირდა, თუმცა ხანძრის მცირე კერები 5 დღე-ღამის განმავლობაში შენარჩუნდა. ამის შედეგად 39 ადამიანი დაიღუპა, მათ შორის ერთი მეხანძრე. დაღუპულებიდან ორი ადამიანი იპოვეს გვირაბის საავარიო, სპეციალურ თავშესაფარში, 27 - საკუთარ ავტოსატრანსპორტო საშუალებებში, ხოლო დანარჩენი გვირაბის სავალ ნაწილზე. ამასთან ერთად, მნიშვნელოვნად დაზიანდა გვირაბის ინფრასტრუქტურა. აღნიშნული ინციდენტი ამ გვირაბში არ იყო რიგით პირველი, თუმცა დამდგარი შედეგების სიმძიმითა და მიყენებული ზიანის ხარისხის მიხედვით, ერთ-ერთი ყველაზე გამორჩეული (Beard & Carvel, 2015), (Ilias, Lanchava, Nozadze, & Tsanova, 2021).

მნიშვნელოვან ყურადღებას იმსახურებს 2017 წელს, ჩინეთის, ჰიბეის პროვინციის ფუტუიოს გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული, საკმაოდ ძლიერი ხანძარი, შედეგად გარდაიცვალა 15, დაზიანდა რამდენიმე ადამიანი და მნიშვნელოვანად დაზარალდა ინფრასტრუქტურა და მამასადამე ეკონომიკაც (Beard & Carvel, 2015), (Lanchava, Nozadze, Jangidze, 2020).

სამხრეთ კორეის მეტროსადგურ ჯუნგანგოში თავდასხმის შედეგად ფორმირებულმა ხანძარმა 189 ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა; 2000 წლის 11 ნოემბერს ავსტრიის ფუნკულორის გვირაბში განვითარებული ხანძრისას მწვავე ინტოქსიკაციის შედეგად 155 ადამიანი დაიღუპა. აზერბაიჯანში, მეტროპოლიტენის გვირაბში განვითარებული ხანძრისას 260-ზე მეტი ადამიანი დაიღუპა (Vaitkevicius & Carvel, 2015). ჩინეთში, 2014 წლის 1 მარტს, იანჩიუს გვირაბში ინიცირებულ და განვითარებულ ხანძარს 40 ადამიანი ემსხვერპლა, 12 ადამიანი მიუხედავად მიღებული მწვავე ინტოქსიკაციისა სიკვდილს გადაურჩა, განადგურდა 42 ავტომობილი (Ingason & Li, 2011).

გოტარდის (Gotthard) გვირაბში (შვეიცარია) 2001 წლის 24 ოქტომბერს ინიცირებული და განვითარებული საკმაოდ ძლიერი ხანძარი, შედეგად 11 ადამიანი დაიღუპა. სამხრეთ კორეის მეტროპოლიტენის სადგურში ტერორისტული მიზნებით გაჩენილი ხანძარი, შედეგად გარდაიცვალა 198 ადამიანი, დამატებით 146 ადამიანი მოიწამლა ტოქსიკური აირებით და კვამლით (Comité technique 5 Tunnels routiers / Technical Committee 5 Road Tunnels, 1999).

სპეციალურ ლიტერატურაში (Economic Commission For Europe, Inland Transport Committee., 2001) (Economic Commission For Europe, Inland Transport Committee, 2002) (Comité technique 5 Tunnels routers / Technical Committee 5 Road Tunnels, 1999) განხილულია მსოფლიოს სხვადასხვა სატრანსპორტო გვირაბებში მომხდარი 40-ზე მეტი ხანძარი, რომლებიც ადამიანთა მსხვერპლით დასრულდა, ამ მიმართულებით გაეროს ევროპული კომისიის მუშაობის შედეგად წარმოდგენილი დასკვნები.

საავტომობილო გვირაბის ექსპლუატაციისას, აგრეთვე მათი მშენებლობის დროსაც ინიცირებული და განვითარებული ხანძრებისას ერთ-ერთ ძირითად საშიშროებას, აღნიშნულ სივრცეში ხანძრის შედეგად ფორმირებული ცხელი და მომწამლავი კვამლის, ჭვარტლისა და სხვა პროდუქტების გავრცელება წარმოადგენს, რაც თითქმის სრულად ზღუდავს გვირაბში ხილვადობის არეს (Beard & Carvel, 2015)

(Ilias, Lanchava, & Nozadze, Numerical Modelling of First for Road Tunnels with Longitudinal Ventilacion System., 2016).

მსოფლიოს სხვადასხვა საავტომობილო გვირაბებში მომხდარი ხანძრების სტატისტიკური მონაცემები შეტანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. მსოფლიოში, სხვადასხვა სატრანსპორტო გვირაბებში განვითარებული ხანძრების სტატისტიკური მონაცემები

გვირაბი	ქვეყანა	გვირაბის სიგრძე, მ	ხანძრის ხანგრძ.	ზარალი		
				ხალხი	მანქანა	ნაგებობა
Holland	აშშ	2550	4 სთ	66**	10 [^] ,13 ^{^^}	1
Blue Mt	აშშ	1300	-		1 [^]	
Sudzaka	იაპონია	244	11 სთ	2**	12 [^]	-
Moore fleet	გერმანია	243	1 სთ	-	1 [^]	-
Wallace	აშშ	1000	-	-	-	სუსტი
Mont Blanc	საფრ-იტა	11600	15 წთ	1**	-	-
Chesapeake	აშშ	2440	4 სთ	1**	1 [^]	-
Crossin Bp	საფრ	430	1 სთ	12**	1 [^]	სერიოზ.
Welsen	ნიდერ	270	1,3 სთ	5*, 5**	4 ^{^^} , 2 [^]	სერიოზ.
Nihodzaka	იაპონია	2045	159 სთ	7*, 2**	127 [^] , 46 ^{^^}	სერიოზ.
Kajiwara	იაპონია	740	1,5 სთ	1*	2 [^]	სერიოზ.
Calc.	აშშ	1028	2,7 სთ	7*, 2**	4 [^] , 4 ^{^^}	სერიოზ.
Lafontaine	კანადა	1390	-	1*	1 [^]	-
Pecorilla	იტალია	662	-	9*, 22**	10 ^{^^}	სუსტი
Gallery	საფრ	1105	-	3*, 5**	1 [^] , 4 ^{^^}	სუსტი
l'arme	შვეიცარია	343	2 სთ	2*	2 [^]	სუსტი
Gumefense	ავსტრია	412	-	2*, 5**	-	-
Brenner	ნორვეგია	4656	50 წთ	1**	-	სუსტი
Rodel	საფრ-იტა	11600	-	2**	1 [^]	სუსტი
Mont Blanc	იტალია	442	2,5 სთ	4*, 4**	5 [^] , 11 ^{^^}	სუსტი
Sierra Rip.	ნორვეგია	1290	1 სთ	5**	2 ^{^^}	სუსტი
Polden	სამხ აფრ	3914	1 სთ	1*, 28**	1 ავტობ	სერიოზ.
Huguenot	ავსტრია	6719	1 სთ	3*, 4**	1 [^] , 2 ^{^^}	სერიოზ.
Isola della Fennine	იტალია	148	-	5*, 20**	-	სერიოზ.
Mont Blanc	საფრ-იტა	1160	2 დღე	39*	25 [^] , 10 ^{^^}	სერიოზ.
Tauern	ავსტრია	6401	15 სთ	12*, 49**	14 [^] , 26 ^{^^}	სერიოზ.
Sengest-er	ნორვეგია	1272	45 წთ	6**	1 [^] , 4 ^{^^}	-
Prapontin	იტალია	4409	-	19**	1 [^]	სერიოზ.
Glynsalm	ავსტრია	8320	-	5*, 4**	-	-
Ville Maria	კანადა	8400	-	-	-	-
Galborg	გერმანია	460	-	5*, 6**	-	-
Saint Gotthard	შვეიცარია	16900	2 დღე	11*	2 [^] , 23 ^{^^}	სერიოზ.
Tauern	ავსტრია	6401	-	2*	-	-
Teddy Williams	აშშ	2600	-	-	1 [^]	-
Homer	ახ ზელან	-	-	3**	1 [^]	-
A 86	საფრ	618	6 სთ	2*	2 ^{^^}	-
Locita	სლოვენია	800	-	-	1 [^] , 1 ^{^^}	-
Flofgel	ნორვეგია	3100	10 სთ	1*	1 ^{^^}	სუსტი
Guliwek	სლოვენია	700	-	-	1 [^]	-
Bireg	შვეიცარია	1390	-	2*, 21**	7 [^]	სერიოზ
Bireg	შვეიცარია	1080	-	1*, 1**	1 [^] , 1 ^{^^}	სერიოზ.
Dublin	საფრ	1500	-	-	1 [^]	სუსტი
Kinkem Royce	ბელგია	600	-	-	1 [^]	-

აქ მოცემული სტატისტიკა ფრიად მნიშვნელოვანია და შეიძლება ითქვას საკმაოდ საგანგაშო, განსაკუთრებით ისეთი შემთხვევები, რომლებიც ადამიანების მსხვერპლით დასრულდა.

1.2 სატრანსპორტო გვირაბის ვენტილაციის სახეები და მათი მუშაობის პრინციპები

თანამედროვე სატრანსპორტო გვირაბების უსაფრთხოდ ექსპლუატაციისათვის, ერთ-ერთ აუცილებელ პრევენციულ ღონისძიებად, გვირაბის სავენტილაციო სისტემების სწორი და შესაბამისი მუშაობის რეჟიმების შერჩევის შესაძლებლობა განიხილება. აღნიშნული დამოკიდებულია სატრანსპორტო გვირაბების სავენტილაციო სისტემების ტექნოლოგიაზე, მათ მოქნილობაზე რომ ჯეროვნად და კოორდინირებულად იფუნქციონერონ გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების მართვის ერთიან სისტემის შემადგენლობაში.

სატრანსპორტო გვირაბების სავენტილაციო სისტემები სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის აღძვრის მეთოდის მიხედვით გვხვდება:

- ჰაერის ნაკადის ბუნებრივად აღძვრის სავენტილაციო სისტემები;
- ჰაერის ნაკადის ხელოვნურად აღძვრის სავენტილაციო სისტემები.

სატრანსპორტო გვირაბებში, ჰაერის ნაკადის ბუნებრივად აღძვრის სავენტილაციო სისტემების ფუნქციონირებისას, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადების ფორმირება გრავიტაციული ძალების ზემოქმედებითა (გვირაბის შიგნით და გარეთ არსებული ჰაერის სიმკვრივეებს შორის განსხვავებით) და ტრანსპორტის გვირაბში გადაადგილებისას დგუმის ეფექტის ხარჯზე ხორციელდება, ხოლო 400 მ და მეტი სიგრძის სატრანსპორტო გვირაბებში ჰაერის ნაკადის ხელოვნურად აღძვრის სავენტილაციო სისტემების ფუნქციონირებისას სავენტილაციო ჰაერის ნაკადების ფორმირება, ძირითადად შესაბამისი სიმძლავრის სავენტილაციო დანადგარების მუშაობის ხარჯზე ხდება.

სატრანსპორტო გვირაბის სავენტილაციო ჰაერის ხელოვნურად აღძვრის სავენტილაციო სისტემები, გვირაბში ჰაერის მიწოდებისა და განაწილების მიხედვით განიხილება:

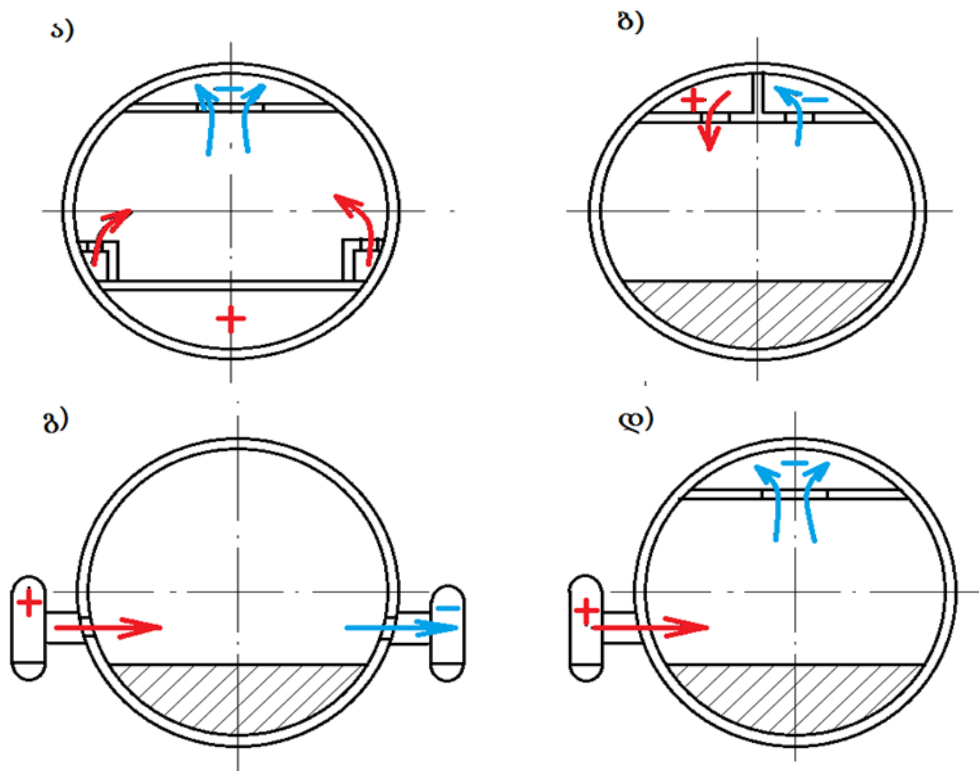
- ჰაერის გრძივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემები;
- ჰაერის განივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემები;
- ჰაერის კომბინირებული მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემები.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია საავტომობილო სატრანსპორტო გვირაბების სავენტილაციო სისტემების შესაძლებელი სქემები. მოცემულ ნახაზზე გამოსახულია საავტომობილო გვირაბებში სავენტილაციო ჰაერის განივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემების განსხვავებული სქემები. მოცემული სქემების მიხედვით, საავტომობილო გვირაბში სავენტილაციო ჰაერის ნაკადების აღძვრა შესაბამისი სიმძლავრის სავენტილაციო დანადგარებით ხორციელდება,

ამასთან საავტომობილო გვირაბის მუშა სივრცეში სუფთა ჰაერის მიწოდება და იმავდროულად, უწყვეტ რეჟიმში ნამუშევარი ჰაერის ატმოსფეროში დაბრუნება, გვირაბის მთელს სიგრძეზე წინასწარ მოწყობილი სპეციალური სავენტილაციო არხების გამოყენებით ხდება.

სავენტილაციო არხები შესაძლებელია მოეწყოს გვირაბის, როგორც თაღოვან ნაწილში, ისე გვირაბის სავალი ნაწილის ქვემოთ, ქვედა დონეზე (ნახ. 1.ა), ასევე საავტომობილო გვირაბის მხოლოდ ზედა დონეზე (ნახ. 1.ბ).

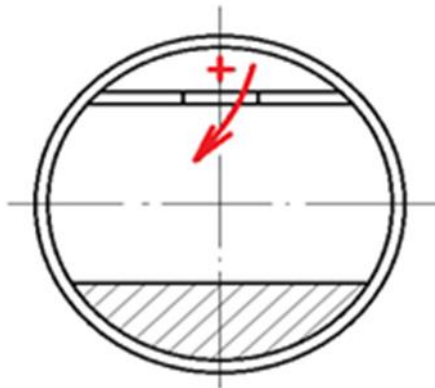
გვირაბის სპეციალური სავენტილაციო არხების ნაცვლად, გვირაბის მთელ სიგრძეზე, გარე პერიმეტრზე, გვირაბის პარალელურად, გვირაბის ერთ ან ორივე მხარეს შესაძლებელია ჰორიზონტალური გვირაბების, შტოლნების მოწყობაც (ნახ.1.გ, დ), რომელთაც ორმაგი დანიშნულება გააჩნია: ერთის მხრივ ის წარმოადგენს გვირაბის სავენტილაციო სისტემის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კომპონენტს, რომლის საშუალებითაც ხდება გვირაბის შიგა, მუშა სივრცეში სუფთა ჰაერის მიწოდება და მეორეს მხრივ, გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში შტოლნები განიხილება როგორც სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სავაკუაციო საშუალება და გადარჩენის გზა. საავტომობილო გვირაბის ასეთი მოდელის სავენტილაციო სისტემით უზრუნველყოფა საკმაოდ სოლიდურ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული და მას მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში მიმართავენ.



ნახაზი 1. საავტომობილო გვირაბებში ჰაერის განივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემების სქემები

საავტომობილო გვირაბში ჰაერის კომბინირებული მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემების სქემა გამოსახულია ნახ. 2.-ზე. მოცემული სქემის მიხედვით გვირაბის თაღოვან ნაწილში არსებული სავენტილაციო არხის საშუალებით ხდება სუფთა ჰაერის მიწოდება საავტომობილო გვირაბის შიგა მუშა სივრცეში, ხოლო ნამუშევარი ჰაერის გამოდევნა - საავტომობილო ტრანსპორტის შესაბამისი მიმართულებით მოძრაობის შედეგად ფორმირებული დგუმის ეფექტის ხარჯზე შესაბამისი პორტალიდან ხორციელდება. გვირაბის თაღოვან ნაწილში განთავსებული სავენტილაციო არხი გვირაბის შიგა - მუშა სივრცეს უკავშირდება შესაბამისი ინტერვალებით მოწყობილი სარეგულირებელი დიობების - ფანჯრების საშუალებით. აღნიშნული სარეგულირებელი დიობები სავენტილაციო ჰაერის რაოდენობის რეგულირების შესაძლებლობას იძლევა.

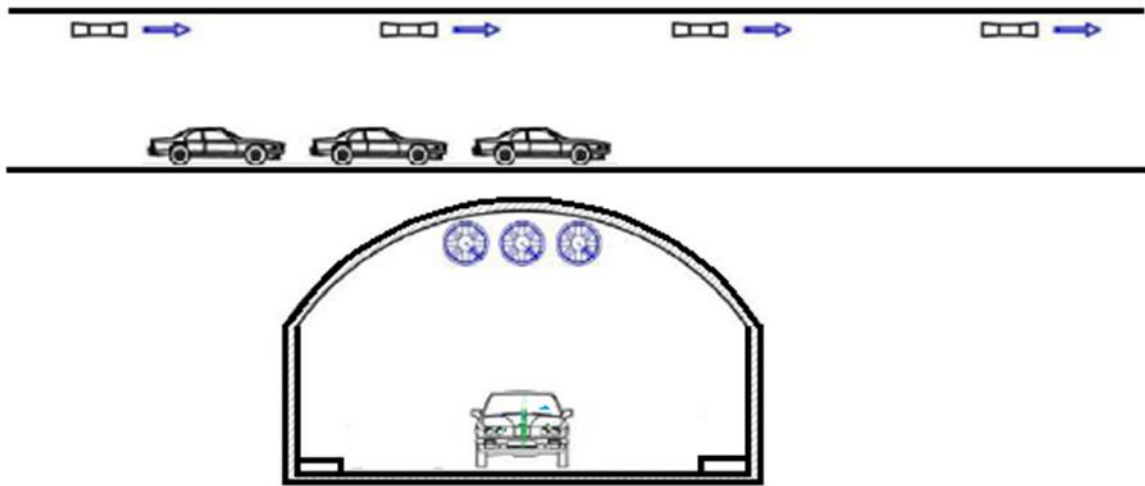
საავტომობილო გვირაბებში ჰაერის გრძივი მიწოდებისა და განაწილების თანამედროვე სისტემებში, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადების ფორმირება ხდება გვირაბის თაღოვან ნაწილში, მთელს სიგრძეზე, შესაბამისი ინტერვალით მოწყობილი სათანადო სიძლავრის ჭავლური ტიპის სავენტილაციო დანადგარების საშუალებით. აღნიშნული, პირობითად პირველ ლოკაციაზე განლაგებული ჭავლური ტიპის სავენტილაციო დანადგარების ჯგუფის მიერ ფორმირებული ჰაერის ნაკადი წარიტაცებს გვირაბის მუშა სივრცეში არსებულ ნამუშევარ ჰაერს.



ნახაზი 2. საავტომობილო გვირაბებში ჰაერის კომბინირებული მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემის სქემა

აღნიშნულ ნამუშევარ ჰაერს შემდგომ წარიტაცებს ჭავლური ტიპის სავენტილაციო დანადგარების მეორე ჯგუფი და ა.შ. ამგვარად, ვენტილატორების ერთი ჯგუფი მეორეს ესტაფეტასავით მიაწოდებს როგორც სუფთა, ისე ნამუშევარ ჰაერს. აღნიშნულის შედეგად საავტომობილო გვირაბის შესაბამისი პორტალიდან ხდება ნამუშევარი ჰაერის ატმოსფეროში დაბრუნება. აქვე აღსანიშნავია, რომ როგორც წესი, ჭავლური ტიპის სავენტილაციო დანადგარების ჯგუფის მიერ შექმნილი ჰაერის ნაკადის მიმართულება ემთხვევა გვირაბში საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრაობის მიმართულებას, რის შედეგადაც ფორმირებული დგუმის ეფექტი ხელს უწყობს საავტომობილო გვირაბის უფრო ეფექტურ და ეკონომიკურად ხელსაყრელ ვენტილაციას. საავტომობილო გვირაბის ვენტილაციის ეს სქემა წარმატებით არის

გამოყენებული ჩაქვი - მახინჯაურის მარჯვენა გვირაბში. ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია ჭავლური ტიპის სავენტილაციო დანადგარების საშუალებით სავტომობილო გვირაბში ჰაერის გრძივი მიწოდებისა და განაწილების სქემა.



ნახაზი 3. სავტომობილო გვირაბებში ჰაერის გრძივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემების სქემა

1.3 სატრანსპორტო გვირაბის ხანძრის გავრცელების ხასიათი და მისი განმაპირობებელი მახასიათებლები

სატრანსპორტო გვირაბებში, მიწისქვეშა სივრცეებში, ხანძრის განვითარების ბუნება და ხასიათი მრავალი მკვლევარისა და მეცნიერის ინტერესის საგანი გახდა. ამის შედეგად, უკვე არსებობს საკმარისი საბაზისო ცოდნა, გამოცდილება და შესაბამისი კვალიფიკაცია, რომლის გამოყენების შემთხვევაში სავსებით შესაძლებელია ოპტიმალურად გადაწყდეს და დამუშავდეს ყველა ის საკითხები, რომლებიც დაკავშირებულია შეზღუდულ სივრცეში ხანძრის გავრცელებასთან.

გვირაბის ვენტილაციის კრიტიკული სიჩქარე და სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის საპირისპირო მხარეს, სუფთა ჰაერის ჭავლზე ხანძრის კერიდან კვამლისა და წვის სხვა პროდუქტების გავრცელების მანძილი - უკუდინების სიგრძე, გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების სისტემების მართვის პროექტებში მნიშვნელოვან ტექნოლოგიურ მახასიათებლებს წარმოადგენს. შეიძლება აღინიშნოს, რომ სატრანსპორტო გვირაბებში, ხანძრის პირობებში სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების გადარჩენა მნიშვნელოვნად არის განპირობებული აღნიშნულ მახასიათებლებზე. თუ u_0 არის გვირაბის გრძივი ვენტილაციისას სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე, ხოლო u_c სავენტილაციო ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე, მაშინ შემთხვევა, როდესაც $u_0 > u_c$ გამოირიცხავს კვამლისა და წვის სხვა პროდუქტების უკუდინებას. აღნიშნული მახასიათებლები გვირაბის დახრილობასთან მიმართებაში მგრძობელობას გამოსატყვევ და მამასადამე გვირაბის დახრის კუთხის მიხედვით იცვლებიან. გვირაბის დახრის კუთხის მიხედვით აღნიშნული მახასიათებლების ცვალებადობის ტემპს, უგანზომილებო კოეფიციენტი - გრადიენტ-ფაქტორი k_g გამოხატავს.

შეიძლება ითქვას, რომ სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების სიგრძის გავლენა და მნიშვნელობა საგანგებო სიტუაციების სხვადასხვა სცენარებისათვის შედარებით კარგად არის შესწავლილი ჰორიზონტალურ გვირაბების შემთხვევაში.

სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე ეს არის გრძივი ვენტილაციის ის მინიმალური სიჩქარე, რომელიც გამორიცხავს კვამლის უკუდინების ფორმირებას. უკუდინების სიგრძე კი ის მანძილია, რომელზედაც ხანძრის კერიდან სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის საპირისპირო მხარეზე ვრცელდება ხანძრის შედეგად ფორმირებული კვამლი და წვის სხვა ტოქსიკური ნაერთები. უგანზომილებო კოეფიციენტი, გრადიენტ-ფაქტორი, გვირაბის დახრილობის კუთხის მიხედვით სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების სიგრძის ცვლის ტემპის განმსაზღვრელი კოეფიციენტია.

პირველად, ცნობილმა მეცნიერმა თომასმა, ჰორიზონტალურ გვირაბში ხანძრის განვითარების შესწავლის მიზნით ექსპერიმენტების შესრულებისას აღმოაჩინა, რომ ჰორიზონტალურ გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარებისას ადგილი ექონდა ხანძრის კერიდან გვირაბის ორივე მიმართულებით, ნამწვი პროდუქტების სიმეტრიულ გავრცელებას.

მომდევნო თეორიული კვლევები ფოკუსირებულია თომასის კორელაციაზე და ფრუდის მასშტაბირების თეორიაზე (Li, Lei, & Ingason, Theoretical and experimental study of critical velocity for smoke control in a tunnel cross-passage., 2013). თომასმა შემოიტანა ფრუდის რიცხვზე დაფუძნებული კრიტიკული სიჩქარის ემპირიული ფორმულა, რომელშიც კრიტიკული სიჩქარე ხანძრის სითბოს გამოყოფის მაჩვენებლის (fire heat release rate) $1/3$ ხარისხის პროპორციულია.

ფრუდის მასშტაბირების თეორიის მიხედვით კრიტიკული სიჩქარე და სითბოს გამოყოფის მაჩვენებელი გამოისახება $L0,5$ და $L2,5$ სიდიდეებზე გაყოფით შესაბამისად. აქ L არის დამახასიათებელი სიგრძე, მაგალითად, გვირაბის სიმაღლე (Thomas, 1958); (Carvel, Beard, & Jowitt, 2005); (Peng, et al., 2020). თომასის ფორმულისა და ფრუდის მასშტაბირების გამოყენებით შესაძლებელია მოდელზე შესრულებული ექსპერიმენტული დაკვირვებების მიხედვით განისაზღვროს კრიტიკული სიჩქარე რეალური მასშტაბის გვირაბებისათვის. ნაშრომში (Oka & Atkinson, 1955) შემოტანილია კრიტიკული სიჩქარის საანგარიშო უგანზომილებო ფორმულა სითბოს გამოყოფის მაჩვენებლის ფუნქციის სახით.

თომასმა აგრეთვე მიუთითა, რომ კრიტიკული სიჩქარე 3 მ/წმ გვირაბების უმრავლესობაში უზრუნველყოფს უკუდინების თავიდან აცილებას (Thomas, 1958). თომასის აღნიშნული დებულება გაიზიარეს სხვა მკვლევარებმაც იმ ნაშრომებში, რომლებიც მიძღვნილია კრიტიკული სიჩქარის განსაზღვრის პრობლემებისადმი ჰორიზონტალურ და დახრილ გვირაბებში. ნაშრომებში (Lanchava, Ilias, Andras, Moraru, & Neag, 2007), (Lanchava, Analysis of Critical Air Velocity for Tunnel Fires Controlled by Ventilation., 2020) (Lanchava, et al., 2014) (Lanchava & Ilias, Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire., 2020), (Lanchava & Javakhishvili, Impact of strong fires on a road tunnel ventilation system., 2021), (Lanchava, Analysis of Critical Air Velocity For

Tunnel Fires Controlled by Ventilation. , 2021), (Lanchava & Javakhishvili, Fire effect on tunnel ventilation according to numerical modeling results., 2022) აღნიშნულია კრიტიკული სიჩქარის ანომალურად ზრდის შესახებ იმ შემთხვევაში, როცა ხანძრისაგან აღძრულ წვის პროდუქტებით გაჯერებულ ნაკადს და სავენტილაციო ნაკადს აქვთ სხვადასხვა მიმართულება აღნიშნული ნაკადების ალგებრულად შეკრებადობის პირობებში.

შემდგომში მოხდა თომასის მითითებული ნაშრომის გავრცობა სხვა მკვლევარებისა და მეცნიერების მიერ (Hinkley, 1970) (Heselden, 1976), სადაც ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით, დადგინდა ემპირიული დამოკიდებულებები ფრუდის რიცხვის კრიტიკულ მნიშვნელობასა და სავენტილაციო ჰაერის კრიტიკულ სიჩქარეს შორის.

ნაშრომში (Danziger & Kennedy, 1982) დანზიგერი და კენედი ფიქრობდნენ, რომ ფრუდის რიცხვსაც როგორც რეინოლდსის რიცხვს ექნებოდა განსაზღვრული კრიტიკული მნიშვნელობა, რომელიც ამავე ნაშრომში განსაზღვრეს 4,5 -ის მნიშვნელობით. შეიძლება ითქვას, რომ ფრუდის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობის დადგენამ საკითხი მნიშვნელოვნად გაამარტივა, რადგან სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის, უკუდინების სიგრძისა და სხვა მნიშვნელოვანი მახასიათებლების გამოთვლა შედარებით მარტივად განსახორციელებელი გახდა. დანზიგერისა და კენედის მოდელს აღნიშნული მახასიათებლების გამოსათვლელად დღესაც წარმატებით იყენებენ, მეტიც აღნიშნული მოდელი რეკომენდებულია ისეთ საპროექტო ცნობარებში, როგორებიცაა: აშშ-ის სახანძრო დაცვის ასოციაციის ცნობარი (National Fire Protection Association, NFPA 502., 2011) (National Fire Protection Association, NFPA 502. , 2014) და ჰიარკის ცნობარი (Comité technique 5 Tunnels routiers / Technical Committee 5 Road Tunnels, 1999).

ამასთან დაკავშირებით უნდა აღნიშნოს, რომ ფრუდის კრიტიკული რიცხვის გამოყენებისას ხშირ შემთხვევაში არ არის უზრუნველყოფილი საჭირო სიზუსტე, რაც პირველად (Li, Ingason, & Jiang, 2018) ლიტერატურაში აღინიშნა. აღნიშნულ ნაშრომში მოცემულია დახრილ სატრანსპორტო გვირაბებში, სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების განვითარებისას სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების სიგრძის ერთმანეთთან დამოკიდებულების კანონზომიერების დასადგენი კვლევის შედეგები. კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ NFPA 502 სტანდარტში მოცემული განტოლებები გადაჭარბებულად აფასებს გვირაბის უარყოფითი დახრილობის გავლენას სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის აღნიშნულ პარამეტრებზე, ხოლო მიღებული შედეგები კარგ თანხვედრაშია ნაშრომში (Atkinson & Wu, 1996) მიღებულ განტოლებებთან.

ნაშრომში (Li & Ingason, Discussions on critical velocity and critical Froude number for smoke control in tunnels with longitudinal ventilation., 2018) განმარტებულია, რომ გრძივი ვენტილაციის შემთხვევაში წარმატებით გამოიყენება ფრუდის კრიტიკული მოდელი.

ნაშრომში (ხოკერაშვილი & ცანავა, 2022) წარმოდგენილია კვლევის შედეგები, რომლებიც განხორციელდა დახრილ სატრანსპორტო გვირაბების, 1:60 მასშტაბის გვირაბის მოდელში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრისას. კვლევის

ფარგლებში განხორციელდა ნატურალური ზომის სატრანსპორტო გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული 5-15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების დამოძლევა ფრუდის კრიტერიუმის მიხედვით სხვადასხვა დახრილობის გვირაბებში. დახრილობის ფარგლები იყო 0-10%.

ნაშრომში (Chow, et al., 2015) შესწავლილია დახრილ გვირაბებში გრძივი ვენტილაციის პირობებში ფორმირებული და განვითარებული სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრები. ამავე ნაშრომში წარმოდგენილია და განხილულია ჰორიზონტალურ და დახრილ საავტომობილო გვირაბებში სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების განვითარების სცენარები ჭავლური ვენტილაციის პირობებში.

ნაშრომში (Vaitkevicius & Carvel, 2015) დროსელირების ეფექტის დემონსტრირების მიზნით, ნაშრომის ავტორებმა მოახდინეს სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების მოდელირება CFD პროგრამულ გარემოში. გარკვევით მოხდა იმის დემონსტრირება, რომ გვირაბებში განსაკუთრებით ძლიერი ხანძრების განვითარებისას, კვამლის გავრცელებაზე და ზოგადად პროცესებზე კონტროლის მიზნით, აუცილებელი ხდება სულ უფრო მეტი ჭავლური ტიპის სავენტილაციო დანადგარების გამოყენება.

გვირაბის ხანძრების ძირითად მახასიათებლებს შორის, გვირაბის გეომეტრია და მისი განივი კვეთის ფორმა მნიშვნელოვნად განაპირობებენ გვირაბში კვამლის მოძრაობის ხასიათს, რადგან გვირაბის მთელს სიგრძეზე გვირაბის განივი კვეთის ფორმა ძირითადად უცვლელია. ნაშრომში (Wu & Bakar, 2000) ავტორებმა შეასრულეს იმ პერიოდისათვის ნოვატორული კვლევა კრიტიკული სიჩქარის რიცხვითი სიდიდეების დასადგენად.

ნაშრომში (Li, Li, Cheng, & Chow, 2019) შესწავლილია სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობა გვირაბის დახრის კუთხის მიხედვით. კრიტიკული სიჩქარის რიცხვითი სიდიდეები მოცემული ნაშრომის მიხედვით პრაქტიკულად თანხვდებიან (Wu & Bakar, 2000) და (Danziger & Kennedy, 1982) ნაშრომებში მოცემულ მაჩვენებლებს. კრიტიკული სიჩქარის დამოკიდებულება ხანძრის სიმძლავრეზე, გვირაბის გეომეტრიასა და დახრილობაზე რიცხვით და ფიზიკურ მოდელების მიხედვით შესწავლილია ნაშრომებში (21), (Lanchava, Ilias, Radu, Jangidze, & Khokerashvili, 2021), (Lanchava, Ilias, Andras, Moraru, & Neag, 2007), (Lanchava, Analysis of Critical Air Velocity for Tunnel Fires Controlled by Ventilation. , 2020), (Lanchava & Ilias, Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire. , 2020), (Lanchava & Javakhishvili, Impact of strong fires on a road tunnel ventilation system., 2021), (Lanchava, Analysis of Critical Air Velocity For Tunnel Fires Controlled by Ventilation. , 2021), (Lanchava, Ilias, Radu, Nozadze, & Jangidze, 2022), (Lanchava & Javakhishvili, Fire effect on tunnel ventilation according to numerical modelling results., 2022), (Khokerashvili, Z., Tsanova, D., Machavariani, N., 2022), (Lanchava, O., Ilias, N., Radu, S.M., Nozadze, G., Tsanova, D., 2021), (Lanchava, O., Makharadze, L., Nozadze, G., Jangidze, M., Javakhishvili, G., Kunchulia, T., Khokerashvili, Z., Arudashvili, N., Tsanova, D., & Sebiskveradze, S., 2022).

აღნიშნულ ნაშრომებში რიცხვითი მოდელირებისათვის გამოყენებული იყო პროგრამული პაკეტი Fluent და Pyrosim. ხანძრის ფიზიკური მოდელირება ხდებოდა ბუნებრივი და გათხევადებული აირით, ფიზიკური მოდელების მასშტაბი იყო 1:10.

აღნიშნულ ნაშრომებში ხანძრის განვითარების სხვადასხვა სცენარებია განხილული. მოცემულია კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების მანძილის საკონტროლო მაჩვენებლები გვირაბის გეომეტრიის, დახრის კუთხისა და ხანძრის კერის განლაგების მიხედვით.

ნაშრომში (Tang, Lianjian, Wenkang, Changfa, & Zhi, 2017) აგრეთვე განხილულია ხანძრის კერის განლაგების გავლენა პროცესებზე და ანალიზისათვის შემოტანილია ემპირიული კოეფიციენტები, რომლებიც სიზუსტის გაზრდას ემსახურებიან.

ნაშრომში (Wang, Wang, Carvel, & Wang, 2017) დამუშავებულია ვერტიკალური ჭაურების გამოყენებით გვირაბის ვენტილაციის შემთხვევა და განხილულია გვირაბის თაღურ ნაწილში ტემპერატურის პროგნოზის საკითხი. სხვადასხვა დანიშნულების გვირაბებში ტემპერატურის პროგნოზის საკითხები აგრეთვე განხილულია ნაშრომებში (Lanchava O. , 1982), (Lanchava O. , Heat and mass exchange in newly driven mine workings., 1986), (Lanchava & Ilias, Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow in subway. , 2018), (Lanchava, Ilias, Nozadze, & Radu, 2019), (Lanchava, Abashidze, & Tsverava, Securing fire safety for underground structures. , 2017), (Lanchava, et al., Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels., 2014), (Lanchava & Ilias, Some issues of thermal calculation of ventilation air for the metro., 2017), (Lanchava & Ilias, Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire. , 2020), (ლანჩავა, ნოზაძე, არუდაშვილი, & ხოკერაშვილი, 2017), (Lanchava, O., Kunchulia, T. Khokerashvili, Z. Arudashvili, N. Tsanova, D., 2022.) მოცემულ ნაშრომებში ნაჩვენებია სითბური პროცესების არასტაციონარული და კვაზისტაციონარული ბუნება, მოცემულია სათანადო კოეფიციენტები და რეკომენდებული საანგარიშო ფორმულები.

ნაშრომში (Ko & Hadjisophocleous, 2013) განხილულია ხანძრის წყლით ქრობის სტაციონარული სისტემის გამოყენება და ნაჩვენებია, რომ ამ დროს მცირდება კრიტიკული სიჩქარე.

კრიტიკული სიჩქარის რიცხობრივ მნიშვნელობაზე გვირაბის განივი კვეთს ფორმის გავლენის შესახებ აღნიშნულია ნაშრომში (Savalanpour, Farhanieh, & Afshin, 2021). ნაშრომში მოცემულია რიცხვითი მოდელირების დაზუსტებული შედეგები მრუდზედაპირებიანი სამოდულო უჯრედების გამოყენების გზით. ნაშრომებში (Ko & Hadjisophocleous, 2013) და (Tang, Liu, Yuan, & Fang) განხილულია ხანძრის წყლით ქრობის სტაციონარული სისტემის გამოყენება და ნაჩვენებია, რომ ამ დროს მცირდება კრიტიკული სიჩქარე ფრქვევანების რიცხვის, განლაგებისა და მათ მიერ განვითარებული წნევის მიხედვით.

(Li, Lei, & Ingason, Theoretical and experimental study of critical velocity for smoke control in a tunnel cross-passage., 2013) ნაშრომში, ავტორებს განხილული აქვთ (Wu & Bakar, 2000) ნაშრომში წარმოდგენილი ექსპერიმენტული კვლევები რომელიც ეხება კრიტიკული სიჩქარის დამოკიდებულებას გვირაბის განივ კვეთთან, სადაც კრიტიკულად არის შესწავლილი (Oka & Atkinson, 1955) ნაშრომში შემოტანილი ფორმულა. კრიტიკული სიჩქარის საანგარიშო ფორმულებში დამახასიათებელ გეომეტრიულ მაჩვენებლად შემოტანილია გვირაბის ფიზიკური სიმაღლე და

აგრეთვე ჰიდრავლიკური სიმაღლე, რომელიც განისაზღვრება როგორც გვირაბის გაოთხმაგებული განივი კვეთის ფართობის განაყოფი გვირაბის პერიმეტრზე. (Wu & Bakar, 2000) ნაშრომში წარმოდგენილი ექსპერიმენტული დაკვირვებების შედეგები გამოიყენება რიცხვით კვლევებში გამოთვლების სიზუსტის შესაფასებლად (Chow, et al., 2015); (Hwang & Edwards, 2004) 2005; (Liu, et al., 2020); (Tang, Liu, Yuan, & Fang); (Tian, Liu, & Zhong, 2021); (Weng, Lu, Liu, Shi, & Yu, 2015).

ნაშრომში (Liu, et al., 2020) ექსპერიმენტულად და რიცხვითი მოდელირების მეთოდებით არის შესწავლილი კრიტიკული სიჩქარე მეტროს გვირაბებში. შემოთავაზებულია კრიტიკული სიჩქარის საანგარიშო ფორმულები როგორც მეტროს ცალკეული გვირაბებისათვის, ისე გვირაბთა ქსელისათვის.

ნაშრომში (Li, Lei, & Ingason, Study of critical velocity and backlayering length in longitudinally ventilated tunnel fires.) ავტორებმა ექსპერიმენტულად და თეორიულად შეისწავლეს კრიტიკული სიჩქარე და შემოიტანეს აღნიშნულ ექსპერიმენტებზე დაფუძნებული კორელაცია. მათ წარმოადგინეს კარგი შესაბამისობა ექსპერიმენტებსა და შემოტანილი ფორმულით ნაანგარიშებ რიცხვით სიდიდეებს შორის. აღნიშნული ფორმულა აგრეთვე გამოყენებული იყო სხვა რიცხვითი გაანგარიშებების შესამოწმებლად (Liu, et al., 2020) (Tian, Liu, & Zhong, 2021); (Kong, et al., 2021).

ნაშრომებში (Zhang, Lin, Shi, & Zhang, 2021) და (Lee & Ryou, A numerical study on smoke movement in longitudinal ventilation tunnel fires for different aspect ratio. , 2006) რიცხვითი მოდელირების მეთოდით არის შესწავლილი განივი კვეთის სიგანისა და სიმაღლის თანაფარდობის გავლენა კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობაზე. ნაშრომში (Lee & Ryou, 2005) ანალოგიური შედეგები მიღებულია ექსპერიმენტულად.

ნაშრომში (Li & Ingason, Effect of cross section on critical velocity in longitudinally ventilated tunnel fires. , 2017) შესწავლილია გვირაბის განივი კვეთის ფორმის ეფექტები სწორკუთხა ფორმის გვირაბის მოდელზე. ნაჩვენებია, რომ უცვლელი სიმაღლის პირობებში გვირაბის სიგანის გაზრდა იწვევს კრიტიკული სიჩქარის შემცირებას მცირე სიმაღლის ხანძრების შემთხვევაში.

ნაშრომში (Khieu, Lee, Kim, & Ryou, 2020) რიცხვითი მეთოდებით არის შესწავლილი გვირაბის ფორმის კოეფიციენტის (სიგანე/სიმაღლეზე) გავლენა კვამლის მახასიათებლებზე. მუდმივი სიმაღლის პირობებში კვამლის გავრცელების სიჩქარე მატულობს გვირაბის სიგანის შემცირებით. შესაბამისად, კვამლის უკუდინების სიგრძე მატულობდა თუ გვირაბის სიგანის ფარდობა სიმაღლესთან მცირდებოდა.

ნაშრომში (Tian, Liu, & Zhong, 2021) ექსპერიმენტულად და ციფრულად არის შესწავლილი განივი კვეთის სიგანისა და სიმაღლის თანაფარდობის გავლენა კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობაზე, როცა გვირაბს ჰქონდა კუბის ფორმა ჭერში კოჭებით. შედეგები შესაბამისობაშია (Wu & Bakar, 2000) და (Li, Lei, & Ingason, Theoretical and experimental study of critical velocity for smoke control in a tunnel cross-passage., 2013) ნაშრომებში მოცემულ ძირითად შედეგებთან.

ნაშრომებში (Lou, Rifu, Hu, Jiyun, & Zhenwen, 2020); (Patil, Kumbarwadi, & Momoniat, 2018); (Savalanpour, Farhanieh, & Afshin, Numerical simulation to investigate the induced

buoyant flow characteristics caused by intensive heat in complex curvilinear geometries., 2019). აღნიშნულია FDS პროგრამის სწორკუთხა უჯრედების ნაკლები სიზუსტის შესახებ სასაზღვრო პირობის მიცემის დროა და აღნიშნულია, რომ უფრო უპრიანია მრუდზედაპირიანი უჯრედების გამოყენება რიცხვით მოდელებში.

ნაშრომში (Wang & Wang, A computational study on effects of fire location on smoke movement in a road tunnel. , 2016) რიცხვითი მეთოდებით არის შესწავლილი ცეცხლის კერის განლაგების ადგილის გავლენა კრიტიკულ სიჩქარეზე.

ნაშრომში (ლანჩავა, და სხვ., 2022) (ხოკერაშვილი, ზ., მაჭავარიანი, ნ., არუდაშვილი, ნ., ცანავა, დ., 2022) წარმოდგენილია საავტომობილო გვირაბებში ინიცირებული ხანძრის განვითარების განსხვავებული სცენარები. აღწერილია ხანძრის განვითარებისას ფორმირებული წვის პროდუქტების გვირაბში გავრცელების ხასიათი, მისი დამოკიდებულება სითბოგამოყოფის მაჩვენებელზე, გვირაბის გეომეტრიაზე და სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის აეროდინამიკაზე. აღნიშნულია, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ხანძრის სიმძლავრის გავლენა გვირაბის გრძივი ვენტილაციის პირობებში, სავენტილაციო სისტემის გამართულ ფუნქციონირებაზე. აღნიშნულ ნაშრომში ექსპერიმენტი განხორციელდა რიცხვითი მოდელების მეთოდით FDS პროგრამულ გარემოში, რის შედეგადაც დადგინდა, რომ 3% და მეტი დახრილობის გვირაბებში ძლიერი ხანძრების დროს, როდესაც ხანძრის კერა ჰიფსომეტრულად უფრო დაბლა მდებარეობს, ვიდრე გვირაბის ის პორტალი საიდანაც გვირაბის გრძივი სავენტილაციო სისტემა უზრუნველყოფს სუფთა ჰაერის მიწოდებას, ადგილი აქვს სავენტილაციო სისტემის გადაყირავებას, ვინაიდან ასეთ პირობებში ძლიერი ხანძრის შედეგად ფორმირებული დინამიკური წნევა გაცილებით აღემატება სავენტილაციო დანადგარების მიერ შექმნილ სტატიკურ წნევას. ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ხანძრის გავრცელების აღწერილი სცენარის შემთხვევაში, სავაკუაციო დროის ხანგრძლივობის შემცირებიდან გამომდინარე, სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენის შესაძლებლობა მნიშვნელოვნად არის გაუარესებული. აღნიშნულია, რომ სატრანსპორტო გვირაბებში განვითარებული ხანძრებისას სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენის საუკეთესო და საიმედო ხერხი, გვირაბში წვის პროდუქტების გავრცელების შეზღუდვა წარმოადგენს.

ნაშრომში (ლანჩავა, თ., მახარაძე, ლ., ნოზაძე, გ., ჯანგიძე, მ., ჯავახიშვილი, გ., კუნჭულია, თ., ხოკერაშვილი, ზ., არუდაშვილი, ნ., ცანავა, დ., სებისკვერაძე, ს., 2022.), (კუნჭულია, ხოკერაშვილი, არუდაშვილი, & ლანჩავა, 2020) (ცანავა, 2023) წარმოდგენილია ექსპერიმენტის შედეგები, რომლებიც მიღებულ იქნა სხვადასხვა გეომეტრიის საავტომობილო გვირაბის შესაბამისი მასშტაბის მოდელებზე, სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების დამოდელების შედეგად. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა, გვირაბის გეომეტრიის გავლენის დადგენა სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის „კრიტიკულ სიჩქარეზე “ და სავაკუაციო დროის ხანგრძლივობაზე, რაზეც მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული გვირაბში ხანძრის პირობებში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენის შესაძლებლობები.

უნდა აღინიშნოს, რომ გვირახის აეროდინამიკური წინაღობის ცვალებადობით შესაძლებელია ჰაერის ხარჯისა და სიჩქარის რეგულირება. აეროდინამიკური წინაღობის ცვალებადობა კი შეიძლება გვირახის განივი კვეთის შემცირებით.

ნაშრომებში (Jiang, Zhang, & Jing, 2018) და (Gannouni & Maad, 2015) შესწავლილია ბლოკირების გავლენა კრიტიკულ სიჩქარეზე. პირველში ბლოკირების მაქსიმალური კოეფიციენტი იყო 59.5 %, ხოლო მეორეში - 31%. აღნიშნულმა მკვლევარებმა დაადგინეს, რომ ბლოკირებულ გვირახებში კრიტიკული სიჩქარე უფრო ნაკლები იყო.

ნაშრომში (Shafee & Yozgatligil, 2018) რიცხვითი მეთოდებით შესწავლილია ბლოკირებისა და დახრილობის გავლენა კრიტიკულ სიჩქარეზე. აღნიშნულია, რომ გვირახის ჭერის ტემპერატურა გაცილებით მატულობს ბლოკირების შემთხვევაში. გვირახის ჭერში ტემპერატურის მატებისა და წვის მავნე პროდუქტების კონცენტრაციის მატების შესახებ აღნიშნულია ნაშრომებში (Lanchava, Ilias, Nozadze, & Radu, 2019), (Lanchava O., Analysis of Critical Air Velocity for Tunnel Fires Controlled by Ventilation, 2021), (Lanchava, Ilias, Radu, Nozadze, & Jangidze, 2022). (Lanchava, O., Nozadze, G., Tsanova, D., 2022.)

ნაშრომში (Liang, Pang, & Gao, 2020) რიცხვითი მეთოდებით არის შესწავლილი ბლოკირებისა და გვირახის დახრილობის გავლენა კრიტიკულ სიჩქარეზე. აღნიშნულ ნაშრომში დადგენილია, რომ ხანძრის უცვლელი სიმძლავრის პირობებში ბლოკირების ფართობის გაზრდით კრიტიკული სიჩქარე მცირდება.

ნაშრომში (Meng, Hu, & Tian, 2020) რიცხვითი მეთოდებით და ექსპერიმენტულად არის შესწავლილი ბლოკირების გავლენა კრიტიკულ სიჩქარეზე მცირე ზომის გვირახებში. ეფექტის მიხედვით ისინი ერთმანეთისაგან მიჯნავენ ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ ბლოკირებას. აღნიშნულ ნაშრომებში აგრეთვე აღნიშნულია, რომ აღმართზე ჰაერის მოძრაობისას კრიტიკული სიჩქარე მცირდება, ხოლო დაღმართში ჰაერის მოძრაობისას, პირიქით - იზრდება.

როგორც ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, ლიტერატურის განხილვა ფოკუსი-რებულია საავტომობილო გვირახებში განვითარებული ხანძრის პირობებში წვის პროდუქტების სუფთა ჰაერის ჭავლში გავრცელების მანძილზე, ანუ უკუდინების სიგრძეზე და უკუდინების გამომრიცხავ სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკულ სიჩქარეზე. ამ უკანასკნელის რიცხვითი მნიშვნელობის შემცირება შესაძლებელია გვირახის ბლოკირების შედეგად, ანუ გვირახის კვეთის წინასწარგანზრახულად შემცირებითა და აეროდინამიკური წინაღობის გაზრდით. კრიტიკული სიჩქარის მნიშვნელობის შემცირებით კი შესაძლებელია სიცოცხლის უფრო საიმედო გადარჩენა სატრანსპორტო გვირახებში განვითარებული ხანძრების დროს.

სატრანსპორტო გვირახებში, ინიცირებული და განვითარებული ხანძრების პირობებში სიცოცხლის გადარჩენა, როგორც მოცემული მასალიდან ჩანს, აღიარებულია, როგორც საერთაშორისო პრობლემა, რომლის გადაჭრაზე მრავალი მკვლევარი და ინჟინერი მუშაობს მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. სიცოცხლის გადარჩენაზე აქცენტირება განსაკუთრებით მას შემდეგ გაძლიერდა, რაც მასშტაბურ ხანძრებს მოჰყვა ადამიანთა მსხვერპლი. აღნიშნული ხანძრების შესახებ სტატისტიკური მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილში 1. პრობლემა

მნიშვნელოვანია აგრეთვე ჩვენი ქვეყნისათვის, რადგან საქართველოში, ე.წ. „საქართველო, როგორც შუადერეფანი“ პროგრამის ფარგლებში, რომელიც ითვალისწინებს სრულფასოვანი ჩქაროსნული ავტომაგისტრალის მშენებლობას ქვეყნის აღმოსავლეთის საზღვრიდან შავი ზღვის პორტებამდე და სამხრეთ-დასავლეთის საზღვრამდე, უკვე მიმდინარეობს 50-ზე მეტი საავტომობილო გვირაბის მშენებლობა, რომელთა საპროექტო გადაწყვეტების თანახმად, ხანძარი წარმოდგენილია გვირაბებში ფორმირებული საფრთხეების ერთადერთ რისკ-ფაქტორად.

ვენტილაციის კრიტიკული სიჩქარე და სუფთა ჰაერის ჭავლში კვამლის საპირისპირო გავრცელების მანძილი - უკუდინების სიგრძე, საგანგებო სიტუაციების მართვის პროექტებში მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური კომპონენტებია. კრიტიკული სიჩქარის ცნება, როგორც ზემოაღნიშნული მასალიდან გამოჩნდა, შემოღებულია თომასის მიერ ნახევრად ემპირიული ფორმულის სახით. აღნიშნული ფორმულა იყენებს ფრუდის რიცხვის კრიტიკულ სიდიდეს. ფრუდის რიცხვის გამოყენების იდეა საკითხს ამარტივებს, რადგან ამ შემთხვევაში კრიტიკული სიჩქარე და ყველა მითითებული საძიებელი სიდიდე შედარებით მარტივად გამოითვლება.

ავარიული ვენტილაციის დაპროექტების საერთაშორისო რეკომენდაციები, მათ შორის მსოფლიოს ერთ-ერთი ყველაზე განვითარებული ქვეყნის - აშშ-ის სახანძრო უსაფრთხოების სახელმძღვანელოები იზიარებენ დებულებას, რომ სავენტილაციო ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე არის მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური მაჩვენებელი, რომლითაც შესაძლებელია კვამლის კონტროლი განხორციელდეს სატრანსპორტო გვირაბებში ხანძრის უკლებლივ ყველა შემთხვევაში.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, წინამდებარე ნაშრომის მარტივად აღქმის ინტერესებიდან გამომდინარე, მოკლედ ჩამოვაყალიბებთ ნაშრომში განხილულ საკითხებსა და მათი გადაჭრის გზებზე ჩვენს შეხედულებებს.

2. რიცხვითი მოდელირების მეთოდის გამოყენებით განხორციელებული კვლევა

2.1 კვლევის არსი

საავტომობილო გვირაბებში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრის პირობებში, სახიფათო ვითარებაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენა, როგორც ავღნიშნეთ, მნიშვნელოვანწილად არის დამოკიდებული სავაკუაციო დროის ხანგრძლივობაზე.

აქედან გამომდინარე, ჩვენს მიერ განხორციელებული კვლევის იდეა ემყარება შემდეგ მოსაზრებას: მას შემდეგ, რაც დროულად მოხდება სატრანსპორტო გვირაბებში ინიცირებული ხანძრის იდენტიფიცირება და გვირაბის სავენტილაციო სისტემების გადაწყობა მუშაობის საგანგებო რეჟიმის შესაბამისად, ამ პროცესის პარალელურად გააქტიურდება მოლოდინის რეჟიმში მყოფი, შესაბამის ლოკაციებზე

განთავსებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები, რომლებიც ხანძრის კერიდან გვირახის ორივე მხარეს გადაფარავს გვირახის განივ კვეთს ნაწილობრივ, შედეგად აღნიშნულ ლოკაციაზე გაიზრდება გვირახის აეროდინამიკური წინაღობა, რაც ხელს შეუშლის გვირახის საევაკუაციო სივრცეში კვამლისა და სხვა დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელებას, ხოლო სახიფათო ზონაში ჩარჩენილ ადამიანებს შესაძლებლობა ექნებათ დროულად და ორგანიზებულად განახორციელონ თვითევაკუაცია. ამასთან ერთად მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების გააქტიურება ხელს შეუწყობს გვირახში სუფთა და დაბინძურებული ჰაერის ნაკადების ერთმანეთისაგან გამიჯვნას სიმკვრივეთა განსხვავების ხარჯზე, შედეგად გვირახის კრიტიკულ მონაკვეთებზე სუფთა ჰაერის შენარჩუნება უფრო ხანგრძლივი დროით მოხდება და გაიზრდება საევაკუაციო დროის ხანგრძლივობა.

იდეა განვითარდა წარმოდგენილი სამეცნიერო ლიტერატურის კრიტიკული განხილვის საფუძველზე, რომელსაც საფუძვლად დაედო ხანძრის მიწისქვეშ განვითარების სცენარები, წვის ტოქსიკური პროდუქტების გავრცელების დინამიკა, ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე, კვამლისა და წვის ტოქსიკური პროდუქტების უკუდინება და ზოგადად, გვირახებში მათი გავრცელების კანონზომიერებები, განსაკუთრებით გვირახის სავალი ნაწილის ბლოკირების მხედველობაში მიღებით.

2.2 მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები

მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემის ინსტალაცია შესაძლებელია პრაქტიკულად ნებისმიერ, თუნდაც უკვე მოქმედ სატრანსპორტო გვირახებში, ისე რომ გვირახის ჩვეულებრივ რეჟიმში ექსპლუატაციის შემთხვევაში არ შეზღუდოს გვირახის საკმაოდ ძვირადღირებული სასარგებლო მიწისქვეშა სივრცე. მათ გააჩნიათ მნიშვნელოვანი უპირატესობები სხვა მსგავს სისტემებთან მიმართებით, კერძოდ:

1. სისტემის კონსტრუქციის სიმსუბუქე - რაც დამყარებულია, სისტემის მოქნილ ელემენტებად ცეცხლგამძლე ბაზალტის ბოჭკოვანი ქსოვილების გამოყენებაზე.

2. სისტემის მონტაჟისა და დემონტაჟის სისწრაფე და სიმარტივე - სრული კონსტრუქციის მონტაჟი შესაძლებელია უკვე მოქმედ გვირახის კედლებზე ანკერების გამოყენებით, შედეგად არავითარი საჭიროება არ არსებობს გვირახის ძირითად სამშენებლო კონსტრუქციაზე რაიმე სახის სხვა ზემოქმედების.

3. გვირახის ინფრასტრუქტურასთან ადაპტირების ფართო რესურსი. შესაძლებელია მისი ჩართულობა გვირახის სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის და ზოგადად გვირახის მართვის სისტემებთან.

4. ამოქმედების გაზრდილი საიმედოობა - შესაძლებელია მისი აღჭურვა ავტონომიური მართვის ენერგო და საკომუნიკაციო სისტემებით.

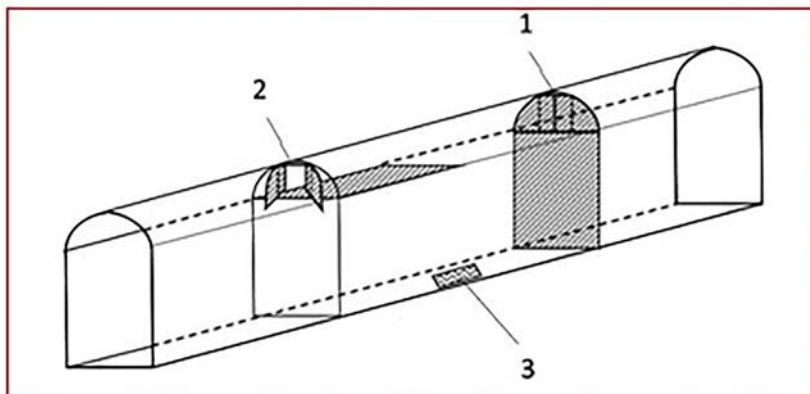
5. კონკურენტუნარიანი ფასი - სახარჯი მასალების შედარებით დაბალი თვითღირებულებიდან გამომდინარე.

აღნიშნული სისტემები განთავსდება საავტომობილო გვირახის მთელს სიგრძეზე 200-300 მ-ის ინტერვალით გვირახის საგანგებო გასასვლელებთან სინქრონულად. როგორც ცნობილია, პარალელური შტოლნის არსებობის პირობებში ან ცალმხრივი

მოძრაობის ორი პარალელური გვირაბის შემთხვევაში სამშენებლო ნორმების თანახმად აუცილებელია გამკვეთების მოწყობა მითითებულ მანძილებზე, რომლებიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნენ საგანგებო გასასვლელებად. ამრიგად, მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემა შესაძლებელია განხილული იყოს როგორც სავენტილაციო სისტემის და მამასადამე, გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ტექნოლოგიური კომპონენტი.

ნახ. 5 - ზე წარმოდგენილია სატრანსპორტო გვირაბში მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემის განთავსების სქემა.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების საშუალებით ხანძრის კერის სრულად 100%-ით გადაფარვა არ არის მიზანშეწონილი, რადგანაც ასეთ შემთხვევაში წვადი მასალის არასრული წვის შედეგად ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში გამოყოფილი ნახშირბადის მონოქსიდისა და ჟანგბადის ისეთი კონცენტრაცია შეიძლება მივიღოთ, რომელიც შესაძლებელია გასცდეს საწვავი ნარევის აფეთქების ქვედა ზღვარს, რის შედეგადაც საჭირო რაოდენობის სითბოს არსებობის შემთხვევაში აფეთქების პროცესი გარდაუვალი გახდება. რიცხვითი მოდელირების (რომელსაც ქვევით წარმოვადგენთ) შედეგების ანალიზის მიხედვით მიზანშეწონილია გვირაბში ხანძრის ინიცირებისას მოხდეს ხანძრის კერის ნაწილობრივი გადაფარვა, ხოლო სავენტილაციო ნაკადების მართვა განხორციელდეს გვირაბის ზედა სივრცეში, რადგანაც წვის პროდუქტები და პროცესის დროს გამოყოფილი დიდი რაოდენობით სითბო ხასიათდება ადამიანის მიხედვით.



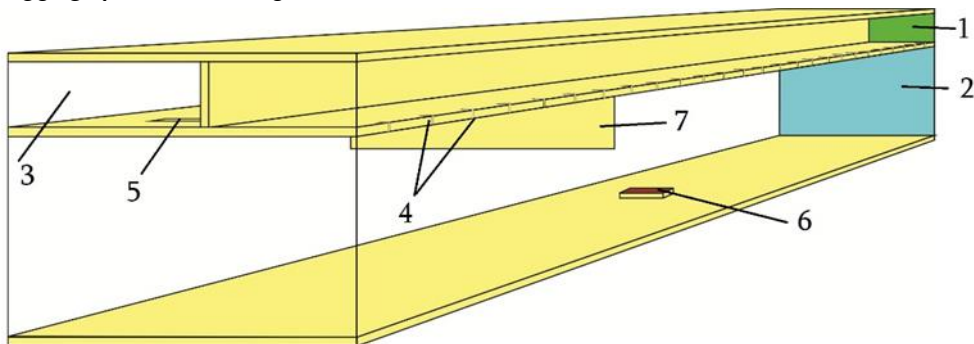
ნახაზი 5. სატრანსპორტო გვირაბში „მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემის“ განლაგების სქემა:

აღნიშნული სისტემებით სატრანსპორტო გვირაბის ნაწილობრივ გადაფარვით სამმაგი ეფექტის მიღების შესაძლებლობაა, ჯერ ერთი - თავიდან იქნება აცილებული აფეთქების რისკი, მეორე - გვირაბის ქვედა დონეზე დარჩენილი სატრანსპორტო საშუალებები სისტემის ეფექტურად ფუნქციონირებაზე ნეგატიურ გავლენას ვეღარ მოახდენენ (აღნიშნული ავტომობილები ხელს შეუშლის სისტემის ბოლომდე გაშლას) და მესამე - სასიფათო ზონაში აღმოჩენილ ადამიანების გადაადგილებისათვის დაბრკოლების შექმნა გამოირიცხება (სრულად გადაფარვის

შემთხვევაში ადამიანების გადაადგილებისათვის დამატებითი ბარიერი იქმნება), შედეგად თვითევაკუაციის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად გაიზრდება. ამასთან ერთად აუცილებელია გვირაბის მომსახურე პერსონალის შესაბამისი კვალიფიკაციის დონის არსებობა, რადგანაც მათ უნდა შეძლონ ეფექტურად მართონ საგანგებო ვითარებაში აღმოჩენილი ადამიანების ევაკუაციის პროცესი.

2.3 ჰაერის ნახევრად განივი მიწოდების სავენტილაციო სისტემით აღჭურვილ, ჰორიზონტალურ საავტომობილო გვირაბებში განვითარებული ხანძრების რიცხვითი მოდელირება

სატრანსპორტო გვირაბების სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემების მოდერნიზაციის, განვითარებისა და მეტად დახვეწის მიზნით, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების დანერგვის ეფექტურობის დასადგენად, ხანძრის განვითარების სცენარების შესწავლის მიზნით, საწყის ეტაპზე, არჩევანი გავაკეთეთ რიცხვითი მოდელირების მეთოდზე, შესაბამისად ამოცანის დასმა მოხდა რიცხვითი მოდელირების FDS პროგრამულ გარემოში. მოდელირება განხორციელდა სამი, ერთმანეთისგან განსხვავებული სასაზღვრო პირობებითა და განსხვავებული გეომეტრიის გვირაბებისათვის. პირველ ეტაპზე შეირჩა 400 მ სიგრძის საავტომობილო გვირაბი აღჭურვილი ჰაერის ნახევრად განივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემით. გვირაბის სქემა მოცემულია ნახ. 6 -ზე.



ნახაზი 6. ერთგვირაბიანი ორმხრივი მოძრაობის საავტომობილო გვირაბი აღჭურვილი ნახევრადგანივი სავენტილაციო სისტემით:

1 - ჰაერის მიწოდების სავენტილაციო არხი (8 მ² განივი კვეთით); 2 - ძირითადი საავტომობილო გვირაბი; 3 - გვირაბში ხანძრის პირობებში გამოყოფილი კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების ასარინებელი არხი (10 მ² განივი კვეთით); 4 - სავენტილაციო ფანჯრები(0,175 მ² ფართობის და განლაგებულია გვირაბის მთელს სიგრძეზე 15 მ ინტერვალით); 5 - გვირაბში, ხანძრის პირობებში ნამწვი პროდუქტების ასარინებელი ფანჯრები (8 მ² ფართობის და განლაგებულია გვირაბის მთელს სიგრძეზე 90 მ ინტერვალით); 6 - გვირაბში ხანძრის კერა; 7 - მოქნილი ტრასფორმირებადი სისტემა, რომელსაც ფარავს გვირაბის განივი კვეთის 50%.

მოცემული გვირაბის სქემის მიხედვით, საავტომობილო გვირაბის ჩვეულებრივ რეჟიმში ექსპლუატაციის პირობებში, გვირაბის წარმოსახვით ქერზე განთავსებული სავენტილაციო არხის საშუალებით, შესაბამისი სავენტილაციო ფანჯრების გავლით, რომელთა ღიობის ფართობია 0,175 მ² და განლაგებულნი არიან გვირაბის წარმოსახვითი ქერის მთელს სიგრძეზე 15 მ-იანი ინტერვალით, ხდება ძირითადი საავტომობილო გვირაბის მუშა სივრცეში სუფთა ატმოსფერული ჰაერის მიწოდება. ძირითადი საავტომობილო გვირაბის განივი კვეთის ფართობია 57,5 მ². ძირითადი გვირაბიდან ნამუშევარი ჰაერის დაბრუნება ატმოსფეროში კი ხორციელდება გვირაბის პორტალების საშუალებით. გვირაბის სავენტილაციო არხის განივი კვეთის ფართობია 8 მ².

გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში, საგანგებო ვითარების მართვის თვალსაზრისით, გვირაბის წარმოსახვით ქერში, სუფთა ჰაერის მიწოდების სავენტილაციო არხის პარალელურად განთავსებულია გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტი- კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების ასარინებელი არხი, რომელიც მთავარ საავტომობილო გვირაბის სივრცეს უკავშირდება შესა-ბამისი ნამწვი პროდუქტების ასარინებელი ფანჯრების საშუალებით. აღნიშნული ფანჯრები განლაგებულია გვირაბის წარმოსახვით ქერში მთელს სიგრძეზე საშუალოდ 90 მ-იანი ინტერვალით, არხის განივი კვეთის ფართობია 10 მ², ხოლო თითოეული, ნამწვი პროდუქტების ასარინებელი ფანჯრის ფართობი, 8 მ². აქ აღწერილი სქემის არსი მდგომარეობს შემდეგში, გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების დროს, გვირაბის სავენტილაციო სისტემა გადადის მუშაობის საგანგებო რეჟიმში, რომლის მიხედვითაც სუფთა ჰაერის საჭირო რაოდენობის მიწოდება ძირითადი გვირაბის სივრცეში საევაკუაციო მიმართულებაზე, სავენტილაციო არხითა და შესაბამისი სავენტილაციო ფანჯრების გავლით ხორციელდება, ხოლო კვამლისა და სხვა წვის პროდუქტების ატმოსფეროში გამოტანა ხდება ნამწვი პროდუქტების, შესაბამისი ასარინებელი ფანჯრებისა და შესაბამისი არხის გავლით.

აღნიშნული სქემისა და გეომეტრიის გვირაბისათვის განხორციელდა 100 მგვტ სიმძლავრის, სამი განსხვავებული სცენარის ხანძრების რიცხვითი მოდელირება FDS პროგრამულ გარემოში.

გვირაბში ხანძრის განვითარების პირველი სცენარის მიხედვით, გვირაბის სავენტილაციო სისტემა მუშაობს საგანგებო რეჟიმში, რომლის მიხედვითაც სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება გვირაბის სავენტილაციო არხისა და შესაბამისი სავენტილაციო ფანჯრების გავლით გვირაბის საევაკუაციო მიმართულებაზე, ხოლო კვამლისა და წვის სხვა პროდუქტების ატმოსფეროში გამოტანა ხორციელდება ხანძრის კერიდან, გვირაბის მარცხენა პორტალის მხარეს, 90 მ - ით დაშორებული, 8 მ² ფართობის მქონე კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების არინების შესაბამისი ფანჯრით, შესაბამისი სახანძრო არხის გავლით. აღნიშნული სცენარის მიხედვით მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები, არ არის გააქტიურებული.

გვირაბში ხანძრის განვითარების მეორე სცენარში ყველაფერი მეორდება ისე როგორც აღწერილია პირველ სცენარში ერთი განსხვავებით, გააქტიურებულია

ხანძრის კერიდან გვირახის მარცხენა პორტალის მიმართულებით 94 მ მანძილზე განთავსებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემა, რომელსაც გადაფარული აქვს გვირახის განივი კვეთის 50% გვირახის ჭერიდან სავალი ნაწილის მიმართულებით.

ხოლო მესამე სცენარში ყველფერი მეორდება როგორც მეორე სცენარში აღწერილი შემდეგი განსხვავებით, დამატებით ღიაა ხანძრის კერიდან გვირახის მარჯვენა პორტალის მიმართულებით არსებული კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების არინების სახანძრო ფანჯარა, რომელიც მდებარეობს ხანძრის კერიდან 109 მ მანძილზე და გააქტიურებულია ამ მიმართულებით ხანძრის კერიდან 114 მ მანძილზე განთავსებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემა, რომელსაც ასევე გადაფარული აქვს გვირახის განივი კვეთის 50 %.

აღწერილი სამივე სცენარის ხანძრებისათვის დაცული იყო ერთიდაიგივე სასაზღვრო პირობები რომლებიც ითვალისწინებდა, სავენტილაციო სისტემის საგანგებო რეჟიმში ფუნქციონირებისას, ხანძრის პირობებში წვის პროდუქტების რაოდენობის მატებიდან გამომდინარე სავენტილაციო ჰაერის რაოდენობის 33 % - ით ზრდას, ამასთან ერთად სუფთა ჰაერის მისაწოდებელ სავენტილაციო და სახანძრო არხებში ნარჩუნდებოდა ჰაერის ნაკადების ერთიდაიგივე სიჩქარეები: 5, 10, 15, 20 მ/წმ.

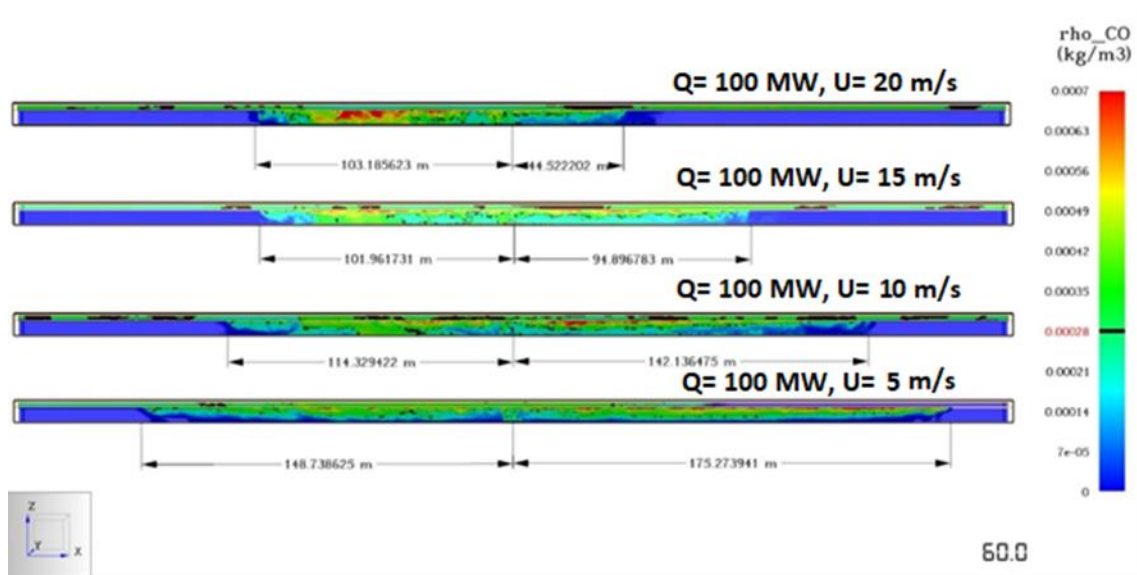
მოდელირების დრო განისაზღვრა 60 წმ-ით.

ხანძრის აღწერილი სცენარების მიხედვით, მოდელირების შედეგების მოლოდინი მდგომარეობდა გამოკვეთილიყო ხანძრის განვითარების ისეთი თავისებურებები, რომლებიც ხანძრის განვითარების რეალურ სურათის წარმოდგენის საშუალებას მოგვცემდა.

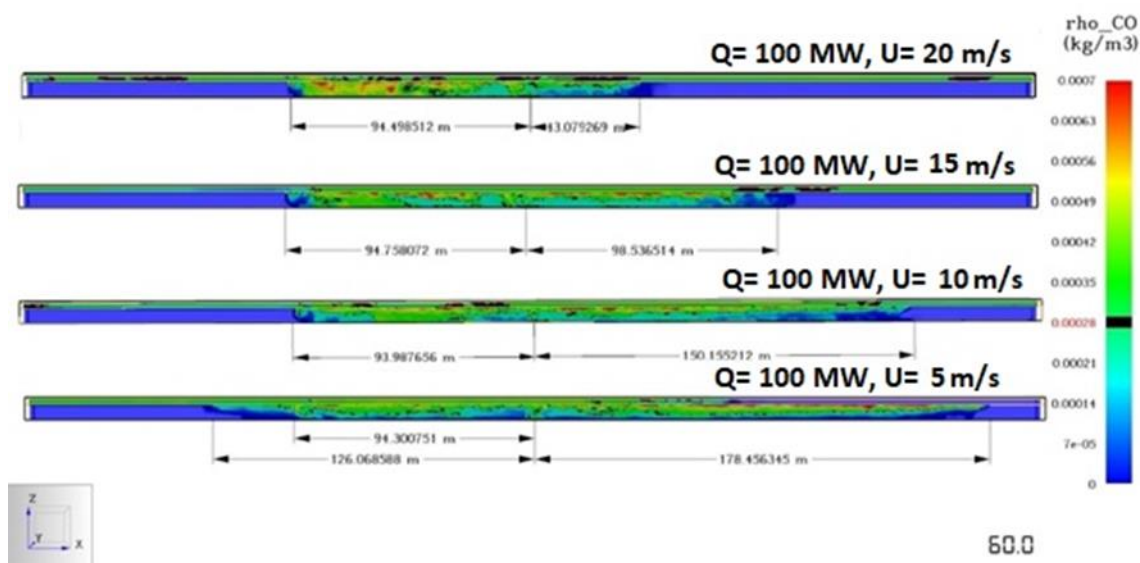
ნახაზ 7 - ზე წარმოდგენილია აღწერილი პირველი სცენარის მიხედვით ძირითად საავტომობილო გვირახში განვითარებული 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის რიცხვითი მოდელირების შედეგი, სადაც მოცემულია ძირითად საავტომობილო გვირახში, ხანძრის ერთ-ერთი დამაზიანებელი ფაქტორის, ნახშირბადის მონოქსიდის CO კონცენტრაციის ცვალებადობა და ძირითად საავტომობილო გვირახში მისი გავრცელების დინამიკა. ნახაზი 7 - დან ჩანს, რომ როდესაც კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების არინების ფანჯარაში ნაკადის სიჩქარე 20 მ/წმ - ია, ძირითადი გვირახის, ღია სახანძრო ფანჯრის შემდეგ სივრცეში კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების გავრცელება პრაქტიკულად განულებულია.

5 და 10 მ/წმ სიჩქარის შემთხვევაში გაცილებით ნეგატიური შედეგი გვაქვს, ნათლად ჩანს ნამწვი პროდუქტების გავრცელების მანძილი თითქმის 1,5 - ჯერ იზრდება.

ნახაზ 8 - ზე წარმოდგენილია, ზემოთ მეორე სცენარის მიხედვით, ძირითად საავტომობილო გვირახში ინიცირებული და განვითარებული 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის, იგივე სასაზღვრო პირობების შემთხვევაში რიცხვითი მოდელირების შედეგი.



ნახაზი 7. პირველი სცენარის მიხედვით გვირაბში განვითარებული ხანძრის პირობებში ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა და მისი გავრცელება ძირითადი გვირაბის მუშა სივრცეში.



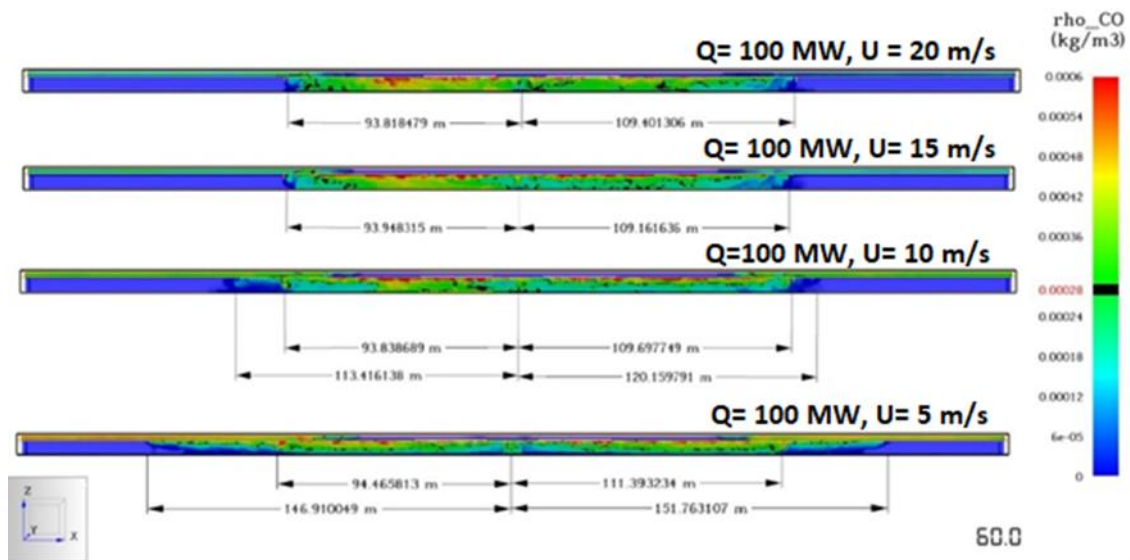
ნახაზი 8. მეორე სცენარის მიხედვით გვირაბში განვითარებული ხანძრის პირობებში ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა და მისი გავრცელება ძირითადი გვირაბის მუშა სივრცეში.

როგორც ნახ. 8-დან ჩანს, ძირითად საავტომობილო გვირაბში, როდესაც სუფთა ჰაერის მიწოდების და კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების არინების არხებში ჰაერის ნაკადის სიჩქარეებია 10, 15 და 20 მ/წმ, ამასთან ერთად ხანძრის კერიდან გვირაბის მარცხენა პორტალისაკენ 94 მ მანძილზე გააქტიურებულია მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემა, რომელსაც გადაფარული აქვს გვირაბის პერიმეტრის

50 %, აღნიშნული მიმართულებით, გვირაბის განივი კვეთის გადაფარვის ლოკაციის შემდეგ კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების გავრცელება არ აღინიშნება.

ჰაერის ნაკადის 5 მ/წმ სიჩქარის შემთხვევაში ტრანსფორმირებადი სისტემის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად გაუარესებულია, რაც გამოიხატება ხანძრის კერიდან ძირითადი გვირაბის სივრცეში 126 მ მანძილზე ნამწვი პროდუქტების გავრცელებით.

ნახაზ 9 - ზე მოცემულია, ძირითად საავტომობილო გვირაბში, წარმოდგენილი, ზემოთ აღწერილი მესამე სცენარის მიხედვით განვითარებული 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის რიცხვითი მოდელირების შედეგი, სადაც აღწერილია ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა და მისი გვირაბში გავრცელების დინამიკა.



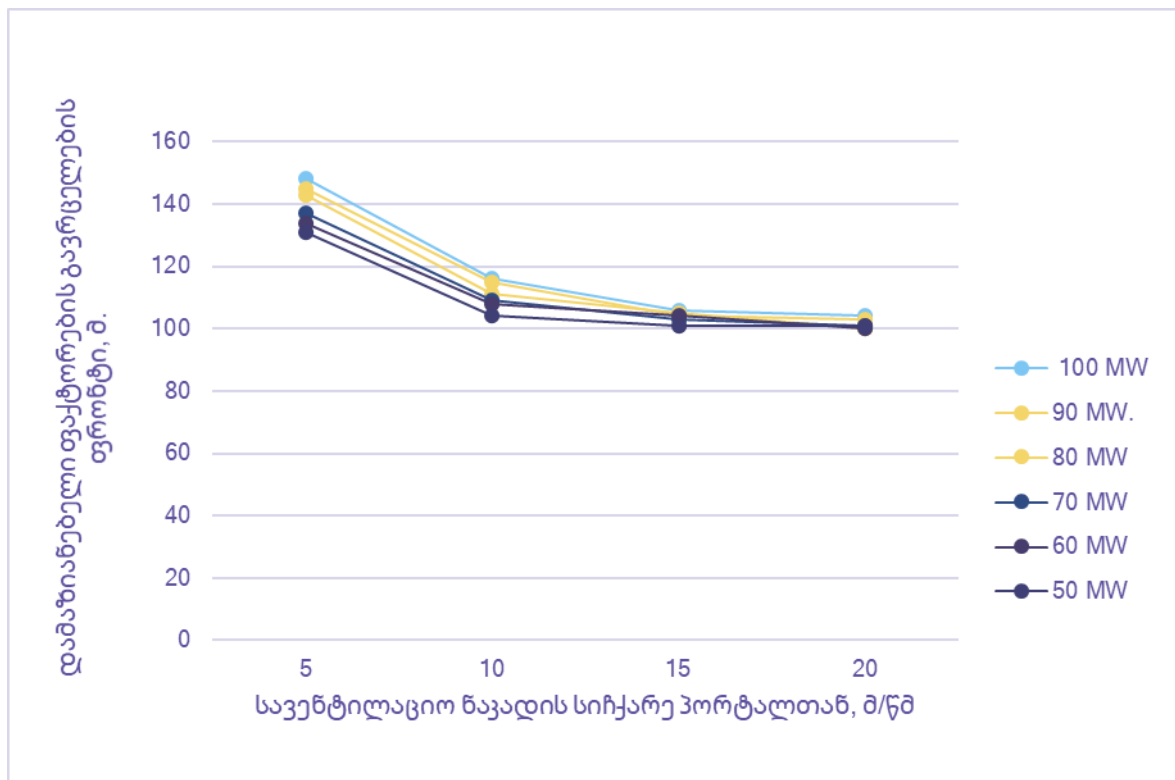
ნახაზი 9. მესამე სცენარის მიხედვით გვირაბში განვითარებული ხანძრის პირობებში ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა და მისი გავრცელება ძირითადი გვირაბის მუშა სივრცეში.

როგორც ნახაზ 9 - დან ჩანს, როდესაც გვირაბის სავენტილაციო და სახანძრო არხებში ჰაერის ნაკადის სიჩქარეები 15 და 20 მ/წმ - ია და ხანძრის კერიდან გვირაბის ორივე მხარეზე ტრანსფორმირებადი სისტემებით გადაფარულია გვირაბის განივი კვეთის 50 %, ბარიერებით გვირაბის გადაფარვის ლოკაციიდან გვირაბის დანარჩენ სივრცეში ნახშირბადის მონოქსიდის გავრცელება არ აღინიშნება.

10 მ/წმ სიჩქარის შემთხვევაში ნახშირბადის მონოქსიდის გავრცელება ნაწილობრივ იზღუდება და ხანძრის კერიდან მხოლოდ 113 და 120 მ მანძილზე ხდება შესაბამისად, ხოლო 5 მ/წმ სიჩქარის შემთხვევაში ნახშირბადის მონოქსიდის გავრცელება ხანძრის კერიდან 147 და 151 მ მანძილებს აღწევს შესაბამისად.

მოდელირების შედეგები აჩვენებენ, რომ საავტომობილო გვირაბში განვითარებული ხანძრის შედეგად აღძრული წვევის ძალების მოქმედება, ძირითადად დამოკიდებულია სახანძრო არხით და შესაბამისი სახანძრო ფანჯრით ნამწვი პროდუქტების გაწოვის სიჩქარეზე, თავისთავად ხანძრის სიმძლავრეზე და წვის მავნე და ტოქსიკური აირების უკუდინების მანძილზე.

ნახაზ 10-ზე წარმოდგენილია საავტომობილო გვირაბში განვითარებული 50 - დან 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში, გვირაბის მარცხენა პორტალისაკენ კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების უკუდინების მანძილის ცვალებადობა სავენტილაციო და სახანძრო არხებში ჰაერის ნაკადების სიჩქარის მიხედვით, როდესაც ღიაა მარცხენა პორტალისკენ ხანძრის კერიდან 90 მ მანძილზე არსებული სახანძრო ფანჯარა. ამასთან ერთად აღნიშნულ ლოკაციაზე არსებული ტრანსფორმირებადი სისტემა არ არის გააქტიურებული.

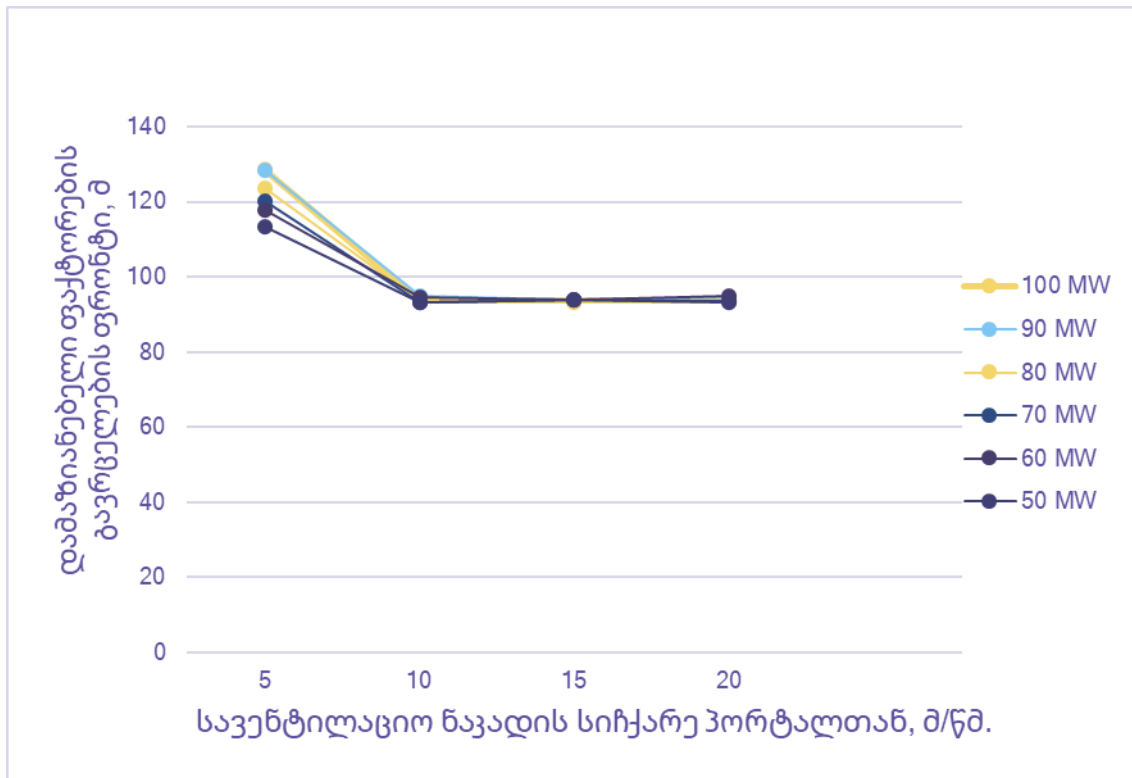


ნახაზი 10. 50 - 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის კერიდან გვირაბის მარცხენა პორტალისაკენ კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების უკუდინების მანძილის ცვალებადობა გვირაბის სავენტილაციო და სახანძრო არხებში ჰაერის ნაკადის სიჩქარესთან მიმართებით. ტრანსფორმირებადი სისტემა გააქტიურებული არ არის.

ნახაზ 11 - ზე წარმოდგენილია საავტომობილო გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული 50-100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისას, გვირაბის მარცხენა პორტალის მიმართულებით ნამწვი პროდუქტების გავრცელების უკუდინების მანძილის ცვალებადობის დამოკიდებულება სახანძრო და სავენტილაციო არხებში ჰაერის ნაკადების სიჩქარეების ცვალებადობასთან მიმართებით, როდესაც ღიაა ხანძრის კერიდან გვირაბის მარცხენა პორტალის მიმართულებით 90 მ - ით დაშორებული სახანძრო ფანჯარა და ამასთან ერთად გადაფარულია გვირაბის განივი კვეთის 50 % გვირაბის წარმოსახვითი ჭერიდან სავალი ნაწილის მიმართულებით.

ნახაზებიდან 10 – 11 ჩანს, რომ საავტომობილო გვირაბში, რომელიც აღჭურვილი არის ჰაერის მიწოდებისა და განაწილების ნახევრად განივი სავენტილაციო

სისტემებით, ინიცირებული და განვითარებული სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრის პირობებში მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების გამოყენების შედეგად ხანძრის დროს გამოყოფილი კვამლისა და წვის სხვა ტოქსიკური და მავნე პროდუქტების გავრცელების უკუდინების მანძილი სულ მცირე 10 % -ით მაინც მცირდება.



ნახაზი 11. 50 - 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის კერიდან გვირახის მარცხენა პორტალისაკენ კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების უკუდინების მანძილის ცვალებადობა გვირახის სახანძრო და სავენტილაციო არხებში ჰაერის ნაკადის სიჩქარესთან მიმართებით. ტრანსფორმირებადი სისტემა გააქტიურებულია და გადაფარულია გვირახის განივი კვეთის 50 %.

2.4 ჰაერის გრძივი მიწოდების სავენტილაციო სისტემით აღჭურვილ დახრილ საავტომობილო გვირაბებში ინიცირებული და განვითარებული 5; 10; 30 და 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების რიცხვითი მოდელირების შედეგები

რიცხვითი მოდელირება განხორციელდა საავტომობილო გვირაბისათვის, რომელიც აღჭურვილია ჰაერის გრძივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილა-ციო სისტემით.

შეირჩა სატრანსპორტო გვირაბის მოდელი შემდეგი გეომეტრიით: სიგრძე 100 მ; სიგანე 8 მ; სიმაღლე 6 მ. გვირაბის დახრის კუთხე იცვლებოდა: 0; 1; 3; 4 და 6%-ით, რაც 0; 0,6; 1,8; 2,4 და 3,6 გრადუსს შეესაბამება. შესწავლილი იქნა 5; 10; 30 და 50 მგვტ სიმძლავრის შესაბამისი ხანძრები. გვირაბში ხანძრის კერა მდებარეობს გვირაბის

ცენტრალურ ნაწილში და მისი გავრცელების ფართობი არის 16 მ2. ხანძრის მოდელირებისათვის საჭირო რეაგენტად შერჩეული იქნა „ბენზინი“. ხანძრის მოდელირების დრო შეადგენს 120 წმ. დახრილი გვირაბის ჰიფსომეტრულად ზედა პორტალზე მოდელირების 0 წმ-ზე ჩაერთვება ორი ცალი ჭავლური ტიპის სავენტილაციო დანადგარი, თითოეულის სამუშაო სიმძლავრე 28 მ³/წმ, სამუშაო წნევით 2000 პა.

სავენტილაციო დანადგარების მიერ დაჭირხნული სავენტილაციო ჰაერის ხარჯის გამოთვლა ხდება ჰაერის ნაკადის სიჩქარისა და გვირაბის განივი კვეთის მიხედვით. საწყის ეტაპზე მოდელირება განხორციელდა გვირაბის ნულოვანი კუთხით დახრის შემთხვევაში. რიცხვითი მოდელირების დაწყების მომენტიდან მე-20 წმ-ზე ხდება კერაზე ხანძრის ინიცირება, ხოლო დანარჩენი 100 წმ-ის განმავლობაში მიმდინარეობს მოდელირების მონაცემების მიღება-დაფიქსირება. ხანძრის მიმდინარეობისას დროის ერთეულში გამოყოფილი კვამლისა და ტოქსიკური აირების რაოდენობა სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვისათვის მოცემულია ცხრილი 2-ში.

მოდელირების შედეგების მიხედვით, ჰორიზონტალურ გვირაბში ჰაერის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად მისი სიმკვრივის შემცირება არ იწვევს ჰაერის დაშრევებას, არამედ ხდება ნამწვი პროდუქტების სავენტილაციო ჰაერთან შერევა, შედეგად იზრდება სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე.

ცხრილი 2. რიცხვითი მოდელირების შედეგები გვირაბის ნულოვანი კუთხით დახრის შემთხვევაში. გვირაბში ჰაერის ხარჯისა და ჰაერის სიჩქარის მნიშვნელობები განვითარებული ხანძრის შესაბამისი სიმძლავრის მიხედვით

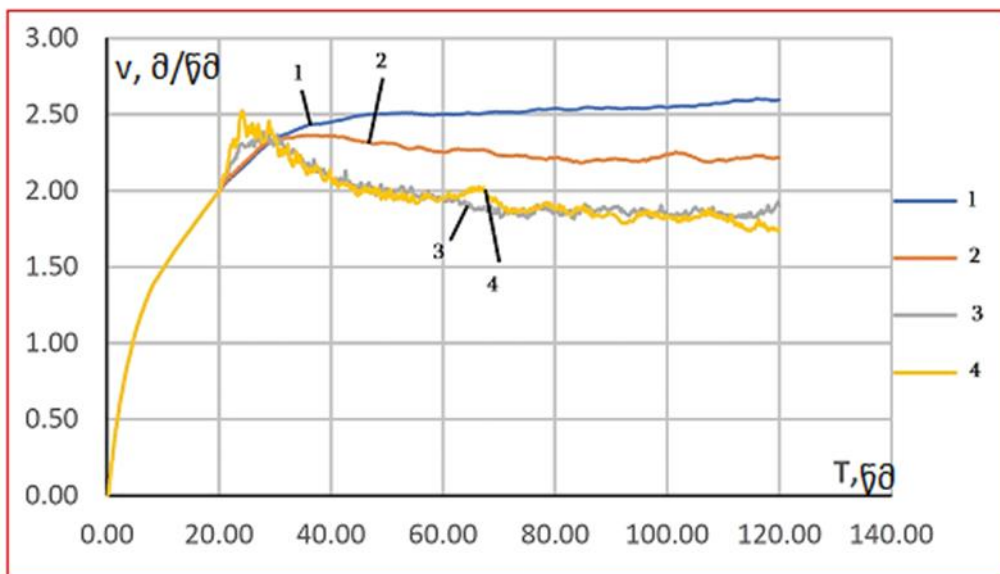
ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ	u_1 , მ/წმ	u_2 , მ/წმ	G_2 , მ ³ /წმ	G_1 , მ ³ /წმ	G , მ ³ /წმ
5	2.9	3.6	139.2	172.8	33.6
10	2.9	4.1	139.2	196.6	57.6
30	2.9	5.0	139.2	240.0	100.8
50	2.9	5.6	139.2	268.8	129.6

ზოგადად, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე გამოითვლება რიცხვითი მოდელირების შედეგების მიხედვით, როდესაც ნაკადი მოძრაობს ჰიფსომეტრულად ზედა პორტალიდან ქვედა პორტალის მიმართულებით. u_1 ჰაერის ნაკადის სიჩქარე გამოითვლებოდა გვირაბის ზედა პორტალიდან ხანძრის კერამდე მანძილისა და აღნიშნული მანძილის დაფარვაზე დახარჯული დროის გათვალისწინებით. G_1 - შესაბამისად ჰაერის ხარჯი. u_2 არის ჰაერის ნაკადის სიჩქარე, რომელიც გამოითვლება

ხანძრის კერიდან გვირახის ქვედა პორტალამდე მანძილისა და ამ მანძილის დაფარვაზე დახარჯული დროის გათვალისწინებით. G_2 - შესაბამისად ჰაერის ხარჯი. კვამლისა და სხვა დანარჩენი ტოქსიკური პროდუქტების რაოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$G = G_2 - G_1 \quad (2.1)$$

მოდელირების მომდევნო ეტაპი, იგივე სასაზღვრო პირობების მიხედვით განხორციელდა გვირახის 3 % -იანი დახრილობის შემთხვევისათვის. შედეგების მიხედვით შეიძლება ითქვას, რომ ხანძრის ინიცირებისა და განვითარებისას ნამწვი პროდუქტების სავენტილაციო ჰაერთან შერევის მიუხედავად, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარის ზრდა ყოველთვის არ ფიქსირდება. ნახ. 12 -ზე მოცემულია მოდელირების ერთ-ერთი შედეგის გრაფიკული გამოსახულება.



ნახაზი 12. დახრილ სატრანსპორტო გვირახში (3%), სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარის ცვალებადობა გვირახში ინიცირებულ და განვითარებულ ხანძრის სიმძლავრესთან: 1- 5 მგვტ; 2-10 მგვტ; 3 – 30 მგვტ; 4 – 50 მგვტ.

ნახ. 12-დან ჩანს, რომ 30 და 50 მგვტ სიმძლავრის გვირახის ხანძრებისათვის სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე, მიუხედავად იმისა, რომ ამ დროს სავენტილაციო ჰაერის ნაკადს გაცილებით მეტი წვის პროდუქტები ერევა, გაზრდის მაგივრად მცირდება, 5 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის შემთხვევასთან მიმართებით.

აღნიშნულის მიზეზი არის ის გარემოება, რომ ხანძრის სიმძლავრის ზრდის შემთხვევაში, სავენტილაციო დანადგარების მიერ აღძრული ნაკადის ინერციის ძალები მნიშვნელოვნად ნაკლებია ჰაერის სიმკვრივის შემცირების ხარჯზე აღძრულ ტივტივადობის ძალებთან შედარებით. უფრო კონკრეტულად, სავენტილაციო ნაკადის მოცულობის ზრდის ტემპი, გაცილებით ნაკლებია ტივტივადობის ძალების ზრდის ტემპზე.

ანალოგიური შედეგებია წარმოდგენილი ნაშრომში (Lanchava & Javakhishvili, Impact of strong fires on a road tunnel ventilation system., 2021), სადაც კარგად არის შესწავლილი

სატრანსპორტო გვირაბში 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის განვითარების სცენარები, როგორც ჰორიზონტალური აგრეთვე 3 %-იანი დახრილობის მქონე გვირაბებისათვის. აღნიშნული ნაშრომის მიხედვით, ჰორიზონტალურ გვირაბებში ტივტივადობის ძალები სავენტილაციო სისტემის მიერ ფორმირებულ წევის ძალებზე ვერ ახდენენ არსებით გავლენას, ხოლო სავენტილაციო ჰაერისა და ნამწვი პროდუქტების ნარევის მოცულობის ზრდა ამ შემთხვევაშიც სიჩქარის ზრდის ტენდენციით ხასიათდებოდა. რაც შეეხება დახრილ გვირაბებს, 3 % -იანი დახრილობის შემთხვევაში, ტივტივადობის ძალები აღემატება ვენტილაციონების მიერ აღძრულ წევის ძალებს, ხოლო განვითარებული ხანძრი გვირაბის აეროდინამიკურ წინაღობად წარმოიჩინდება, რაც ხელს უშლის ჰაერისა და ნამწვი პროდუქტების ნარევის ნაკადის სიჩქარის ზრდას, ამასთან ერთად ადგილი აქვს გვირაბის ორივე პორტალიდან კვამლისა და სხვა ნამწვი პროდუქტების ჰაერთან ნარევის ატმოსფეროში ჭარბად გამოდინებას, რაც სავენტილაციო ნაკადის გადაყირავების აშკარა ნიშანს წარმოადგენს.

მაშასადამე, ჰორიზონტალურ გვირაბებში სუფთა ჰაერის შენარჩუნება ხდებოდა სავენტილაციო ჰაერის აღმავალ ნაკადებში, ხოლო გვირაბის 3 %-იანი დახრილობის შემთხვევაში, ხანძრის წევის ძალებით გამოწვეული, კვამლისა და ნამწვი პროდუქტებით სავენტილაციო ჰაერის ძლიერი დაშრევისა და სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის გადაყირავების გამო, სუფთა ჰაერის შენარჩუნება გვირაბის აღმავალი მიმართულებითაც შეუძლებელი იყო, ხოლო ხანძრის კერიდან გვირაბის დაღმავალ მიმართულებაზე, სუფთა ჰაერის შენარჩუნება ნებისმიერ შემთხვევაში შეუძლებელი იყო.

საერთო ჯამში, სატრანსპორტო გვირაბებში ძლიერი ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის გადაყირავება გარდაუვალია, ჩვენს მიერ დასმული ამოცანის არსიც სწორედ იმაში მდგომარეობს, რომ მაქსიმალურად შევძლოთ რაც შეიძლება მეტი დრო მოვიგოთ, ვიდრე სავენტილაციო ჰაერის ნაკადი დაკარგავს გავლენას ხანძრის განვითარების შედეგად ფორმირებულ წევის ძალებზე. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ეფექტურად ფუნქციონირების არსიც იმაში მდგომარეობს, რომ აღნიშნული სისტემებით, ხანძრის კერასთან გვირაბის განივი კვეთის ნაწილობრივი გადაფარვით (ძირითადად გვირაბის ზედა სივრცის, იმ მოსაზრებით, რომ შედარებით ნაკლები სიმკვრივის კვამლისა და წვის სხვა პროდუქტების ნარევის ყველაზე ინტენსიური მოძრაობა, სწორედ გვირაბის ზედა სივრცეში მიმდინარეობს) ხელოვნურად იზრდება გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობა, რაც სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის გადაყირავების პროცესის გარკვეული პერიოდით გადავადებას იწვევს.

რიცხვითი მოდელირების შედეგები აჩვენებენ, რომ სავენტილაციო ნაკადის დაღმავალ მიმართულებაზე, კვამლისა და სხვა წვის პროდუქტების ნარევის სიმკვრივე მცირდება და მისი მნიშვნელობა ხანძრის კერასთან მერყეობს 0,18-0,28 კგ/მ³-ის ფარგლებში. ანალიზისათვის ნარევის სიმკვრივის მნიშვნელობა შეიძლება ავიღოთ 0,28 კგ/მ³-ის ტოლი. ხანძრის კერაზე არსებული ტემპერატურა, რომელიც

ჰაერის ნარევის სიმკვრივის შემცირებას იწვევს აღნიშნულ ნიშნულამდე, უტოლდება 610 °C, აღნიშნულ პირობებში ხანძრის შედეგად ფორმირებული წნევა, დადგენილი კლასიფიკაციის მეთოდის მიხედვით, უტოლდება 71 კპა, რაც თითქმის ორჯერ აღემატება მოდელირებისას გამოყენებული სავენტილაციო დანადგარების მიერ შექმნილ წნევას. აღსანიშნავია, რომ სწორედ აღნიშნული სიდიდის დინამიკური წნევა იწვევს გვირაბში სავენტილაციო ნაკადის გადაყირავების ეფექტს.

მაშასადამე, რიცხვითი მოდელირებით დგინდება, რომ სატრანსპორტო გვირაბებში ინიცირებული და განვითარებული ძლიერი ხანძრები იწვევენ საკმაოდ მაღალი დინამიკური წნევის ფორმირებას, რომელიც მნიშვნელოვნად აღემატება დღეს, ბაზარზე არსებული სავენტილაციო დანადგარების შესაძლებლობებს და უნარი აქვთ 3 % და მეტი დახრილობის გვირაბებში გამოიწვიონ სავენტილაციო დადებითი მიმართულებით მოძრაობის ნაკადების გადაყირავება. აღსანიშნავია, რომ დახრილ გვირაბებში სავენტილაციო ნაკადი დადებითად ითვლება, როდესაც სუფთა ჰაერის მიწოდება ჰიფსომეტრულად უფრო მაღლა მდებარე პორტალიდან უფრო დაბლა მდებარე პორტალის მიმართულებით ხდება.

2.5 მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ეფექტურობის დადგენა ჰორიზონტალურ საავტომობილო გვირაბებში

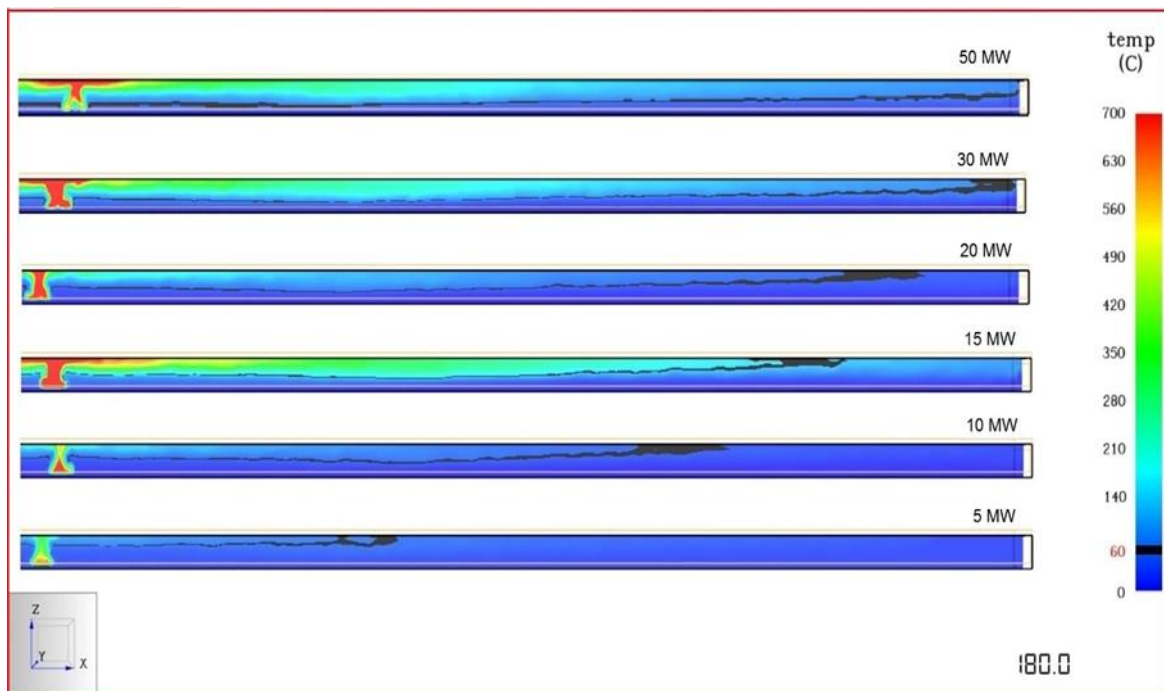
როგორც აღვნიშნეთ, დახრილ გვირაბებში, გრძივი სავენტილაციო სისტემის დადებითი ნაკადების შემთხვევაში, ძლიერი ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების მომენტიდან, გარკვეულ დროში სავენტილაციო ჰაერის ნაკადები, წვის პროცესისას ფორმირებულ წევის ძალებზე ვეღარ ახდენენ გავლენას, შედეგად ხანძრის კერიდან გვირების ორივე მხარეს ჰაერის დაკვამლიანება იმდენად ინტენსიურად მიმდინარეობს, რომ აღნიშნულ სივრცეში გარემო ადამიანების სიცოცხლის უნარიანობისათვის პრაქტიკულად გამოუსადეგარი ხდება. საავტომობილო გვირაბში ხანძრის განვითარების ასეთი სცენარისთვის, საგანგებო ვითარებაში აღმოჩენილი ადამიანების გადარჩენის ერთადერთი გზა, გვირაბიდან დროული და ორგანიზებული თვითევაკუაციაა, საევაკუაციო დრო ამ შემთხვევაში მკაცრად არის შეზღუდული და განისაზღვრება ხანძრის ინიცირების მომენტიდან ვიდრე სავენტილაციო ნაკადის გადაყირავებამდე (სისტემის კოლაფსამდე).

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ფუნქციონირების არსი, გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობის მიზანმიმართულად გაზრდის მეთოდით, საევაკუაციო დროის გახანგრძლივებაში მდგომარეობს. აღნიშნული სისტემის ეფექტურობის დადგენის მიზნით, შემუშავდა რიცხვითი მოდელირების მეთოდი ხანძრის განვითარებისას გამოყოფილი ჭარბი სითბოსა და ნარჩენი ტოქსიკური პროდუქტების გვირაბში გავრცელების დინამიკის განსაზღვრისათვის. მოდელირება განხორციელდა FDS პროგრამულ გარემოში სასრული მოცულობების მეთოდის გამოყენებით. შეირჩა ჰორიზონტალური გვირაბი გრძივი სავენტილაციო სისტემით, იმ დაშვებით, რომ ხანძრის ინიცირების მომენტიდან გვირაბის სავენტილაციო სისტემა გარკვეული მიზეზების გამო გა-

მოვიდა მწყობრიდან (აღებულია ჰორიზონტალურ გვირაბში ხანძრის პირობებში ადამიანების გადარჩენის ყველაზე გაუარესებული პირობა). გვირაბის სიგრძე განისაზღვრა 400 მ, გვირაბის განივკვეთის ფართობი 42 მ², რიცხვითი ექსპერი-მენტის ხანგრძლივობა 190 წმ, სასრული მოცულობის კონტურის მინიმალური ზომაა 0,25 X 0,25 X 0,25 მ, მაქსიმალური - 0,5 X 0,5 X 0,5 მ, ხანძრის კერა მდებარეობს გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში 0,1 მ სიმაღლეზე, ხოლო ალის რეაგენტად გამოყენებულია მ27 პოლიურეთანი, მოდელირებისას ხანძრის კერის ფართობი შეადგენდა 5-10 მ².

ექსპერიმენტი განხორციელდა განვითარებული ხანძრის 5, 10, 15, 20, 30, 50 მგვტ სიმძლავრის შემთხვევაში, როდესაც 1. გვირაბი არ არის აღჭურვილი მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით და 2. მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემა გააქტიურებულია და 50 % -ით გადაფარა გვირაბის განივი კვეთი ხანძრის კერიდან ორივე მიმართულებით 50 მ დაშორებით.

ნახ. 13 -ზე წარმოდგენილია გვირაბში განვითარებული ხანძრისას ფორმირებული დამაზიანებელი სითბური ფაქტორების გავრცელების დინამიკა 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის დინამიური ცვლილების მიხედვით სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის, როდესაც გვირაბი არ არის აღჭურვილი მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით.



ნახაზი 13. გვირაბში განვითარებული 5, 10, 15, 20, 30, 50 მგვტ ხანძრებისათვის დამაზიანებელი სითბური ფაქტორების გავრცელების დინამიკა 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის დინამიური ცვლილების მიხედვით (გვირაბი არ არის აღჭურვილი მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით).

ცხრილ 3 - ში წარმოდგენილია მოდელირების შედეგები: 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის გავრცელების სიგრძე და სიმაღლე, ხანძრის კერიდან

შესაბამისად გვირახის ჰორიზონტალურ (X) და ვერტიკალურ (Z) სიბრტყეებში, როდესაც გვირახი არ არის აღჭურვილი მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით.

ცხრილი 1. მოდელირების შედეგები 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის გავრცელების სიგრძე და სიმაღლე ხანძრის კერიდან (გვირახი არ არის აღჭურვილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით)

მოდელირების შედეგები 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის გავრცელების სიგრძე და სიმაღლე ხანძრის კერიდან შესაბამისად გვირახის ჰორიზონტალურ (X) და ვერტიკალურ (Z) სიბრტყეებში, როდესაც მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები ლოდინის რეჟიმშია		
ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ.	ხანძრის კერიდან გვირახის გასწვრივ გავრცელების მინიმალური მანძილი, (l _{min}) მ.	ხანძრის კერიდან გავრცელების მინიმალური სიმაღლე, (h _{min}) მ.
5	20	4.00
10	75	2.00
15	75	1.50
20	75	1.25
30	75	1.00
50	75	0.50

ნახ. 14 - ზე წარმოდგენილია გვირახში განვითარებული ხანძრისას ფორმირებული დამაზიანებელი სითბური ფაქტორების გავრცელების დინამიკა 60 °C კრიტიკული იზოთერმის დინამიური ცვლილების მიხედვით სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის, როდესაც მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემა გააქტიურებულია და გადაფარულია გვირახის განივი კვეთის 50 %.

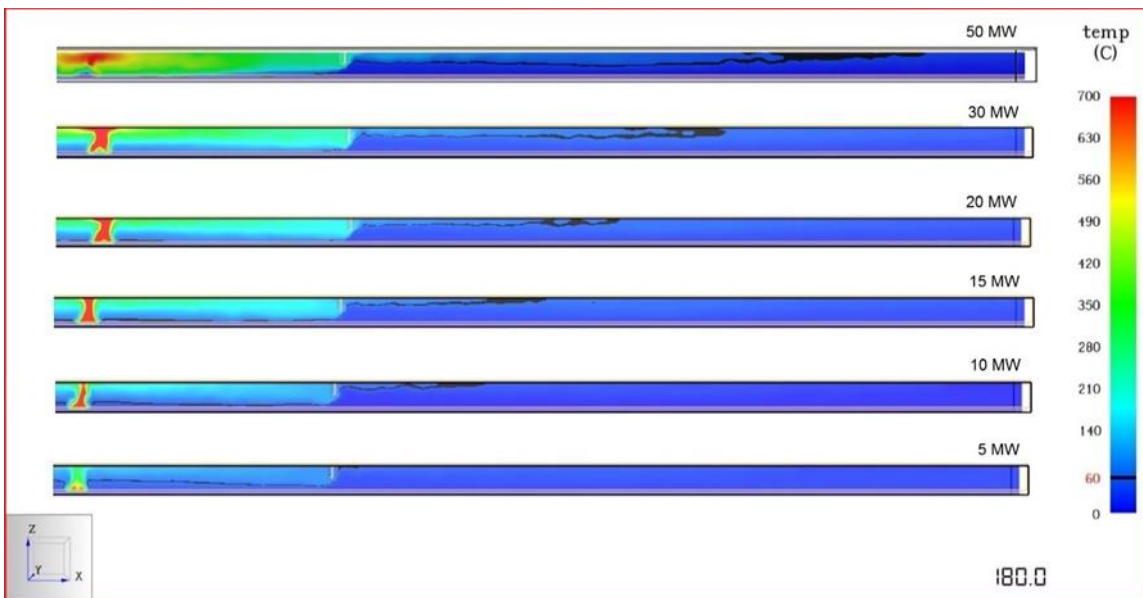
ცხრილ 4-ში მოცემულია მოდელირების შედეგები - 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის გავრცელების სიგრძე და სიმაღლე ხანძრის კერიდან შესაბამისად გვირახის ჰორიზონტალურ (X) და ვერტიკალურ (Z) სიბრტყეებში, როდესაც მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები გააქტიურებულია და გადაფარული აქვს მოდელირებული გვირახის განივკვეთის 50%.

ცხრილი 2. მოდელირების შედეგები 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის გავრცელება ხანძრის კერიდან (მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით გადაფარულია გვირახის კვეთის 50%)

მოდელირების შედეგები 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის გავრცელება ხანძრის კერიდან შესაბამისად გვირახის ჰორიზონტალურ (X) და ვერტიკალურ (Z) სიბრტყეებში, როდესაც მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები აქტივირებულია და გადაფარულია მოდელირებული გვირახის 50%		
ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ.	ხანძრის კერიდან გვირახის გასწვრივ გავრცელების მინიმალური მანძილი, (l _{min}) მ.	ხანძრის კერიდან გავრცელების მინიმალური სიმაღლე, (h _{min}) მ.

5	55	5.0
10	60	4.0
15	65	3.5
20	75	4.5
30	75	3.5
50	75	2.5

როგორც მოდელირების შედეგებიდან ჩანს, გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში, მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების გამოყენება მნიშვნელოვან ეფექტს იძლევა საევაკუაციო დროის გაზრდის თვალსაზრისით, კერძოდ, ცხრილებში 3 და 4 მოცემული მოდელირების შედეგების შედარებით, სახეზეა აღნიშნული სისტემის გამოყენებისას 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის ვერტიკალურ სიგრძეში გავრცელების სიმაღლის მკვეთრი ზრდა, ამასთან ერთად მცირდება 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის გავრცელების მანძილი ხანძრის კერიდან გვირაბის გასწვრივ, ეს კი საევაკუაციო დროის გაზანგრძლივების საშუალებას იძლევა, რაც დადებითად აისახება ადამიანების გადარჩენის შესაძლებლობებზე და მამასადამე, სახანძრო უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის განმტკიცებაზე. ეფექტურობა განსაკუთრებით ნიშანდობლივია დიდი სიმძლავრის ხანძრების შემთხვევაში.



ნახაზი 14. გვირაბში განვითარებული ხანძრისას ფორმირებული დამაზიანებელი სითბური ფაქტორების გავრცელების დინამიკა 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის დინამიური ცვლილების მიხედვით სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის, როდესაც მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები გააქტიურებულია და გადაფარულია გვირაბის განივი კვეთის 50%

აღსანიშნავია, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით გვირაბის გადაფარვის შიგა სივრცეში, ჰიფსომეტრულად ნულოვანი დონიდან 2 მ სიმაღლეზე აღინიშნება ტემპერატურის ზრდა ხანძრის სიმძლავრის ზრდასთან ერთად. აღნიშნული მოცემულია ცხრილი 5-ში.

ამასთან ერთად, იგივე სასაზღვრო პირობებით რიცხვითი მოდელირების შედეგების ანალიზი აჩვენებს, რომ კვამლისა და სხვა ნამწვი ტოქსიკული აირების გავრცელების კანონზომიერება 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმის გავრცელების კანონზომიერების იდენტურია.

ცხრილი 3. მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით გვირაბის გადაფარვის შიგა სივრცეში, ჰიფსომეტრულად ნულოვანი დონიდან 2 მ სიმაღლეზე არსებული ჰაერის ტემპერატურა ხანძრის სიმძლავრესთან მიმართებით

ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ.	გვირაბის გადაფარვის შიგა სივრცეში, იატაკიდან 2 მ სიმაღლეზე არსებული ჰაერის ტემპერატურა, °C.
5	73
10	100
15	105
20	158
30	180
50	204

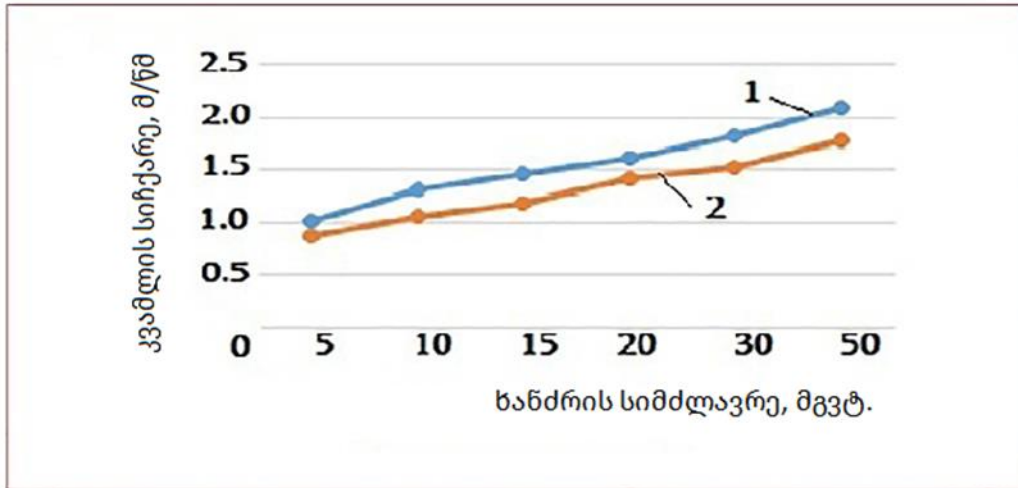
ნახ. 15 - ზე წარმოდგენილია ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელში კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების გავრცელების სიჩქარის ცვალებადობა ხანძრის სიმძლავრესთან მიმართებაში, როდესაც სავენტილაციო სისტემა მწყობრიდან არის გამოსული.

როგორც ნახ. 15 - იდან ჩანს მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით გვირაბის განივი კვეთის 50%-ით გადაფარვის შემთხვევაში მცირდება გვირაბში კვამლისა და სხვა ნამწვი პროდუქტების გავრცელების სიჩქარე.

უნდა ავლენიშნოთ, რომ ადამიანის უსაფრთხოების თვალსაზრისით, სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების მიხედვით, ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის მაქსიმალური დასაშვები ზღვარი, დროის ფაქტორის გათვალისწინებით შემდეგია:

8 სთ-იანი სამუშაო განრიგის მიხედვით საწარმოო სივრცეში ნახშირბადის მონოქსიდის მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაციაა - 20 მგ/მ³.

1 სთ - იანი ხანგრძლივობის შემთხვევაში მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაცია - 50 მგ/მ³.



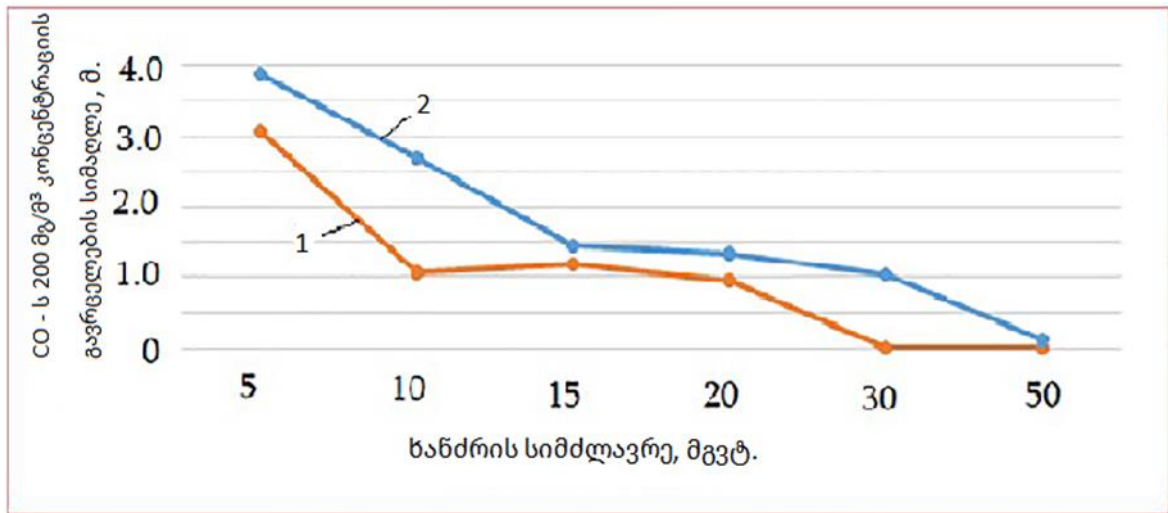
ნახაზი 15. ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელზე კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების გავრცელების სიჩქარის ცვალებადობა ხანძრის სიმძლავრესთან მიმართებაში, როდესაც სავენტილაციო დანადგარები ხანძრის ინიცირების მომენტიდან მწყობრიდან გამოვიდნენ. 1 - გვირაბი არ არის აღჭურვილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით 2 - მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით გადაფარულია გვირაბის განივი კვეთის 50%

15 წთ - იანი დროის მონაკვეთის შემთხვევაში 200 მგ/მ^3 (სივრცეში სადაც ადამიანი მხოლოდ 15 წთ იმყოფება, დაუშვებელია, რომ ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაცია 200 მგ/მ^3 აღემატებოდეს).

აღნიშნული სტანდარტების მიხედვით გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში, სახიფათო ზონიდან ადამიანების ევაკუაციისათვის საჭირო ესოდენ ძვირფასი დრო განისაზღვრება ხანძრის ინიცირების მომენტი-დან ვიდრე გვირაბში საევაკუაციო მიმართულებით 2 მ სიმაღლეზე ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაცია არ მოაღწევს 200 მგ/მ^3 .

ნახ. 16 - ზე წარმოდგენილია, რიცხვითი მოდელირების ერთ-ერთი შედეგი ჰორიზონტალური გვირაბისათვის, როდესაც ხანძრის ინიცირების მომენტიდან სავენტილაციო დანადგარები მწყობრიდან გამოვიდნენ. 1 გრაფიკი გამოხატავს გვირაბის ჭერიდან გვირაბის სავალი ნაწილის მიმართულებით არსებული სივრცის, 200 მგ/მ^3 კონცენტრაციის ნახშირბადის მონოქსიდით შევსების სიმაღლეს, როდესაც გვირაბი არ არის აღჭურვილი მოქნილი ტრანსფორ-მირებადი სისტემებით. აღნიშნული გრაფიკიდან კარგად ჩანს, რომ 5 მგვტ ხანძრის შემთხვევაში, შესაბამისი კონცენტრაციის ნახშირბადის მონოქსიდი გვირაბის სივრცეს დაახლოებით 3 მ სიმაღლიდან ზევით სრულად ავსებს, 10 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის შემთხვევაში, კი მოცემული კონცენტრაციის ნახშირბადის მონოქსიდი ავსებს გვირაბის სივრცეს დაახლოებით 1 მ სიმაღლიდან ზევით. ნათელია, რომ რაც უფრო იზრდება ხანძრის სიმძლავრე, მით უფრო იზრდება ნახშირბადის მონოქსიდით გაჯერებული გვირაბის სივრცე ზევიდან ქვედა მიმართულებით და შედეგების მიხედვით 30 და 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის შემთხვევაში გვირაბი სრულად ივსება ნახშირბადის

მონოქსიდის იმ კონცენტრაციით, რომელიც ადამიანის სიცოცხლისუნარიანობაზე მკვეთრ ნეგატიურ გავლენას ახდენს. შესაბამისად ასეთ პირობებში ევაკუაციის წარმატებით განხორციელების შესაძლებლობა პრაქტიკულად შეუძლებელია. უნდა აღინიშნოს, რომ გვირაბიდან, ხანძრის პირობებში ორგანიზებული ევაკუაციის წარმატებით განხორციელებისათვის მნიშვნელოვანია რომ გვირაბის შიგა სივრცეში, გვირაბის სავალი ნაწილიდან 2 მ სიმაღლის დონემდე მაქსიმალურად იყოს შენარჩუნებული სუფთა ჰაერი.



ნახაზი 16. ჰორიზონტალურ გვირაბებში, სადაც მწყობრიდან გამოვიდა სავენტილაციო დანადგარები, ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების დროს ფორმირებული, 200 მგ/მ³ კონცენტრაციის ნახშირბადის მონოქსიდით, გვირაბის სივრცის ქერიდან სავალი ნაწილის მიმართულებით შევსების სიმაღლე სხვადასხვა სიმაღლის ხანძრებისათვის. 1 - გვირაბი არ არის აღჭურვილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით, 2 - მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით გადაფარულია გვირაბის განივი კვეთის 50%.

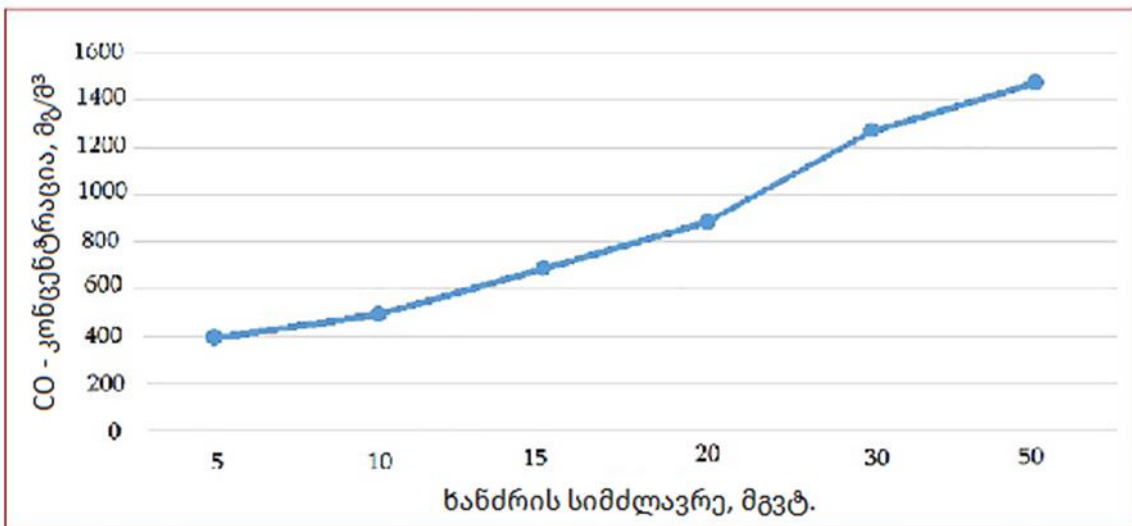
ნახ. 16 -ის მე-2 გრაფიკი აღნიშნავს, გვირაბის ქერიდან გვირაბის სავალი ნაწილის მიმართულებით 200 მგ/მ³ კონცენტრაციის ნახშირბადის მონოქსიდით გვირაბის სივრცის შევსების სიმაღლეს სხვადასხვა სიმაღლის ხანძრების შემთხვევაში, როდესაც მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები აქტიურ მდგომარეობაში იმყოფებიან და გადაფარული აქვთ ხანძრის კერიდან ორივე მიმართულებით 50 მ მანძილზე გვირაბის განივი კვეთის 50 %. აღნიშნული გრაფიკების შედარებით ჩანს, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების გამოყენების შედეგად 200 მგ/მ³ კონცენტრაციის ნახშირბადის მონოქსიდის გვირაბში გავრცელების სიმაღლე, სადაც სუფთა ჰაერი მეტნაკლებად ნარჩუნდება 18-20 %-ით მატულობს, რაც ადასტურებს აღნიშნული სისტემების გამოყენების ეფექტურობას.

ამასთან ერთად, როგორც უკვე ავღნიშნეთ, გვირაბში ხანძრის კერასთან, მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით გვირაბის განივი კვეთის 100% - იანი გადაფარვის შიგა ე.წ. ჩაკეტილ სივრცეში, წვადი მასალის არასრული წვის შედეგად, მკვეთრად

იზრდება ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაცია, თუ გავითვალისწინებთ, რომ ნახშირბადის მონოქსიდისა და ჰაერის საწვავი ნარევის აფეთქების შუალედი 12,5 – 75 %-ია, შესაბამისად სახეზეა აღნიშნულ სივრცეში ფეთქებადსაშიში სიტუაციის ფორმირების შესაძლებლობა.

რიცხვითი მოდელირების ერთ-ერთ მიზანს წარმოადგენდა: დაგვედგინა მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით, ხანძრის კერის ორივე მხარეზე გვირაბის განივი კვეთის 50%-იანი გადაფარვის შემთხვევაში ე.წ. ჩაკეტილ სივრცეში ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით. შედეგები მოცემულია ნახაზ 17 - ზე.

ექსპერიმენტის ხანგრძლივობის 180 წმ-ის განმავლობაში, სისტემის მიერ გვირაბის პერიმეტრის 50 % - იანი გადაფარვის შემთხვევაში, აღნიშნულ სივრცეში ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის მკვეთრი ზრდა აღინიშნება რომელიც რამდენჯერმე აღემატება ადამიანის სიცოცხლისათვის დასაშვებ კრიტიკულ ზღვარს (200 მგ/მ³), ამასთან ერთად ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაცია აღნიშნულ სივრცეში მაინც მნიშვნელოვნად ნაკლებია ვიდრე აფეთქების შუალედი.



ნახაზი 17. მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით ხანძრის კერის ორივე მხარეზე გვირაბის პერიმეტრის 50% - იანი გადაფარვის შემთხვევაში, გადაფარვის სივრცეში ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა ხანძრის სიმძლავრესთან მიმართებაში

ექსპერიმენტის შედეგები ადასტურებს იმ მოსაზრებას, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების დანერგვის შემთხვევაში, როდესაც გვირაბის განივი კვეთის 50 %-იანი გადაფარვა ხდება ხანძრის კერის ორივე მხარეზე, იზრდება საევაკუაციო დრო, რაც მეტად აუმჯობესებს ადამიანების სიცოცხლის გადარჩენის შესაძლებლობებს და ამასთან ერთად გამორიცხავს გადაფარვის ზონაში ნახშირბადის მონოქსიდის ისეთი კონცენტრაციით ფორმირებას, რომელიც აფეთქების საშიშროებას წარმოქმნის.

მოცემული კვლევის მიხედვით ნათელია, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით ხანძრის კერის 50%-იანი გადაფარვისას, გადაფარვის შიგა სივრცეში აღგილი აქვს ტემპერატურის, დაკვამლიანებისა და ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაციის მკვეთრმა მატებამ, შედეგად აღნიშნულ სივრცეში ადამიანის სიცოცხლისუნარიანობისათვის სახიფათო გარემო იქმნება. აქედან გამომდინარე, აღნიშნული სისტემების გააქტიურების შესახებ გადაწყვეტილების მიღება უნდა მოხდეს გვირაბის ვიდეო, ტემპერატურული და ტოქსიკური რეჟიმების სრული მონიტორინგის პარალელურად. აღნიშნული კი თანამედროვე ინჟინერიის საკმაოდ რთულად გადასაჭრელ საკითხს წარმოადგენს, რაც ამ მიმართულებით დამატებით კვლევების ჩატარებას საჭიროებს. ამ ყველაფრის გათვალისწინებით, მაინც ერთმნიშვნელოვნად შეიძლება იმის აღნიშვნა, რომ საავტომობილო გვირაბებში აღნიშნული სისტემების გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის სახანძრო უსაფრთხოებას.

3. საავტომობილო გვირაბის ნატურალურ მოდელზე განხორციელებული კვლევების შედეგები

3.1 თეორიული ნაწილი

ნაშრომში (Danziger & Kennedy, 1982), როგორც აღვნიშნეთ, დანზინგერისა და კენედის მიერ მოცემული ფრუდის კრიტერიუმის რიცხვითი მნიშვნელობის 4,5-ის შემოღება, მნიშვნელოვნად აიოლებს ჰორიზონტალური გვირაბისათვის, სახანძრო უსაფრთხოების მართვის ერთიან სისტემაში, სავენტილაციო მახასიათებლების, კერძოდ, სავენტილაციო ჰაერის „კრიტიკული სიჩქარისა“ და „უკუღინების მანძილის“ დადგენას, რაც შეეხება დახრილი სატრანსპორტო გვირაბების შემთხვევებს, საკმაოდ პრობლემური და რთულია სავენტილაციო ჰაერის ნაკადების მახასიათებლების ცვალებადობის კანონზომიერებისა და გვირაბის ვენტილაციის სხვა მახასიათებლების დამოკიდებულების დადგენა გვირაბის აეროდინამიკისა და დახრილობის, გვირაბის განივი კვეთის, გვირაბის ტრანსპორტით შევსების კოეფიციენტის, სითბოს გამოყოფის მაჩვენებლის, გვირაბის სიგანისა და სიმაღლის თანაფარდობის ცვალებადობასთან, მიმართებაში. აგრეთვე საკმაოდ რთულია აღნიშნული მახასიათებლების ცვალებადობის კანონზომიერების დადგენა, როდესაც ხანძრის კერაზე სუფთა ჰაერისა და წვის პროდუქტების თანაფარდობა ერთმანეთთან შერევის დროს ცვალებადობას განიცდის.

როდესაც, რეალურ გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრის დამოდელება ფრუდის კრიტერიუმის მიხედვით ხდება, ამ მეთოდის ძირითადი არსებითი პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ გვირაბში ხანძრის ფორმირებისას ინიცირებული ტივტივადობისა და ინერციის ძალები ფრუდის კრიტერიუმით განისაზღვრებიან და დამოდელებისას აღნიშნული კრიტერიუმი უცვლელად უნდა

იყოს შენარჩუნებული. ფრუდის კრიტერიუმის გამოსათვლელ ფორმულას შემდეგი სახე აქვს

$$Fr_c = \frac{\Delta p g H}{\rho_0 u_c^2}, \quad (3.1)$$

სადაც Fr_c არის ფრუდის კრიტიკული რიცხვი; Δp -გვირაბის გარეთ და გვირაბის შიგა სივრცეში არსებული სუფთა ჰაერისა და ნამწვი აირების სიმკვრივებს შორის სხვაობა, კგ/მ³; g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წმ²; H - გვირაბის სიმაღლე, მ; ρ_0 - გვირაბის გარეთ ჰაერის სიმკვრივე, კგ/მ³; u_c - ჰორიზონტალურ გვირაბებში სავენტილაციო ჰაერის კრიტიკული სიჩქარე, მ/წმ.

ფრუდის კრიტერიუმის მიხედვით ნატურალური ზომების გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრის დამოდელების შემთხვევაში, წვადი მასალის წვის შედეგად ფორმირებული ტემპერატურათა ველი უცვლელად ნარჩუნდება, ხოლო წვის პროცესის შედეგად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის მასშტაბი ნატურალური ზომების გვირაბსა და მოდელს შორის, შემდეგი გეომეტრიული მასშტაბით გამოისახება

$$\frac{Q_m}{Q_n} = \left(\frac{l_m}{l_n}\right)^{2.5} \quad (3.2)$$

სადაც Q_n და Q_m არის სრულად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის მაჩვენებლები ნატურალური ზომების გვირაბში და მოდელზე შესაბამისად, კვტ; l_n და l_m - შესაბამისად ნატურალური ზომების გვირაბისა და მოდელის სიგრძე, მ.

ამასთან ერთად, ფრუდის კრიტერიუმის მიხედვით ნატურალური ზომების გვირაბში ფორმირებული ხანძრის დამოდელებისას, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარეები ნატურალური ზომების გვირაბში და მოდელზე შემდეგი გეომეტრიული მასშტაბით გამოისახება

$$\frac{u_m}{u_n} = \left(\frac{l_m}{l_n}\right)^{0.5} \quad (3.3)$$

სადაც u_n და u_m არის სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე ნატურალური ზომების გვირაბსა და მოდელზე შესაბამისად, მ/წმ.

დენზინგერისა და კენედის მეთოდით, ფრუდის კრიტერიუმის მიხედვით ჰორიზონტალურ ნატურალური ზომების გვირაბში ხანძრის დამოდელების შემთხვევაში, სავენტილაციო ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე გამოითვლება

$$u_c = k \left(\frac{g \dot{Q}_c H}{\rho_0 c_p T A}\right)^{1/3} \quad (3.4)$$

სადაც \dot{Q}_c არის კონვექციური სითბოს რაოდენობა, კვტ; A - გვირაბის განივი კვეთის ფართობი, მ²; T – გვირაბში ნამწვი აირების საშუალო ტემპერატურა, K; c_p - ჰაერის კუთრი თბოტევადობა, კჯ/(კგ.K); k - პროპორციულობის მუდმივა, რომელიც განისაზღვრება ფრუდის კრიტერიუმის მიხედვით

$$k = Fr_c^{-1/3} \quad (3.5)$$

ჰორიზონტალურ გვირაბებში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრების დამოდელებისას, ხანძრის კერაზე სუფთა ჰაერისა და წვის პროდუქტების თანაბარი რაოდენობით შერევა ხდება. ვსარგებლობთ დენზინგერისა და კენედის მიერ შემუშავებული მეთოდით, რომლითაც ფრუდის კრიტერიუმი განსაზღვრულია $Fr_c =$

4,5 - ით. გვირაბში ნამწვი პროდუქტების უკუდინების თავიდან აცილების მიზნით აუცილებელია, რომ დაცული იყოს პირობა: $Fr_c < 4,5$, ამ შემთხვევაში $u_0 > u_c$, რაც გამორიცხავს უკუდინებას.

ფრუდის კრიტერიუმის მიხედვით $Fr_c = 4,5$ განსაზღვრულია (3.4) ფორმულაში შემავალი პროპორციულობის მუდმივა $k = 0,606$.

გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრის დროს, გამოყოფილი კონვექციური სითბოს რაოდენობა გამოითვლება

$$\dot{Q}_c = \rho_0 c_p u_0 A \Delta T \quad (3.6)$$

სადაც \dot{Q}_c არის გამოყოფილი კონვექციური სითბოს რაოდენობა, კვტ, u_0 - გვირაბში სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე, მ/წმ.

აგრეთვე კონვექციური სითბოს რაოდენობა, გვირაბში ხანძრის ფორმირებისას გამოყოფილი სითბოს სრული რაოდენობის 70%- ით განისაზღვრება

$$\dot{Q}_c = 0,7Q \quad (3.7)$$

გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრის დროს, წვადი მასალის წვის შედეგად მიღებული პროდუქტების საშუალო ტემპერატურა

$$T = T_0 + \frac{\dot{Q}_c}{\rho_0 c_p A u_c} \quad (3.8)$$

სადაც T_0 არის გვირაბის გარეთ არსებული ჰაერის ტემპერატურა, K.

დახრილ გვირაბებში განხორციელებული კვლევებისა და ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგების ანალიზის მიხედვით, გვირაბის დახრილობის კუთხესთან მიმართებით სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობის ტემპის განმსაზღვრელი „გრადიენტ ფაქტორი“ განისაზღვრება ფორმულით

$$k_g = \frac{u_{cs}}{u_c} \quad (3.9)$$

სადაც k_g არის „გრადიენტ-ფაქტორი“; u_{cs} - დახრილ გვირაბში სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე, მ/წმ.

3.2 შედეგები და ანალიზი

გვირაბის სავენტილაციო ჰაერის ნაკადების მახასიათებლების ცვალებადობის კანონზომიერებისა და მათი გვირაბის აეროდინამიკისა და გეომეტრიის ცვალებადობასთან დამოკიდებულების დადგენის, აგრეთვე მოქნილი ტრანს-ფორმირებადი სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობის შეფასების მიზნით, დაიგეგმა და განხორციელდა რეალური სატრანსპორტო გვირაბის 1:40 მასშტაბის ფიზიკურ მოდელზე შესაბამისი ექსპერიმენტები. გვირაბის მოდელის დახრის კუთხის ცვალებადობის დიაპაზონი მინუს 60-დან პლიუს 60-ით განისაზღვრა, ცვალებადობის ბიჯი შეადგენს 10. ნატურალური სატრანსპორტო გვირაბის გეომეტრია შემდეგია: სიგრძე 480 მ, სიგანე 8 მ, სიმაღლე 6 მ, განივი კვეთის ფართობი - 48 მ², სიგანისა და სიმაღლის თანაფარდობა - 1,33.

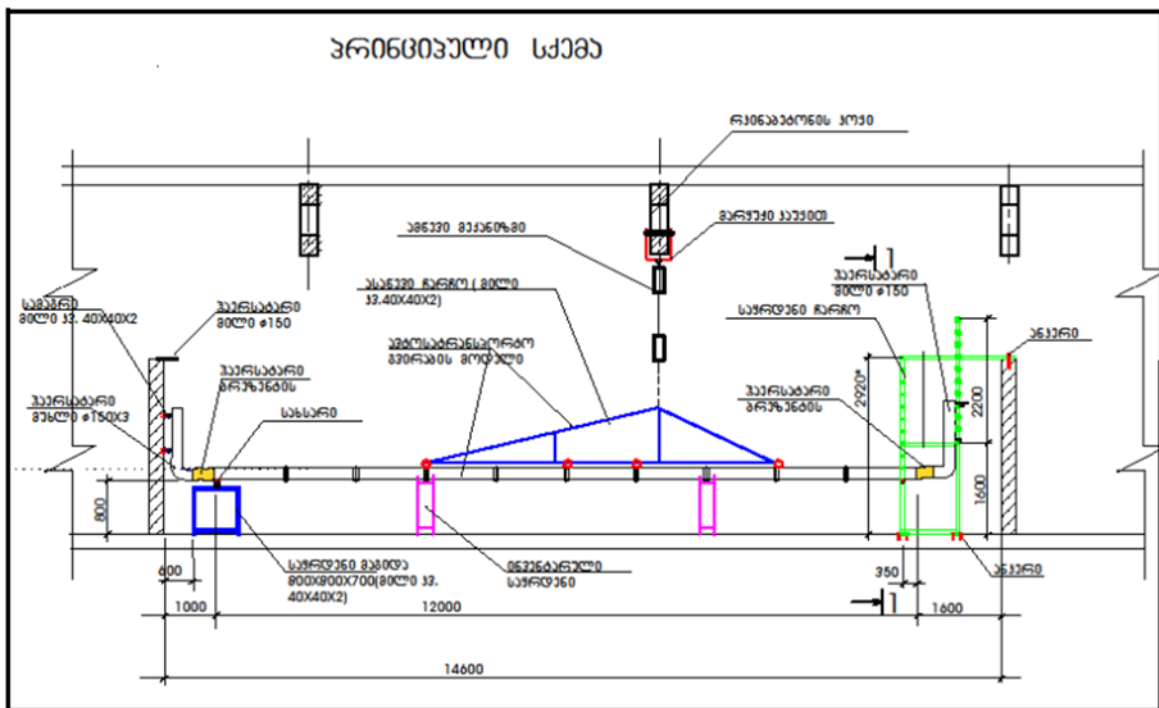
ნახაზი 12- ზე წარმოდგენილი გვირაბის მოდელის მოწყობის პრინციპული სქემის მიხედვით, დამზადდა და შესაბამისად მოეწყო 1:40 მასშტაბის ნატურალური ზომების გვირაბის მოდელი 2 მმ სისქის უჟანგავი ფოლადის ფურცლებისაგან,

რომლის გეომეტრიული ზომები დაანგარიშდა შესაბამისად და შემდეგია: სიგრძე 12 მ, სიგანე 0,2 მ, სიმაღლე 0,15 მ, განივი კვეთის ფართობი 0,03 მ².

დასმული ამოცანების გადაწყვეტისა და ანალიზის მიზნით გვირახის მოდელზე ექსპერიმენტული კვლევა ჩატარდა ორი განსხვავებული შემთხვევისათვის:

1) სატრანსპორტო გვირახის მოდელზე ხანძრის განვითარება-გავრცელების კვლევა და მონაცემების ანალიზი ხორციელდება, როდესაც გვირახი არ არის აღჭურვილი მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით.

2) სატრანსპორტო გვირახის მოდელზე ხანძრის კვლევა და მონაცემების ანალიზი ხორციელდება, როდესაც გვირახში მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები გააქტიურებულია.



ნახაზი 18. გვირახის მოდელის მოწყობის პრინციპული სქემა.

გვირახის მოდელის ზედა ნაწილში, წარმოსახვით ჭერზე, ყოველ 36 სმ მანძილის დაშორებით, გვირახის მოდელის მთელ სიგრძეზე მოეწყო 2 მმ დიამეტრის ნახვრეტები. აღნიშნულ ნახვრეტებში განთავსდა K ტიპის თერმოწყვილები დია ადმქმელებით, ხოლო უშუალოდ ხანძრის კერის მიმდებარედ მოეწყო 3 ცალი K ტიპის თერმოწყვილები დახურული ადმქმელებით (ამათგან ერთი უშუალოდ ხანძრის კერის თავზე), რომელთა გაზომვის მაქსიმალური ზღვარი 900 °C -ს შეადგენს (სურ. 1).

ტრანსფორმირებადი სისტემების მუშაობის ეფექტურობის დადგენის მიზნით, ხანძრის კერიდან გვირახის მოდელის ორივე მხარეზე, 0,75 მ დაშორებით შესაძლებელია გვირახის ჭერიდან სავალი ნაწილის მიმართულებით (უშუალოდ



სურათი 1. საავტომობილო გვირაბის ფიზიკური მოდელი საზომი და საკონტროლო მოწყობილობებით, ცენტრალურ ნაწილში ჩანს ხანძრის კერა, იმიტირებულია დახრილი გვირაბი.

ნატურალურ გვირაბში ხანძრის კერიდან, ორივე მხარეს (30 მ დაშორებით), გვირაბის მოდელის განივი კვეთის, ზევიდან ქვევით, სხვადასხვა დოზით გადაფარვა.

გვირაბის მოდელზე ექსპერიმენტების ჩატარება მოითხოვს გვირაბის მოდელის დახრის კუთხის შესაბამის ცვლილებას. აღნიშნულის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით გვირაბის მოდელის ერთი ბოლო განთავსებულია სპეციალურად მოწყობილ ასაწევ-დასაწევ მოწყობილობაზე. აღნიშნულ კონსტრუქციაზე გვირაბის მოცემული კიდის ვერტიკალურად ზევით ან ქვევით გადაადგილებით და შემდგომი დაფიქსირებით, მარტივად არის შესაძლებელი გვირაბის მოდელის დახრის კუთხის შესაბამისად ცვალებადობა (სურ. 2). გვირაბის მოდელის აღნიშნულ ბოლოში განთავსებულია შესაბამისი სიმძლავრის დერძული ტიპის სავენ-ტილაციო დანადგარი, რომელიც უზრუნველყოფს გვირაბის მოდელში სავენტი-ლაციო ჰაერის მიწოდებას შესაბამისი სიჩქარით. გვირაბის მოდელზე, სავენტი-ლაციო დანადგარის ლოკაციის მიმდებარედ მოწყობილია შესაბამისი დიამეტრის ხვრელი, სადაც განთავსებულია ციფრული ანემომეტრი, რომლის გაზომვის დიაპაზონია 0,05-10 მ/წმ. სავენტილაციო ჰაერის ხარჯის ანგარიში შესაძლებელია ციფრული ანემომეტრის ჩვენების მიხედვით.



სურათი 2. საავტომობილო გვირაბის ფიზიკური მოდელი, ბოლოში ჩანს კიბეების ფორმის ასაწევ-დასაწევი მოწყობილობა.

გვირაბის მოდელში ხანძრის კერის მოწყობის თვალსაზრისით, გვირაბის სრული სიგრძის შუაში, ქვედა დონეზე მდებარეობს საგანგებოდ მოწყობილი ღიობი, სადაც განთავსდება ბუნებრივი აირის საქმენი მოწყობილობა (სურ. 2 და 3). ამ უკანასკნელის საშუალებით ხდება გვირაბის მოდელზე შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრის ინიცირება და განვითარება. საქმენ მოწყობილობაზე მიწოდებული ბუნებრივი აირის რაოდენობის რეგულირება, რის საშუალებითაც ხდება შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრის ფორმირება, ხორციელდება ბუნებრივი აირის მოცულობითი და მასური რეგულატორ-აღმრიცხველის საშუალებით, რომელიც მაგრდება DT-85 „დატათეიქერის“ ციფრული მონაცემების შემკრებ, დამამუშავებელ მოწყობილობის კორპუსში, მისთვის საგანგებოდ განკუთვნილ ადგილზე. ამასთან ერთად DT-85 „დატათეიქერ“ ციფრული მონაცემების შემკრებ, დამამუშავებელ მოწყობილობასთან, შესაბამისი წინაღობის სპეციალური სადენებით მიერთებულია, გვირაბის მთელ სიგრძეზე, ზედა დონეზე განლაგებული ყველა თერმოწყვილი და ღერძული ვენტლატორის მიმდებარედ განთავსებული ციფრული ანემომეტრი. ექსპერიმენტის პროცესში DT-85 „დატათეიქერს“ აქვს შესაძლებლობა სულ მცირე 1 წმ-ის ინტერვალით, მასთან მიერთებული ყველა მოწყობილობიდან, ციფრულ ფორმატში მიიღოს, დაამუშავოს და მასზე მიერთებულ კომპიუტერის მონიტორზე წარმოადგინოს შესაბამისი ინფორმაცია ცხრილებისა და გრაფიკების სახით (სურ. 4).



სურათი 3. საავტომობილო გვირაბის ფიზიკური მოდელი, ხანძრის კერა მსხვილი პლანით.

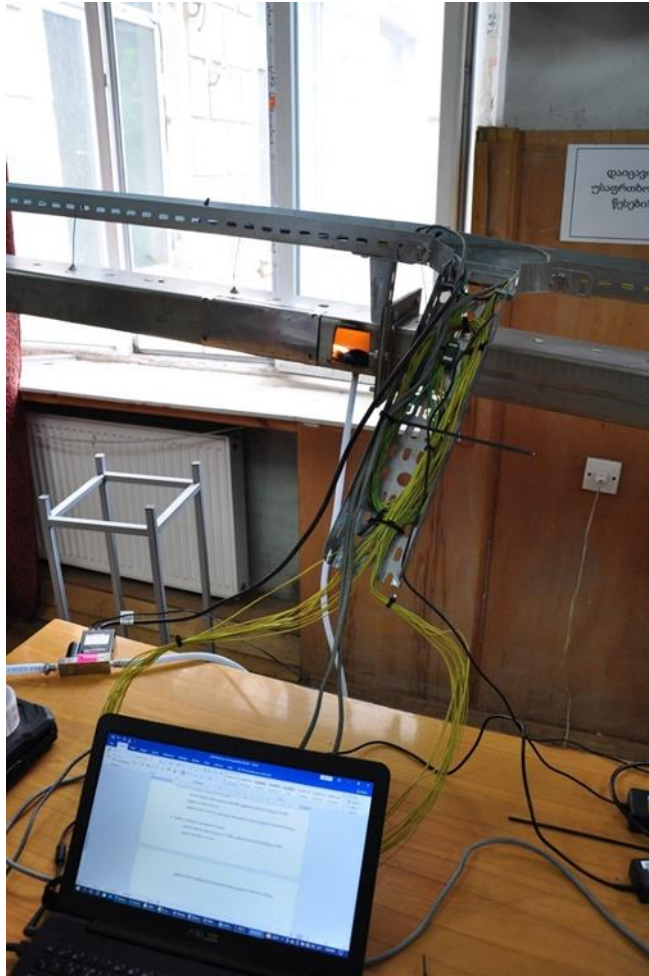
აქ აღწერილი ექსპერიმენტის მიხედვით, გვირაბის მოდელზე შევისწავ-ლეთ:

1) გვირაბში განვითარებული ხანძრისას ფორმირებული წვის პროდუქტების ტემპერატურული ველის გავრცელების ბუნება და ხასიათი;

2) გვირაბის სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის დამო-კიდებულება გვირაბის დახრის კუთხესთან;

3) გვირაბის სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების მანძილის ცვალებადობის ტემპის განმაპირობებელი უგანზომილე-ბო გრადიენტ ფაქტორის კოეფიციენტი.

4) გვირაბში ხანძრის განვითარებისას, გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების მართვის ერთიანი სისტემის მოქნილობისა და ეფექტურობისათვის აუცილებე-ლი მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობა.



სურათი 4. საავტომობილო გვირაბის ფიზიკური მოდელი მონაცემების აღების რეჟიმში.

საწყის ეტაპზე, დანზინგერისა და კენედის მიერ შემუშავებული გვირაბის ხანძრის დამოღებების მეთოდის მიხედვით, ფორმულა (3.2)-ის გამოყენებით გავიანგარიშეთ ნატურალური ზომების გვირაბში განვითარებული, შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრის დამოღებებისათვის საჭირო მასშტაბი

$$\frac{Q_m}{Q_n} = \left(\frac{l_m}{l_n}\right)^{2.5} = \left(\frac{12}{480}\right)^{2.5} = 0.000099$$

აქედან $Q_m = 0.000099Q_n$.

ცნობილია, რომ 1 მ³ ბუნებრივი აირის სრული წვისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა 9,3 კვტ უტოლდება. შესაბამისად გავიანგარიშეთ გვირაბის მოდელზე შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრის მისაღებად საჭირო ბუნებრივი აირის ხარჯი. მიღებული შედეგები შეტანილია ცხრილში 6.

ცხრილი 4. ხანძრის სიმძლავრეების მნიშვნელობები ნატურალური ზომების გვირაბსა და მოდელზე შესაბამისი მასშტაბის მიხედვით.

ხანძრის სრული სიმძლავრე, გვირაბში და მოდელზე.		კონვექციური სითბოს რაოდენობა, გვირაბში და მოდელზე.		ბუნებრივი აირის ხარჯი, მ ³ /სთ.
Q_n , მგვტ.	Q_m , კვტ.	\dot{Q}_{cn} , მგვტ.	\dot{Q}_{cm} , კვტ.	
5 (56 880 კვტ/სთ)	0,495	3,5	0,35	0,053
10 (113 760 კვტ/სთ)	0,99	7,0	0,69	0,106
15 (170 640 კვტ/სთ)	1,49	10,5	1,04	0,16

მიღებული მასშტაბის მიხედვით გადავიანგარიშეთ ნატურალური ზომების გვირაბში ფორმირებული 5-10-15 მგვტ ხანძრის სიმძლავრეები გვირაბის მოდელისათვის, რამაც შეადგინა 0,495 – 0,99 – 1,49 კვტ შესაბამისად. მიღებული შედეგები ავსახეთ და წარმოდგენილია ცხრილში 6.

იმავე ცხრილში 6 შეტანილია ფორმულა (3.7)-ის მიხედვით ნაანგარიშები შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრებისას გამოყოფილი კონვექციური სითბოს რაოდენობები, როგორც ნატურალური ზომების გვირაბში, ასევე სათანადო მოდელზე.

რეალურ (ნატურალურ) გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრის დამოძვლების, დანზინგერისა და კენედის მეთოდის საფუძველზე, ფორმულა (3.3)-ის მიხედვით გაანგარიშდა სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარის მასშტაბი

$$\left(\frac{u_m}{u_n}\right) = \left(\frac{l_m}{l_n}\right)^{0.5} = \left(\frac{12}{480}\right)^{0.5} = 0.158$$

$$\text{საიდანაც } u_m = 0.158u_n.$$

დადგენილი მასშტაბის მიხედვით, გადავიანგარიშეთ ნატურალური ზომების გვირაბში სავენტილაციო დანადგარის მიერ ფორმირებული სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარის მნიშვნელობები გვირაბის მოდელისათვის, მიღებული შედეგები შევითანეთ ცხრილში 7.

ცხრილ 7-ის შესახებ აგრეთვე აღვნიშნოთ, რომ მასში შეტანილია გვირაბის მოდელში მიღებული სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარეების მიხედვით გამოთვლილი სავენტილაციო ნაკადის ხარჯი. აგრეთვე, ფორმულა (3.8)-ის საშუალებით გაანგარიშებული გვირაბის მოდელზე 0,495; 0,99; 1,49 კვტ სიმძლავრის ხანძრის განვითარებისას, შესაბამისი სიჩქარის 0,079; 0,158; 0,237; 0,316; 0,395 მ/წმ სავენტილაციო ჰაერის ნაკადების დროს გვირაბის მოდელზე ხანძრის კერასთან ფორმირებული ტემპერატურული ველის ნაზარდის საშუალო მნიშვნელობები არის მოცემული ცხრილის სათანადო გრაფაში.

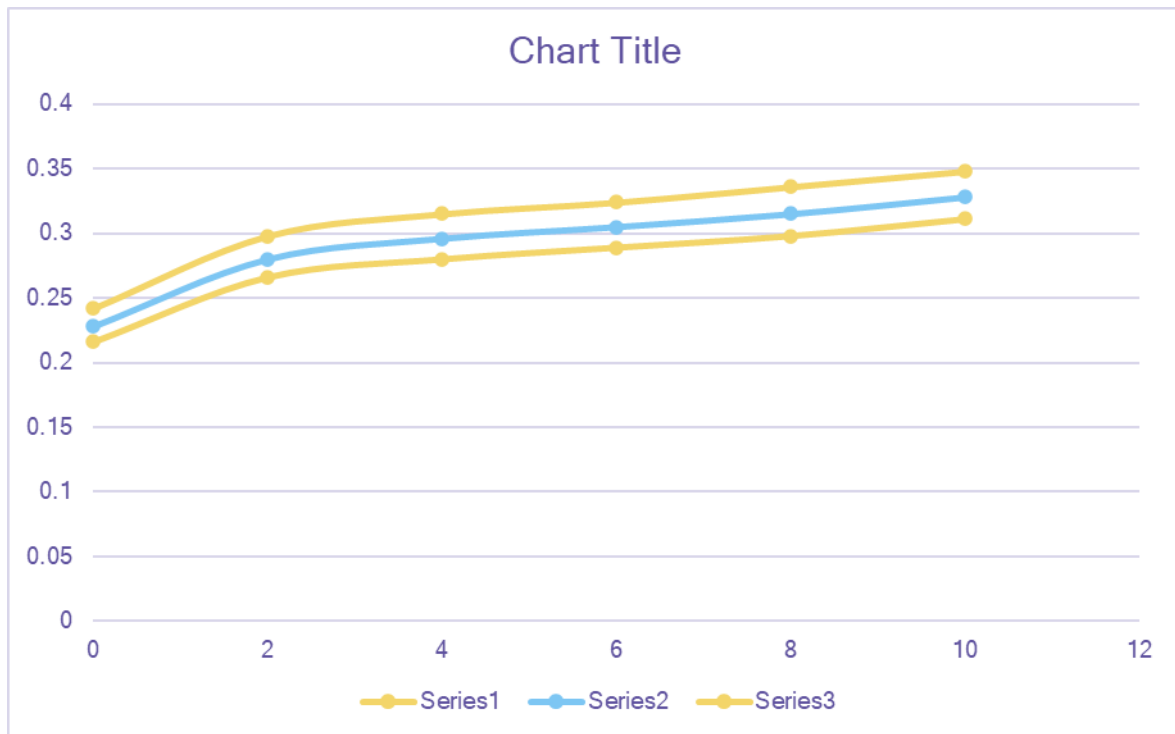
ცხრილი 5. სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარეების მნიშვნელობები ნატურალური ზომების გვირაბსა და მოდელზე შესაბამისი მასშტაბის მიხედვით.

სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე ნატურაში და მოდელზე		სავენტილაციო ჰაერის მასური ხარჯი მოდელზე G_m , კგ/სთ	ნატურალური ზომების გვირაბში ხანძრის სიმძლავრის შესაბამისი ტემპერატურის ნაზარდის ΔT საშუალო მნიშვნელობა მოდელზე ანგარიშის მიხედვით, °C			ნატურალური ზომების გვირაბში ხანძრის სიმძლავრის შესაბამისი ტემპერატურის ნაზარდის ΔT საშუალო მნიშვნელობა მოდელზე ექსპერიმენტის მონაცემების მიხედვით, °C		
u_n , მ/წმ	u_m , მ/წმ		5 მგვტ	10 მგვტ	15 მგვტ	5 მგვტ	10 მგვტ	15 მგვტ
0,5	0,079	10,24	123	242,6	365,7	115,8	255,1	385,6
1,0	0,158	20,5	61,4	121,7	182,4	72,7	120,7	201,7
1,5	0,237	30,7	41,2	81,4	122,5	46,2	97,9	143,4
2,0	0,316	40,95	30,9	60,7	91,6	32,5	64,7	98,8
2,5	0,395	51,2	24,3	48,6	73,6	27,7	47,9	90,1

აღსანიშნავია, რომ გვირაბის მოდელზე სხვადასხვა სიმძლავრის 0,495; 0,99; 1,49 კვტ ხანძრების განვითარების კვლევისას, როდესაც გვირაბის მოდელი არ არის აღჭურვილი მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის შესაბამისი სიჩქარეებისათვის 0,079; 0,158; 0,237; 0,316; 0,395 მ/წმ, მოდელში ხანძრის კერასთან განთავსებული დახურულ აღმქმელიანი თერმოწყვილების მონაცემების „დატათიქერის“ DT-8 საშუალებით დამუშავების მიხედვით და მის შესაბამისად, განვსაზღვრეთ ტემპერატურული ველის ნაზარდის საშუალო რიცხვითი მნიშვნელობები(გვირაბის მოდელში წვის შედეგად ფორმირებული ნამწვი პროდუქტებისა და გვირაბის გარეთ არსებული ჰაერის ტემპერატურებს შორის სხვაობა). აღნიშნული შედეგები აგრეთვე მოცემულია ცხრილში 7.

ჰორიზონტალური და შესაბამისი დახრის კუთხის მქონე გვირაბის მოდელზე განხორციელებული ექსპერიმენტების მიხედვით დავადგინეთ შესაბამისი (0,495; 0,99; 1,49 კვტ) სიმძლავრის ხანძრებისათვის სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარეების მნიშვნელობები, რომლებიც წარმოდგენილია ნახ. 19-ზე.

ამასთან ერთად ხანძრის დამოდულების დანზინგერისა და კენედის მეთოდის მიხედვით (3.4) ფორმულით გავიანგარიშეთ სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე 5 – 10 – 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის შესაბამისი ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელისათვის, შედეგად 5 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის მოდელისათვის (მოდელზე ხანძრის სიმძლავრე 0,495 კვტ) $u_c=0,216$ მ. 10 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის მოდელისათვის (0,99 კვტ) $u_c=0,228$ მ/წმ. 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის მოდელისათვის (1,49 კვტ) $u_c=0,242$ მ/წმ. მიღებული შედეგები კარგ თანხვედრაშია ექსპერიმენტით მიღებულ შედეგებთან, რაც კარგად ჩანს ნახ. 19 -დან.

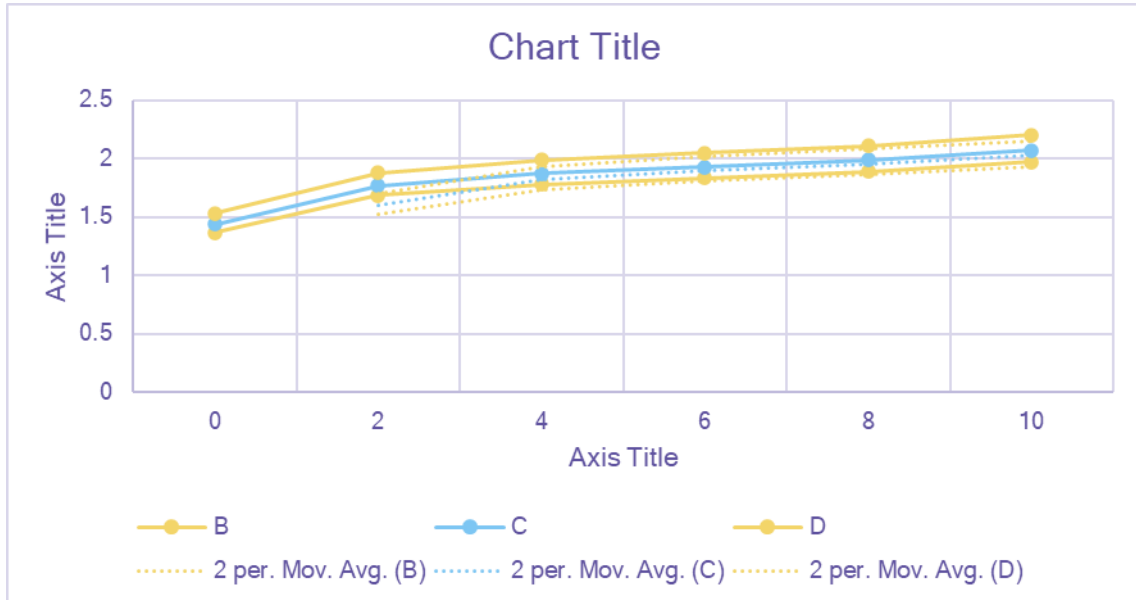


ნახაზი 19. გვირაბის მოდელზე კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობა ჰორიზონტალური და დახრილი გვირაბებისათვის დამოკიდებული ხანძრის სხვადასხვა სიმძლავრისათვის: 1 – 0,495კვტ; 2 – 0,99კვტ; 3 – 1,49 კვტ.

ნახ. 19 -ზე აგრეთვე წარმოდგენილია შესაბამისი დახრილობის გვირაბის მოდელში (0,495; 0,99; 1,49 კვტ) სიმძლავრის ხანძრების განვითარების კვლევის შედეგების ანალიზის მიხედვით მიღებული დამოკიდებულება, გვირაბის სავენტტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკულ სიჩქარეების ცვალებადობისა, გვირაბის დახრილობის კუთხესთან. აღსანიშნავია, რომ ნახ. 19-ზე წარმოდგენილი სავენტტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარეების ცვალებადობის დამოკიდებულება გვირაბის დახრის კუთხესთან, წარმოდგენილია მხოლოდ სავენტტილაციო ჰაერის ნაკადების დადებითი მიმართულებისათვის. მოცემული გრაფიკის მიხედვით ნათლად ჩანს, რომ გვირაბის დახრის კუთხის ზრდასთან ერთად იზრდება სავენტტილაციო ჰაერის კრიტიკული სიჩქარის რიცხვითი მნიშვნელობაც. ეს იმით აიხსნება, რომ სავენტტილაციო ნაკადების დადებითი მიმართულების შემთხვევაში, ხანძრის სიმძლავრის გაზრდასთან ერთად იზრდება ხანძრის შედეგად ფორმირებული წევის ძალები, ეს უკანასკნელი კი განიხილება, როგორც ერთგვარი აეროდინამიკური წინაღობა, რომელიც ხელს უშლის სავენტტილაციო ჰაერის მიწოდებას აღნიშნული მიმართულებით, სწორედ აღნიშნული აეროდინამიკური წინაღობის დაძლევის მიზნით იზრდება სავენტტილაციო ჰაერის ნაკადების კრიტიკული სიჩქარე.

სავენტტილაციო ნაკადების უარყოფითი მიმართულების შემთხვევაში საანგარიშოდ განიხილება სავენტტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის მნიშვნელობა ნულოვანი დახრილობის გვირაბებისათვის, რადგან უარყოფითი ნაკადების შემთხვევაში, გვირაბის დახრის კუთხის ზრდასთან ერთად, ხანძრის

შედეგად აღძრული წევის ძალების მიმართულება შეიძლება ითქვას, რომ სრულ თანხვედრაში არიან სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის მიმართულებასთან, შედეგად აღნიშნული წევის ძალები პრაქტიკულად არ ეწინააღმდეგება სავენტილაციო ჰაერის ნაკადს (შეიძლება ითქვას, რომ ხელსაც უწყობს და ასეთ შემთხვევაში ადგილი აქვს კრიტიკული სიჩქარის შემცირების ტენდენციას).

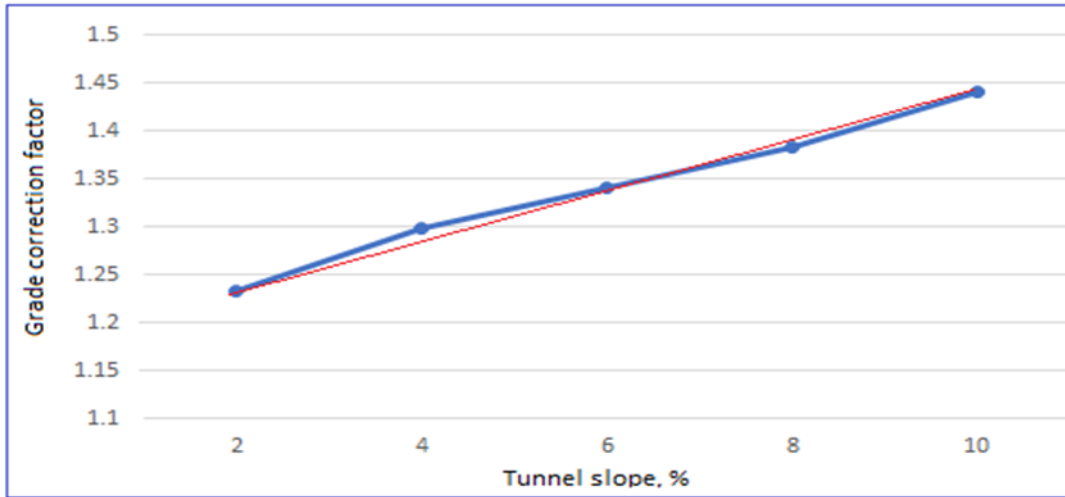


ნახაზი 20. ჰორიზონტალურ და დახრილ გვირაბებში კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობა სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის: B - 5 მგვტ; C - 10 მგვტ; D - 15 მგვტ.

ექსპერიმენტის შედეგები, გვირაბის მოდელში სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობის დამოკიდებულებისა გვირაბის მოდელის დახრის კუთხესთან მოცემულია ნახ. 19-ზე. მთლიანობაში მოცემული ნახაზიდან და შედეგების ანალიზიდან იკვეთება, რომ ვენტილატორისა და ხანძრის მიერ აღძრული ნაკადები ერთმანეთთან ალგებრულად იკრიბება.

დანზინგერისა და კენედის მიერ შემუშავებული მეთოდის მიხედვით, რეალურ (ნატურალურ) გვირაბში განვითარებული შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრის დამოდებებისას, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სათანადო მასშტაბის მიხედვით, გადავიანგარიშეთ მოცემული, განსხვავებული, დახრილობის გვირაბის მოდელზე ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის მნიშვნელობები რეალური (ნატურალური ზომების) გვირაბისათვის. შედეგები წარმოდგენილია ნახ. 20-ზე.

ნახ. 21 -ზე წარმოდგენილია სხვადასხვა დახრილობის მქონე ნატურალური ზომების გვირაბში განვითარებული 5-10-15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების მასა-ბამისი მასშტაბით დამოდებებისას, განხორციელებული ექსპერიმენტული



ნახაზი 21. გვირაბის მოდელის დახრილობის მიხედვით „გრადიენტ-ფაქტორის“ გასაშუალებელი კოეფიციენტების ცვალებადობა: ლურჯი კონტური - 5-10-15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების საშუალო მაჩვენებლები; წითელი კონტური - გაწრფივებული საშუალო მაჩვენებლები

კვლევების შედეგად მიღებული უგანზომილებო გრადიენტ-ფაქტორის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობების ცვალებადობა გვირაბის მოდელის დახრის კუთხის მიხედვით.

საავტომობილო სატრანსპორტო გვირაბებში, სხვადასხვა მიზეზებით ინიცირებული და განვითარებული ხანძრებისას, სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის გადარჩენის თვალსაზრისით, არსებითად მნიშვნელოვანია ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების სრული ინტეგრირება გვირაბის ერთიან სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემაში. იდეის არსი მდგომარეობს შემდეგში: მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები განლაგებულია გვირაბის მთელს სიგრძეზე შესაბამისი ინტერვალით, ისე რომ გვირაბის ჩვეულებრივ რეჟიმში ექსპლუატაციის დროს, როდესაც მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები მოლოდინის რეჟიმში იმყოფებიან, ნეგატიურ გავლენას არ ახდენენ გვირაბის აეროდინამიკურ წინაღობაზე. გვირაბში ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში, როგორც კი გვირაბის ერთიანი სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემები მოახდენენ ინიცირებული ხანძრის იდენტიფიცირებას, ერთიანი სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემა ავტომატურ ან ხელით მართვის რეჟიმში გააქტიურებენ გვირაბის სავენტილაციო სისტემის ფუნქციონირების შესაბამის საგანგებო რეჟიმს, რომლის კვალდაკვალ, ასევე ავტომატურ ან ხელით მართვის რეჟიმში გააქტიურდება მოლოდინის რეჟიმში მყოფი მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები, შედეგად მოხდება ხანძრის კერიდან გვირაბის ორივე მიმართულებით გვირაბის პერიმეტრის სრული ან ნაწილობრივი გადაფარვა.

ტრანსფორმირებადი სისტემებით გვირაბის პერიმეტრის თუნდაც ნაწილობრივი გადაფარვის შედეგად მნიშვნელოვნად გაიზრდება გვირაბის აეროდინამიკურ წინაღობა, რაც ხელს შეუწყობს გვირაბის შიგა სივრცეში კვამლისა და წვის სხვა

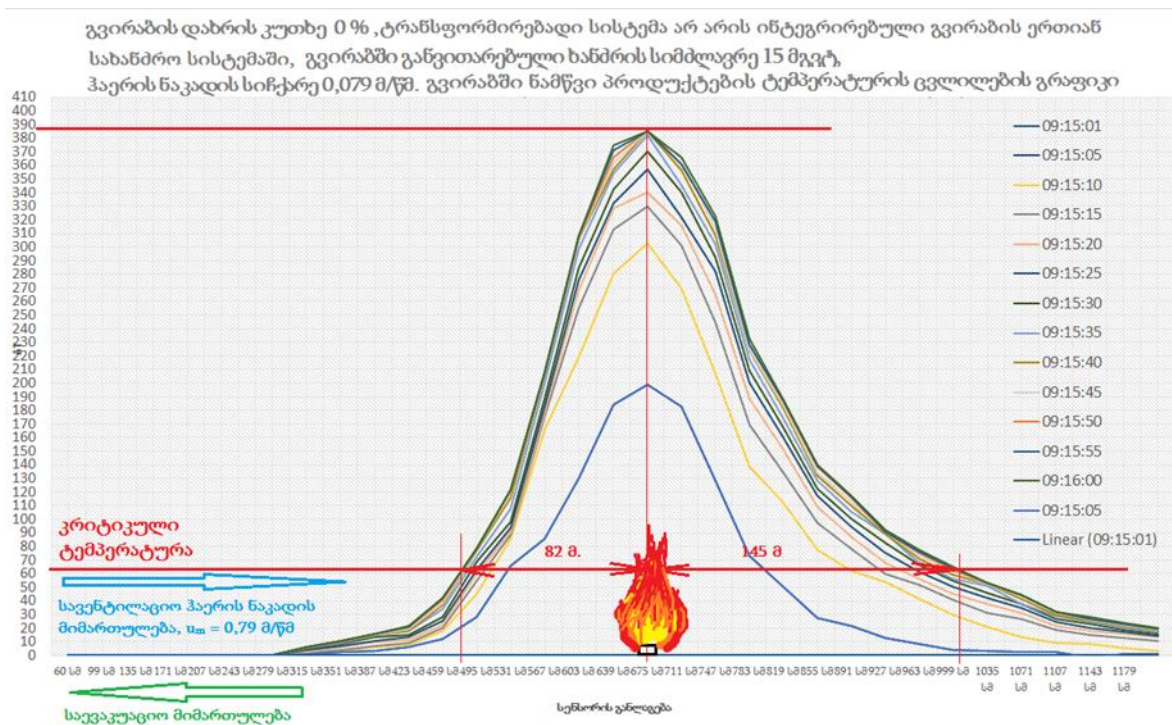
პროდუქტების გავრცელების ბლოკირებას. ამის პარალელურად თუ სავენტილაციო სისტემების მიერ ფორმირებული სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის მიმართულება თანხვედრი იქნება სახიფათო ზონაში აღმოჩენილი ადამიანების ევაკუაციისათვის საჭირო მიმართულების, ამასთან ერთად დაცული იქნება სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკულ სიჩქარის პირობა, რომელიც გამორიცხავს კვამლის უკუდინებას, ადამიანების გადასარჩენი უსოდენ სათუთი სავაკუაციო დროის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად უნდა გაიზარდოს. აღნიშნული მოსაზრების განმტკიცების მიზნით საჭირო გახდა დაგვედგინა და განგვესაზღვრა მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ეფექტური ფუნქციონირება გვირაბის ერთიანი სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემის შემადგენლობაში.

ცხრილში 8 და ნახ. 22-ზე წარმოდგენილია, ჰორიზონტალურ, შესაბამისი გომეტრიის გვირაბის მოდელში 1,49 კვტ სიმძლავრის ხანძრის (შესაბამება ნატურალური ზომების გვირაბში 15 მგვტ სიმძლავრეს) განვითარებისას, გვირაბის მთელს სიგრძეზე განთავსებული თერმონწყვილებიდან ყოველი 5 წმ-ის ინტერვალით მიღებული ციფრული მონაცემების დამუშავებული შედეგები. მონაცემების დამუშავება განხორციელდა DT-85 „დატათიქერის“ მონაცემების შემკრებ და დამამუშავებელი მოდულის მიერ.

ცხრილი 8. ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელზე განთავსებული თერმონწყვილებიდან გადაცემული და DT-85 „დატათიქერის“ მიერ დამუშავებული მონაცემები. ხანძრის სიმძლავრე შესაბამება ნატურალური ზომების გვირაბში 15 მგვტ, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,079 მ/წმ-ია(შესაბამება ნატურალური ზომების ზომების გვირაბში 0,5 მ/წმ). გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემა არ ითვალისწინებს „მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების“ ჩართულობას

Timestamp	09:15:01	09:15:05	09:15:10	09:15:15	09:15:20	09:15:25	09:15:30	09:15:35	09:15:40	09:15:45	09:15:50	09:15:55	09:16:00
60 სმ	0	0,177742	0,300072	0,300956	0,327998	0,375068	0,284918	0,279218	0,401704	0,532832	0,441792	0,462948	0,447298
99 სმ	0	0,09013	0,165502	0,25412	0,258424	0,243166	0,207792	0,224118	0,172402	0,581174	0,30807	0,210464	0,238976
135 სმ	0	0,158092	0,146046	0,263658	0,250728	0,361104	0,257088	0,26877	0,248008	0,361596	0,325802	0,359112	0,309494
171 სმ	0	-0,00221	0,05295	0,194134	0,198566	0,150988	0,282006	0,439118	0,25015	0,332504	0,363042	0,298268	0,373016
207 სმ	0	0,091318	0,185714	0,262206	0,311226	0,375712	0,251082	0,236504	0,312996	0,394082	0,370768	0,413954	0,198004
243 სმ	0	0,074144	0,26581	0,415064	0,368554	0,497862	0,353422	0,492294	0,446432	0,633888	0,628502	0,521434	0,464128
279 სმ	0	0,03883	0,180264	0,416854	0,330746	0,446356	0,437056	0,376932	0,463928	0,564702	0,422924	0,571198	0,433126
315 სმ	0	1,220504	1,434926	1,560396	2,649078	3,651248	4,5744516	5,756724	5,851752	5,881842	6,071952	6,161389	6,158946
351 სმ	0	2,40755	3,136302	3,940326	6,165336	7,181164	8,1908096	9,066708	10,09672	10,29309	10,41706	10,51376	10,57828
387 სმ	0	3,611008	5,867834	6,979532	9,772306	10,87969	13,921732	14,85055	14,95097	15,02097	15,81638	15,71355	15,96151
423 სმ	0	6,261951	7,816754	8,959326	11,17711	13,8989	14,86404	17,85446	18,09506	19,70772	20,88555	21,04892	21,7737
459 სმ	0	12,27138	17,84696	19,93355	22,093	25,62584	28,182262	33,8126	37,03668	38,75335	40,88417	41,96656	41,93993
495 სმ	0	28,49195	45,4217	54,86933	59,98422	62,78422	68,563356	72,36168	77,0997	77,87784	78,91612	78,41998	78,42264
531 სმ	0	65,59898	85,50437	88,37652	90,78861	93,81466	98,332492	107,6681	115,5557	120,1294	120,6868	121,4345	121,9513
567 სმ	0	85,99804	165,9408	175,2301	178,0541	182,3971	188,57841	199,9082	205,7734	206,4286	206,6551	207,5844	207,9306
603 სმ	0	129,9257	218,8784	255,1128	268,2499	275,162	284,52757	297,9979	305,8384	306,4931	307,0918	307,4405	307,9369
639 სმ	0	184,1758	280,4528	312,8276	328,4197	332,2817	342,17087	353,9775	357,4104	361,6494	366,0626	371,034	374,682
675 სმ	0	198,8727	302,5446	330,2267	340,3355	357,2594	370,28382	381,7849	384,8872	385,3087	385,5722	385,2084	384,9175
711 სმ	0	182,52	269,2234	301,1978	316,0418	322,0682	340,52787	344,9605	356,0267	365,2762	361,0359	360,6842	365,9479
747 სმ	0	128,1019	206,7268	244,3775	265,1388	282,0147	292,56944	301,8469	308,7071	312,961	318,5605	319,1116	322,8297
783 სმ	0	73,26044	138,8997	169,3293	188,6898	200,1294	208,99531	217,3816	223,8097	224,8024	228,3789	228,1407	232,6331
819 სმ	0	50,61654	112,0365	134,4743	151,1252	159,8198	167,64449	173,7444	181,377	183,1183	186,4247	186,9217	188,2129
855 სმ	0	27,88654	77,35387	97,24255	109,2179	117,072	122,56127	128,1614	132,2519	134,4866	138,8157	139,4183	139,7482
891 სმ	0	21,68208	62,22838	78,60828	86,9508	94,44024	100,37706	105,2102	109,7293	112,7419	115,4803	116,3978	117,419
927 სმ	0	12,814	53,66765	60,14029	67,75963	75,33523	82,421954	89,07126	89,43248	90,48936	90,79996	91,10503	91,97843
963 სმ	0	8,046688	41,61271	52,14228	56,28074	61,42243	66,258778	68,15555	71,16299	73,23203	75,14112	75,72223	77,48576
999 სმ	0	4,070498	29,67916	41,01574	45,52901	50,26316	54,6605	56,22678	59,04413	61,76916	63,0204	64,34568	65,22174
1035 სმ	0	3,05692	20,89194	31,54028	37,90068	42,08459	45,577104	50,72774	52,28014	52,57432	53,25034	53,55987	53,6175
1071 სმ	0	2,806821	13,90662	26,93719	31,23643	34,52745	38,139542	37,74671	41,59737	43,43122	44,3008	44,34643	44,70553
1107 სმ	0	2,355076	8,963156	18,49127	21,56856	24,51177	26,540544	28,70642	30,04284	31,66359	31,83118	32,08946	32,27866
1143 სმ	0	-2,00625	8,387822	15,36797	18,02389	19,86025	22,879574	24,36767	25,36137	26,14767	26,81188	26,95831	27,93169
1179 სმ	0	1,303517	5,731158	12,91898	15,96579	17,98667	18,94297	20,33464	21,37659	22,27992	22,82365	23,05475	23,92439
	0	1,045994	3,56205	10,30822	13,49395	14,5947	15,751244	17,09727	18,21631	18,36072	19,43614	19,47015	20,03248

ნახ. 22 - დან ჩანს, რომ გვირაბის მოდელზე შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრის ინიცირების მომენტიდან, როდესაც სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,079 მ/წმ-ია(შესაბამება ნატურალური ზომების გვირაბში 0,5 მ/წმ) და გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების სისტემაში არ არის გათვალისწინებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ჩართულობა, 50 წმ-ის შემდეგ ხანძრის კერასთან ნამწვი პროდუქტების ტემპერატურამ მაქსიმალურს მიაღწია და შეადგინა 385,6 °C, რაც ანალოგიურ თეორიულ მაჩვენებელთან კარგ თანხვედრაშია, ამასთან ერთად ვინაიდან სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე $u_c = 0,242$ მ/წმ შეადგინა, ხოლო გვირაბის მოდელზე სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე მხოლოდ 0,079 მ/წმ - ის ტოლია, ადგილი აქვს ნამწვი პროდუქტების უკუდინებას და ნამწვი პროდუქტების უკუდინების მანძილი საევაკუაციო მიმართულებით ნატურალური ზომების გვირაბისათვის 82 მ-ით განისაზღვრა.



ნახაზი 22. ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელზე განვითარებული შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრის განვითარების ექსპერიმენტული კვლევის პროცესში, თერმომწყვილებიდან მიღებული ციფრული მონაცემების, DT-85 „დატათიქერის“ მიერ დამუშავების შედეგად მიღებული წვის პროდუქტების ტემპერატურის ცვალებადობის მრუდები. ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა განისაზღვრა 60 წმ-ით, მონაცემების მიღება ხდებოდა ხანძრის ინიცირებიდან 5 წმ-ის ინტერვალით. გვირაბის მოდელში განვითარებული ხანძრის სიმძლავრე შესაბამებოდა ნატურალური ზომების გვირაბში 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძარს, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,079 მ/წმ, რაც ნატურალური ზომების გვირაბში 0,5 მ/წმ შესაბამისია.

ცხრილში 9 და შესაბამისად ნახ. 23-ზე წარმოდგენილია ჰორიზონტალურ, შესაბამისი გეომეტრიის გვირაბის მოდელზე 1,49 კვტ (ნატურალური ზომების გვირაბში 15 მგვტ შესაბამისი) სიმძლავრის ხანძრის განვითარებისას, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე $u_m = 0,079$ მ/წმ (ნატურალური ზომების გვირაბში 0,5 მ/წმ), როდესაც ხანძრის კერიდან გვირაბის მოდელის ორივე მხარეზე 0,75 მ (ნატურალური ზომების გვირაბში 30 მ) მანძილზე გადაფარულია გვირაბის მოდელის განივი კვეთის 50%, ნამწვი პროლექტების ტემპერატურის ცვალებადობა.

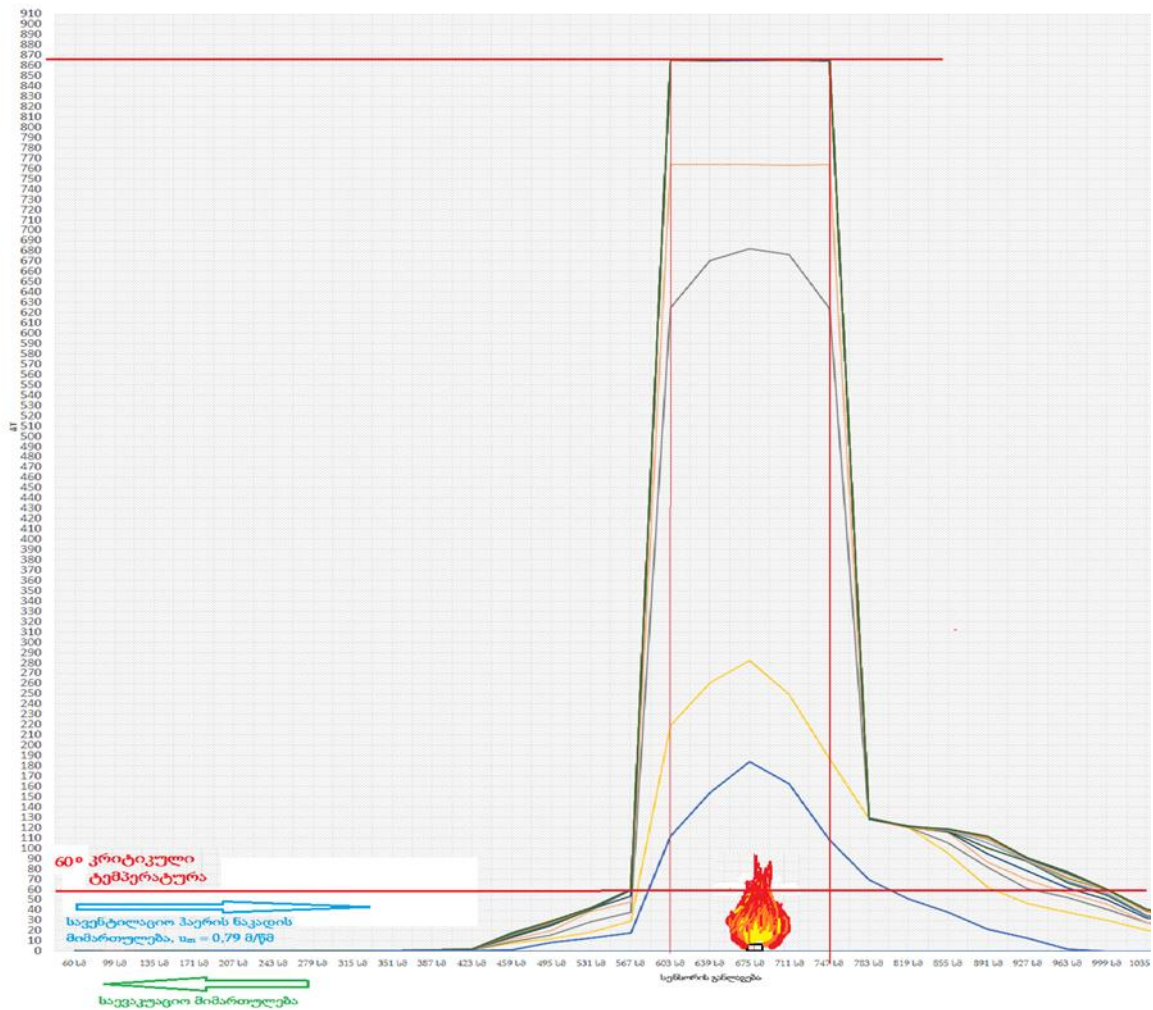
ცხრილი 9. ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელზე განთავსებული თერმოწყვილებიდან გადაცემული და DT-85 „დატათიქერის“ მიერ დამუშავებული მონაცემები. ხანძრის სიმძლავრე შეესაბამება ნატურალური ზომების გვირაბში 15 მგვტ, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,079 მ/წმ-ია (შესაბამება ნატურალური ზომების გვირაბში 0,5 მ/წმ). გვირაბის ერთიან სახანძრო უსაფრთხოების სისტემაში ინტეგრირებულია მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები და იმყოფებიან აქტიურ მდგომარეობაში, შედეგად გადაფარულია ხანძრის კერიდან გვირაბის ორივე მხარეს გვირაბის პერიმეტრის 50%

Timestamp	09:26:01	09:26:05	09:26:10	09:26:15	09:26:20	09:26:25	09:26:30	09:26:35	09:26:40	09:26:45	09:26:50	09:26:55	09:27:00
60 სმ	0	0,177742	0,300072	0,300956	0,327998	0,375068	0,284918	0,279218	0,401704	0,532832	0,441792	0,462948	0,447298
99 სმ	0	0,09013	0,165502	0,25412	0,258424	0,243166	0,207792	0,224118	0,172402	0,581174	0,30807	0,210464	0,238976
135 სმ	0	0,158092	0,146046	0,263658	0,250728	0,361104	0,257088	0,26877	0,248008	0,361596	0,325802	0,359112	0,309494
171 სმ	0	-0,00221	0,05295	0,194134	0,198566	0,150988	0,282006	0,439118	0,25015	0,332504	0,363042	0,298268	0,373016
207 სმ	0	0,091318	0,185714	0,262206	0,311226	0,375712	0,251082	0,236504	0,312996	0,394082	0,370768	0,413954	0,198004
243 სმ	0	0,074144	0,26581	0,415064	0,368554	0,497862	0,353422	0,492294	0,446432	0,633888	0,628502	0,521434	0,464128
279 სმ	0	0,03883	0,180264	0,416854	0,330746	0,446356	0,437056	0,376932	0,463928	0,564702	0,422924	0,571198	0,433126
315 სმ	0	0,220504	0,434926	0,560396	0,649078	0,651248	0,544516	0,556724	0,517524	0,811842	0,619522	0,61389	0,589464
351 სმ	0	0,30755	0,536302	0,640326	0,653364	0,681164	0,608096	0,667078	0,672142	0,930936	0,706492	0,761072	0,578284
387 სმ	0	0,411008	0,667834	0,879532	1,072306	1,16877	1,173178	1,055392	1,096506	1,209714	1,163782	1,135486	1,15127
423 სმ	0	0,619512	1,167536	1,593264	1,771082	1,8989	1,86404	1,85446	1,950598	2,077168	1,88555	2,048922	1,773698
459 სმ	0	1,27138	7,846956	8,93355	11,093	13,62584	14,182262	15,8126	16,03668	16,75335	16,88417	16,96656	17,63993
495 სმ	0	8,491952	12,4217	15,86933	19,98422	24,78422	26,563356	27,36168	28,0997	28,87784	28,91612	29,41998	29,42264
531 სმ	0	12,59898	18,50437	28,37652	38,78861	40,81466	40,332492	41,66812	41,55572	41,12942	41,68678	41,43452	41,95134
567 სმ	0	17,99804	28,94081	38,23011	48,05409	53,39709	59,578408	59,90825	59,77339	59,42857	59,65509	59,58439	59,93057
603 სმ	0	111,9257	218,8784	625,1128	763,825	864,162	864,52757	863,9979	864,8384	864,4931	865,0918	865,4405	865,9369
639 სმ	0	154,1758	260,4528	670,8276	763,842	864,2817	864,17087	863,9775	864,4104	864,6494	865,0626	865,034	865,682
675 სმ	0	183,8727	282,5446	682,2267	763,8335	863,9594	863,92838	863,9785	864,8872	864,3087	865,5722	865,2084	865,9175
711 სმ	0	162,52	249,2234	676,1978	763,0418	864,0682	864,52787	864,9605	864,0267	864,2762	865,0359	865,6842	865,9479
747 სმ	0	108,1019	186,7268	624,3775	764,1388	864,0147	864,56944	864,8469	864,7071	864,961	865,5605	865,1116	865,8297
783 სმ	0	69,26044	128,8997	128,3293	128,6898	128,1294	128,99531	128,3816	128,8097	128,8024	128,3789	128,1407	129,6331
819 სმ	0	50,61654	120,0365	120,4743	120,1252	120,8198	120,64449	120,7444	120,377	120,1183	120,4247	121,9217	121,2129
855 სმ	0	37,88654	95,35387	105,2425	115,2179	116,072	116,56127	117,1614	117,2519	117,4866	117,8157	118,4183	118,7482
891 სმ	0	21,68208	62,22838	81,60828	86,9508	94,44024	100,37706	105,2102	108,7293	109,7419	110,4803	111,3978	111,419
927 სმ	0	12,814	46,66765	61,14029	69,75963	78,33523	87,421954	87,71264	88,43248	88,93955	89,79996	90,10503	90,97843
963 სმ	0	2,046688	37,61271	52,14228	56,28074	61,42243	66,258778	68,15555	71,16299	73,23203	75,14112	75,72223	77,48576
999 სმ	0	0,070498	29,67916	41,01574	45,52901	50,26316	54,6605	56,22678	59,14413	59,76916	60,0204	60,14568	60,22174
1035 სმ	0	0,05692	20,89194	27,54028	27,90068	32,08459	34,577104	35,27742	38,28014	39,57432	39,25034	40,55987	40,6175
1071 სმ	0	0,068206	12,90662	18,93719	25,23643	28,52745	30,139542	30,74671	31,59737	32,43122	33,3008	34,34643	34,70553
1107 სმ	0	0,055076	8,963156	17,49127	22,56856	23,51177	24,540544	25,70642	26,04284	28,66359	29,63118	30,38946	31,27866
1143 სმ	0	-0,00625	8,387822	15,36797	18,02389	19,86025	22,879574	24,36767	25,36137	26,14767	26,81188	26,95831	27,93169
1179 სმ	0	0,035166	5,731158	12,91898	15,96579	17,59867	18,94297	20,33464	21,37659	22,27992	22,82365	23,05475	23,92439
	0	0,045994	3,56205	10,30822	13,49395	14,5947	15,751244	17,09727	18,21631	18,36072	19,43614	19,47015	20,03248

როგორც ნახ. 23-ის გრაფიკებიდან ჩანს, მიუხედავად იმისა, რომ გვირაბის მოდელში სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე $u_m = 0,079$ მ/წმ ნაკლებია, ვიდრე ხანძრის შედეგად ნამწვი პროლექტების უკუდინების გამოსარიცხად საჭირო სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე $u_c = 0,242$ მ/წმ, გვირაბის მოდელის სავაკუაციო მიმართულებაზე, ტრანსფორმირებადი სისტემით გვირაბის გადაფარვის ლოკაციიდან უკუდინება არ აღინიშნება და ჰაერის ტემპერატურული

ველი არ აღემატება 60 °C ადამიანის სიცოცხლისუნარიანობისათვის აუცილებელ, კრიტიკულ ტემპერატურას. ანალოგიური შედეგი გვაქვს იგივე სიმძლავრის ხანძრის რიცხვითი მოდელირების შემთხვევაშიც. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ტრანსფორმირებადი სისტემებით გვირაბის პერიმეტრის გადაფარვის შიგა სივრცეში აღინიშნება ტემპერატურული ველის მკვეთრი მატება, რაც გამოწვეულია აღნიშნულ სივრცეში საცენტრალაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარის შემცირებით რის გამოც მცირდება ხანძრის კერაზე მიწოდებული, სუფთა, შედარებით გრილი საცენტრალაციო ჰაერის რაოდენობა.

გვირაბის დაბრის კუთხე 0 °, ტრანსფორმირებადი სისტემა გააქტიურებულია, გვირაბის მოდელში განვითარებული ხანძრის სიმძლავრე 1,49 კვტ, ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,079 მ/წმ. ტემპერატურის ცვლილების გრაფიკი



ნახაზი 23. ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელზე განვითარებული 1,49 კვტ სიმძლავრის ხანძრის ექსპერიმენტული კვლევის პროცესში, თერმოწყვილებიდან მიღებული ციფრული მონაცემების, DT-85 „დატათეიქერის“ მიერ დამუშავების შედეგად მიღებული წვის პროდუქტების ტემპერატურის ცვალებადობის მრუდები. გვირაბის ერთიან სახანძრო უსაფრთხოების სისტემაში ინტეგრირებულია მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები და იმყოფებიან აქტიურ მდგომარეობაში, შედეგად გადაფარულია ხანძრის კერიდან გვირაბის ორივე მხარეზე პერიმეტრის 50%. ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა განისაზღვრა 60 წმ-ით, მონაცემების მიღება ხდებოდა

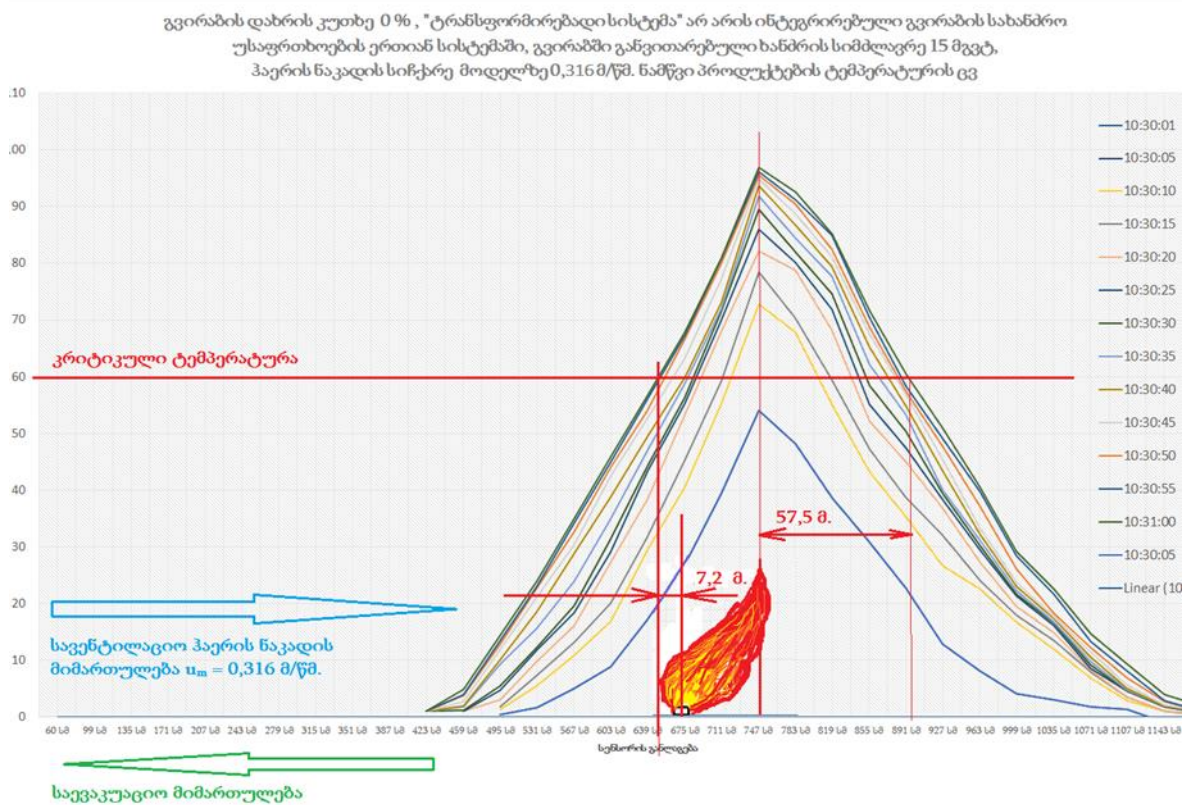
ხანძრის ინიცირებიდან ყოველი 5 წმ-ის ინტერვალით. გვირახის მოდელზე განვითარებული ხანძრის სიმძლავრე შეესაბამებოდა ნატურალური ზომების გვირახში 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძარს, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,079 მ/წმ, რაც ნატურალური ზომების გვირახში 0,5 მ/წმ შესაბამისია.

ცხრილი 10. ჰორიზონტალური გვირახის მოდელზე განთავსებული თერმოწყვილებიდან გადაცემული და DT-85 „დატათიქერის“ მიერ დამუშავებული მონაცემები. ხანძრის სიმძლავრე შეესაბამება ნატურალური ზომების გვირახში 15 მგვტ, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,316 მ/წმ (შესაბამება ნატურალური ზომების გვირახში 2,0 მ/წმ). გვირახის სახანძრო უსაფრთხოების სისტემა არ ითვალისწინებს მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ჩართულობას

Timestamp	10:30:01	10:30:05	10:30:10	10:30:15	10:30:20	10:30:25	10:30:30	10:30:35	10:30:40	10:30:45	10:30:50	10:30:55	10:31:00
60 სმ	0												
99 სმ	0												
135 სმ	0												
171 სმ	0												
207 სმ	0												
243 სმ	0												
279 სმ	0												
315 სმ	0												
351 სმ	0												
387 სმ	0												
423 სმ	0						1	1	1	1	1	1	1,093993
459 სმ	0				1,0093	1,062584	1,182262	1,812602	2,036678	2,753354	3,884166	3,966558	4,93993
495 სმ	0	0,491952	1,421696	1,869328	2,984224	4,784216	5,563356	9,361676	10,0997	11,87784	12,91612	13,41998	14,42264
531 სმ	0	1,598976	5,504372	7,376516	9,788612	11,81466	12,332492	15,66812	18,55572	21,12942	22,68678	23,03452	23,95134
567 სმ	0	4,998036	10,94081	13,23011	16,05409	18,39709	19,578408	23,90825	28,77339	30,42857	32,65509	34,28439	34,93057
603 სმ	0	8,925694	16,87839	20,11277	27,24989	29,16197	31,527574	34,99793	38,83841	42,49309	44,09177	45,04051	45,93693
639 სმ	0	17,17577	29,45279	31,82765	38,41973	43,28173	44,170866	46,97753	49,41037	52,64945	54,06265	56,03401	56,68205
675 სმ	0	26,87266	40,5446	45,2267	53,33546	55,25942	56,28382	58,78486	59,88718	63,30866	66,57222	67,20838	67,91746
711 სმ	0	39,51999	55,22343	59,19777	68,04175	70,06819	71,527872	71,96047	73,02671	77,27619	80,03587	80,68415	80,94791
747 სმ	0	54,1019	72,72682	78,37752	82,13876	86,01468	89,56944	91,84692	93,70706	94,96104	95,56054	96,1116	96,82972
783 სმ	0	48,26044	67,89967	70,32935	78,68979	80,12943	81,995306	84,38157	86,80967	88,80243	90,37895	91,14073	92,63311
819 სმ	0	38,61654	55,03649	59,47429	68,12517	71,81981	74,64449	77,74435	79,37701	81,11825	82,42465	84,92165	85,21293
855 სმ	0	30,88654	43,35387	47,24255	52,21791	55,07201	58,561266	62,16139	65,25193	67,48665	68,81567	70,41831	71,74819
891 სმ	0	22,68208	35,22838	38,60828	44,9508	47,44024	50,377064	53,2102	54,72928	56,74186	57,48034	58,39776	60,419
927 სმ	0	12,814	26,66765	32,14029	36,75963	38,33523	39,421954	40,07126	43,43248	45,48936	47,79996	49,10503	50,97843
963 სმ	0	8,046688	22,61271	24,14228	27,28074	29,42243	30,258778	31,15555	32,16299	33,23203	37,14112	39,72223	40,48576
999 სმ	0	4,070498	16,67916	18,01574	19,52901	21,26316	21,6605	22,22678	23,04413	23,76916	26,0204	28,34568	29,22174
1035 სმ	0	3,05692	11,89194	13,54028	14,90068	16,08459	16,577104	16,72774	17,28014	17,57432	18,25034	21,55987	22,6175
1071 სმ	0	1,806821	6,906618	7,93719	8,23643	8,527446	9,139542	9,74671	10,59737	11,43122	12,3008	13,34643	14,70553
1107 სმ	0	1,355076	2,963156	3,491272	3,568564	4,511772	4,540544	4,70642	5,042836	5,663592	6,831184	8,08946	9,27866
1143 სმ	0	-1,00625	1,038782	1,08368	1,102389	1,86025	1,879574	2,036767	2,036137	2,147674	2,811882	2,958314	3,931686
1179 სმ	0	0,103517	0,331158	0,491898	0,596579	0,759867	0,94297	1,033464	1,037659	1,012799	1,023654	1,054746	1,924386
	0	0,004599	0,025621	0,030822	0,06494	0,08,5947	0,1275124	0,197272	0,216312	0,360724	0,436144	0,470148	1,032476

ცხრილ 10 - ში და შესაბამისად ნახ. 24 - ზე წარმოდგენილია ჰორიზონტალური გვირახის მოდელზე წვის პროდუქტების ტემპერატურული ნაზარდის ΔT-ცვალებადობა, როდესაც ჰორიზონტალურ გვირახის მოდელზე განვითარებული ხანძრის სიმძლავრეა 1,49 კვტ (ნატურალური ზომების გვირახში 15 მგვტ შესაბამისი), ამასთან მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები გვირახის ერთიან სახანძრო უსაფრთხოების სისტემაში არ არის ინტეგრირებული, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე $u_m = 0,316$ მ/წმ (ნატურალური ზომების გვირახში 2,0 მ/წმ). ამ გრაფიკიდან ჩანს, რომ როდესაც სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე $u_m = 0,316$ მ/წმ ($u_n = 2,0$ მ/წმ) აღემატება მოცემული გეომეტრიის ჰორიზონტალური გვირახის მოდელისათვის სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკულ სიჩქარეს $u_c = 0,242/წმ$ (u_n

= 1.53 მ/წმ) უკუდინებას ადგილი არ აქვს, ამასთან, გვირაბში ჰაერის ტემპერატურის მაქსიმალური ნაზარდი არის 98,8 °C.

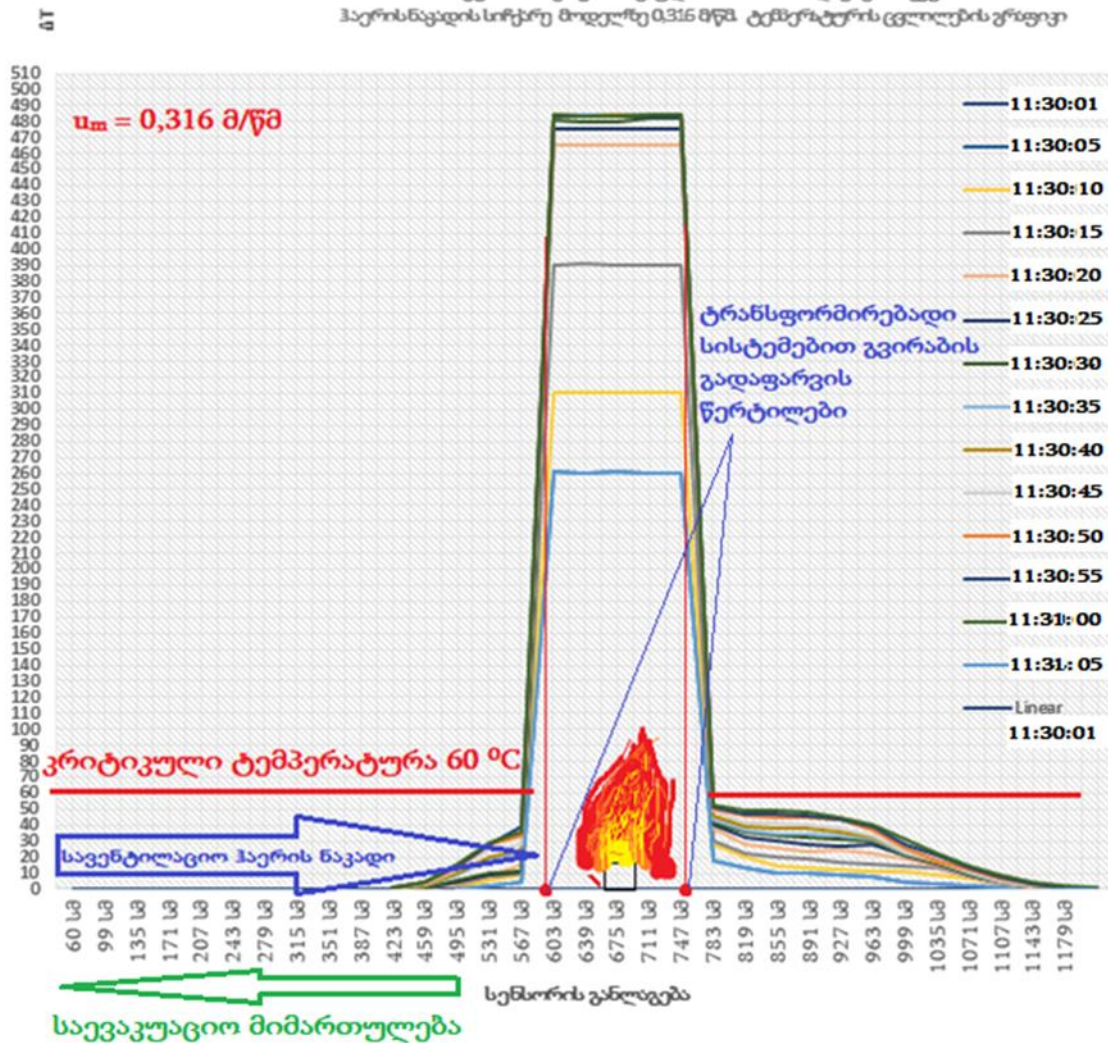


ნახაზი 24. ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელში განვითარებული შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრის განვითარების ექსპერიმენტული კვლევის პროცესში, თერმოწყვილებიდან მიღებული ციფრული მონაცემების, DT-85 „დატათიქერის“ მიერ დამუშავების შედეგად მიღებული წვის პროდუქტების ტემპერატურის ცვალებადობის მრუდები. ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა განისაზღვრა 60 წმ-ით, მონაცემების მიღება ხდებოდა ხანძრის ინიცირებიდან ყოველი 5 წმ ინტერვალით. გვირაბის მოდელში განვითარებული ხანძრის სიმძლავრე შეესაბამებოდა ნატურალური ზომების გვირაბში 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძარს, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,316 მ/წმ, რაც ნატურალური ზომების გვირაბში 2,0 მ/წმ შესაბამისია.

ამასთან ერთად, ის არ მდებარეობს ჰიფსომეტრულად უშუალოდ ხანძრის კერის თავზე, ის გადაწეულია საევაკუაციო ჰაერის ნაკადის მიმართულებით 72 სმ მანძილით (ნატურალური ზომების გვირაბში 28,8 მ-ით). ხანძრის კერიდან საევაკუაციო მიმართულებით 60 °C კრიტიკული ტემპერატურა ვრცელდება 658 სმ (18 სმ-ით) ნიშნულამდე, რაც ნატურალური ზომების გვირაბში 7,2 მ-ის ტოლფასია, ხოლო ხანძრის კერიდან სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის მიმართულებით 60 °C კრიტიკული ტემპერატურა ვრცელდება 216 სმ (ნატურალური ზომების გვირაბში 84,5 მ) მანძილზე.

ნახ. 25 -ზე წარმოდგენილია ჰორიზონტალური გვირაბის მოდელში ნაშუვი პროდუქტების ტემპერატურის ნაზარდის ΔT -ს ცვალებადობა, როდესაც ჰორი-ზონტალურ გვირაბის მოდელში განვითარებული ხანძრის სიმძლავრე არის

გვირგვინის დაზრის კუთხე 0%, ტრანსფორმირებადი სისტემა გააქტიურებულია
 გვირგვინში განვითარებული ხანძრის სიმძლავრე 15 მგვტ
 ჰაერის ნაკადის სიჩქარე მოდელზე 0,316 მ/წმ, ტემპერატურის ცვლილების გრაფიკი



ნახაზი 25. ჰორიზონტალური გვირგვინის მოდელში განვითარებული 1,49 კვტ სიმძლავრის ხანძრის ექსპერიმენტული კვლევის პროცესში, თერმოწყვილებიდან მიღებული ციფრული მონაცემების, DT-85 „დატათიქერის“ მიერ დამუშავების შედეგად მიღებული წვის პროდუქტების ტემპერატურის ცვალებადობის მრუდები. გვირგვინის ერთიან სახანძრო უსაფრთხოების სისტემაში ინტეგრირებულია „მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები“ და იმყოფებიან აქტიურ მდგომარეობაში, შედეგად გადაფარულია ხანძრის კერიდან გვირგვინის ორივე მხარეს გვირგვინის პერიმეტრის 50%. ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა განისაზღვრა 60 წმ-ით, მონაცემების მიღება ხდებოდა ხანძრის ინიცირებიდან ყოველი 5 წმ ინტერვალით. გვირგვინის მოდელზე განვითარებული ხანძრის სიმძლავრე შეესაბამებოდა ნატურალური ზომების გვირგვინში 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძარს, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე 0,316 მ/წმ, რაც ნატურალური ზომების გვირგვინში 2,0 მ/წმ შესაბამისია.

1,49 კვტ (ნატურალური ზომების გვირგვინში 15 მგვტ შესაბამისი). ამასთან ერთად, გვირგვინის ერთიანი სახანძრო უსაფრთხოების მართვის სისტემაში ინტეგრირებულია და გააქტიურებულია მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები, შესაბამისად

ხანძრის კერიდან გვირახის მოდელის ორივე მხარეზე 0,75 მ (ნატურალური ზომების გვირახში 30 მ) მანძილზე გადაფარულია გვირახის განივი კვეთის 50%, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე $u_m = 0,316$ მ/წმ (ნატურალური ზომების გვირახში 2,0 მ/წმ), ნახ. 25 -ზე წარმოდგენილი გრაფიკიდან ნათლად ჩანს, რომ ტრანსფორმირებადი სისტემებით ხანძრის კერის 50%-იანი გადაფარვისას, შიგა სივრცეში ჰაერის ტემპერატურის ნაზარდი $\Delta T = 485$ °C, რაც მნიშვნელოვნად მცირეა ვიდრე ნახ. 23 -ზე მიღებული შედეგისა, სადაც $\Delta T = 876$ °C, აღნიშნულ სივრცეში ნამწვი პროდუქტების ტემპერატურის შემცირება გამოიწვია სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის მნიშვნელოვანმა ზრდამ ნახ. 23 -ზე აღწერილ შემთხვევასთან შედარებით. 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის ნიშნულზე შედარებით მაღალი ტემპერატურის გავრცელება გააქტიურებული მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით გვირახის განივკვეთის გადაფარვის არედან გვირახის დანარჩენ სივრცეში არ აღინიშნება.

დასკვნა

ჰორიზონტალურ საავტომობილო გვირახებში, რომლებიც აღჭურვილი არიან ჰაერის ნახევრად განივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემებით, 100 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის განვითარების შემთხვევაში, ხანძრის კერიდან გვირახის ორივე მხარეზე სახანძრო და სავენტილაციო ფანჯრებიდან 4 მ-ის დაშორებით მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების საშუალებით გვირახის სავალი ნაწილის განივი კვეთის 50% - იანი გადაფარვით, ამასთან ერთად, სახანძრო ფანჯრებში ჰაერის დამატებით ჰაერის ინტენსიური გაწოვით შესაძლებელია შევაფერხოთ წვის პროდუქტების (დამაზიანებელი ფაქტორების) უკონტროლო გავრცელება გვირახის სავალი ნაწილის გასწვრივ სავაკუაციო მიმართულებით.

აღსანიშნავია, რომ გააქტიურებული ტრანსფორმირებადი სისტემებით შემოსაზღვრული ხანძრის ლოკალიზაციის უბნის ფარგლებში ხდება ყველა დამაზიანებელი ფაქტორის ზღვრული მაჩვენებლების სწრაფი ზრდა, რაც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული გვირახის მომსახურე ოპერატორის მიერ უბედურების ზონაში მოქცეული ადამიანების ევაკუაციასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებების მიღების დროს.

3 % და მეტი დახრილობის მქონე საავტომობილო გვირახებში, რომლებიც აღჭურვილნი არიან ჰაერის გრძივი მიწოდების სავენტილაციო სისტემებით, ინიცირებული და განვითარებული, 5 – 10 – 30 – 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების რიცხვითი მოდელირების შედეგად დადგინდა, რომ სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის დადმავალ მიმართულებაზე, კვამლისა და სხვა წვის პროდუქტების ნარევის სიმკვრივე მცირდება, რაც გამოწვეულია ხანძრის კერაზე ფორმირებული საკმაოდ მაღალი ტემპერატურით, რომელიც 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის შემთხვევაში 610 °C უტოლდება. მაშასადამე, ასეთი ხანძრის პირობებში ფორმირებული წნევა, დადგენილი კლასიფიკაციის მეთოდის მიხედვით, უტოლდება 71 კპა, რაც თითქმის ორჯერ აღემატება მოდელირებისას გამოყენებული სავენტილაციო დანადგარების მიერ შექმნილ წნევას, შედეგად შეიძლება ითქვას, რომ 3% და მეტი დახრილობის

გვირაბებში, გრძივი ვენტილაციის დადებითი ნაკადების შემთხვევაში ძლიერი ხანძრების განვითარებისას, სავენტილაციო დანადგარების მიერ შექმნილი წვის ძალები ვეღარ ახდენენ გავლენას ხანძრის შედეგად ფორმირებულ პროცესებზე, რაც საბოლოოდ იწვევს სავენტილაციო სისტემის გადაყირავებას, ეს უკანასკნელი კი გამოიხატება გვირაბის ორივე პორტალიდან კვამლის ინტენსიური გამოდინებით.

ჰორიზონტალურ საავტომობილო გვირაბებში, სადაც სხვადასხვა მიზეზებით ინიცირებული და განვითარებული 5 -10 -15 – 30 - 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის ინიცირებისას გარკვეული მიზეზების გამო, მწყობრიდან გამოვიდა ჰაერის გრძივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემა (დადგა ყველაზე გაუარესებული ვითარება), რიცხვითი ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა, რომ, როდესაც მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემით გადაფარულია 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის კერის ორივე მხარეზე 50 მ-ით დაშორებით გვირაბის განვი კვეთის 50%, 60 °C კრიტიკული ტემპერატურის იზოთერმა ხანძრის ინიცირებიდან 180 წმ-ის შემდეგ, ვრცელდება გვირაბის ორივე მხარეს 75 მ მანძილზე, ამ დროს გავრცელების სიმაღლეა 2,5 მ (ადამიანის სიმაღლეზე უფრო მაღლა), რაც მნიშვნელოვანი შედეგია. აღნიშნული სისტემის არ გამოყენების შემთხვევაში კი იზოთერმის გავრცელების სიმაღლე 0,5 მ-ია, ეს, კი ადამიანის სუნთქვისათვის საშიში პირობაა.

ანალოგიური შედეგებია ნახშირბადის მონოქსიდის 200 მგ/მ³ კონცენტრაციის გვირაბში გავრცელებასთან დაკავშირებით, აღნიშნული სისტემის გამოყენებით იზრდება მისი გავრცელების სიმაღლე, განსაკუთრებული ეფექტი გვაქვს 5 და 10 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების შემთხვევაში. კერძოდ, გავრცელების სიმაღლე 10 მგვტ ხანძრის შემთხვევაში იზრდება 2,5 მ-მდე. მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემის გამოყენების შედეგად კვამლის გავრცელების სიჩქარე მცირდება 18-20 %-ით. ნახშირბადის მონოქსიდის გავრცელების სიჩქარე - 20-25 %-ით. ამავე დროს აღნიშნული სისტემით გვირაბის განვი კვეთის 50%-იანი გადაფარვა გამოიციხავს ნახშირბადის მონოქსიდის აფეთქების შესაძლებლობას 40 მგვტ - მდე სიმძლავრის ხანძრების შემთხვევაში, რადგან ამ დროს აღნიშნული აირის საშიში კონცენტრაცია რიცხვითი მოდელირების შედეგების მიხედვით არ ფიქსირდება.

ჰორიზონტალურ და 10; 20; 30; 40....60 დახრილ საავტომობილო გვირაბის 1 : 40 მასშტაბის ფიზიკურ მოდელზე, სადაც ფუნქციონირებს ჰაერის გრძივი მიწოდებისა და განაწილების სავენტილაციო სისტემა 5 – 10 – 15 მგვტ სიმძლავრის ინიცირებული და განვითარებული ხანძრების დამოდულებისას განხორციელებული ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა:

- შესაბამისი გეომეტრიის საავტომობილო გვირაბში, 15 მგვტ სიმძლავრის განვითარებული ხანძრის დამოდულებისას, როდესაც გვირაბის დახრის კუთხე შეადგენს 5,70, ანუ 10 %, სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე არ აღემატება $u_c = 2,3$ მ/წმ, გვირაბის 00 დახრილობის შემთხვევაში კი $u_c = 1,53$ მ/წმ.

- ნატურალური ზომების გვირაბში განვითარებული 5 – 10 - 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისას, როდესაც გვირაბის დახრილობა იცვლება 10-60-ის დიაპაზონში

უგანზომილებო გრადიენტ-ფაქტორის კოეფიციენტის ცვალებადობა წრფივია და განისაზღვრება 1,24 - 1,44-ის ფარგლებით.

- ჰორიზონტალურ საავტომობილო გვირაბებში, 5 – 10 - 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების განვითარებისას, იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც არ არის დაცული სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის პირობა ნამწვი პროდუქტების უკუდინების გამოსარიცხად, მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების გამოყენება გამორიცხავს ხანძრის დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელებას საევაკუაციო მიმართულებით, ხოლო იმ შემთხვევაში, როდესაც სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე აღემატება ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის მნიშვნელობას და მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემებით ხანძრის კერიდან ორივე მხარეზე 30 მ-ს დაშორებით გადაფარულია გვირაბის პერიმეტრის 50 % ზედა ნაწილში, გვირაბის ორივე მხარეზე ნამწვი პროდუქტების გავრცელება არ აღინიშნება.

შედეგად შეიძლება აღინიშნოს, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების დანერგვა გვირაბის სახანძრო უსაფრთხოების ერთიან სისტემაში, როგორც პასიური უსაფრთხოების სისტემა, ხანძრის პირობებში გააქტიურებისას მნიშვნელოვნად შეზღუდავს გვირაბში კვამლისა და ნამწვი პროდუქტების გავრცელებას, რაც დადებითად აისახება საევაკუაციო დროის გახანგრძლივებაზე, ეს კი მეტი სიცოცხლის გადარჩენის ტოლფასია.

გამოყენებული ლიტერატურა

- Atkinson, G., & Wu, Y. (1996). Smoke Control in Sloping Tunnels. *Fire Safety Journal.*, pp. 335-341. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379711296000616>
- Beard, A., & Carvel, R. (2015). *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. © 2012 ICE Publishing. Doi: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/htfs.41530>
- Carvel, R., Beard, A., & Jowitt, P. (2005). Fire spread between vehicles in tunnels: Effects of tunnel size, longitudinal ventilation and vehicle spacing. *Fire Technology*, 41 (4), pp. 271-304. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-005-4050-y>
- Chow, W., Gao, Y., Zhao, J., Dang, J., Chow, C., & Miao, L. (2015). Smoke movement in tilted tunnel fires with longitudinal ventilation. *Fire Safety Journal.*, PP. 12-24. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379711215000533>
- Comity technique 5 Tunnels routers / Technical Committee 5 Road Tunnels. (1999). *Fire and Smoke Control in Road Tunnels*. PIARC Ref.: 05.05.BEN. Retrieved from <https://www.piarc.org/en/order-library/3854-en-Fire%20and%20Smoke%20Control%20in%20Road%20Tunnels>
- Danziger, N., & Kennedy, W. (1982). Longitudinal Ventilation Analysis for the Glenwood Canyon Tunnels. *Proceedings of the Fourth International Symposium Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels*. (pp. pp. 169–186). York, England.: Scientific Research Publishing.
- de Groot, S., & Mazur, R. (2013). *Non-equilibrium thermodynamics*. Dover Publications Inc.

- Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee (2001). Report of The ad Hoc Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels on Its Fifth Session. United Nations, Economic and Social Council. Retrieved from <https://unece.org/DAM/trans/doc/2001/sc1/TRANS-SC1-2001-12e.pdf>
- Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee (2002). Report of The ad Hoc Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels on Its Fifth Session. United Nations, Economic and Social Council. Retrieved from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2002/ac7/TRANS-AC7-11e.pdf>
- Gannouni, S., & Maad, R. (2015). Numerical study of the effect of blockage on critical velocity and backlayering length in longitudinally ventilated tunnel fires. *Tunnelling and Underground Space Technology* 48, pp. 147-155.
Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.tust.2015.03.003](https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.03.003).
- Heselden, A. (1976). Studies of fire and smoke behaviour relevant to tunnels. Building Research Establishment, Fire Research Station, Borehamwood. Retrieved from <https://www.worldcat.org/title/studies-of-fire-and-smoke-behaviour-relevant-to-tunnels/oclc/6048884>
- Hinkley, P. (1970). The Flow of Hot Gases Along an Enclosed Shopping Mall a Tentative Theory. Fire Safety Science Digital Archive, Fire Research Notes 807. Retrieved from <https://publications.iafss.org/publications/frn/807/-1>
- Hwang, C., & Edwards, J. (2004). The critical ventilation velocity in tunnel fires a computer simulation. *Fire Safety Journal* 40 (3), pp. 213-244. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.firesaf.2004.11.001](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2004.11.001)
- Ilias, N., Lanchava, O., & Nozadze, G. (2016). Numerical Modelling of First for Road Tunnels with Longitudinal Ventilacion System. International Multidisciplinary Symposium "Universitaria Simpro 2016". (pp. pp 77-80). Petrosani: Quality-Access to Success, 18 (S1). https://www.srac.ro/calitatea/en/arhiva_supplements.html#2017
- Ilias, N., Lanchava, O., & Nozadze, G. (2020). Numerical simulation of air flow in short metro ventilation shafts caused by a piston effect. *MATEC Web of Conferences* 305, 00050
- Ilias, N., Lanchava, O., Nozadze, G., & Tsanova, D. (2021). Study of propagation of harmful factors of fire in short road tunnels with different inclinations. 9th edition of the International Multidisciplinary Symposium "UNIVERSITARIA SIMPRO 2021". (p. 9). *MATEC Web of Conferences* 342, 03023.
Doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134203023>
- Ingason, H., & Li, Y. (2011). Model scale tunnel fire tests with point extraction ventilation. *Journal of Fire Protection Engineering*, Volume 21.
Doi: [HTTPS://doi.org/10.1177/1042391510394242](https://doi.org/10.1177/1042391510394242)
- Jiang, X., Zhang, H., & Jing, A. (2018). Effect of blockage ratio on critical velocity in tunnel model fire tests. *Tunnelling and Underground Space Technology* 82, pp. 584-591. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.09.001>

- Khieu, H. T., Lee, Y., Kim, J., & Ryou, H. (2020). Numerical Study of the Effects of the Jet Fan Speed, Heat Release Rate and Aspect Ratio on Smoke Movement in Tunnel Fires. *Energies* 2020, 13(5), pp. 1206. Doi: [HTTPS://doi.org/10.3390/en13051206](https://doi.org/10.3390/en13051206)
- Khokerashvili, Z., Tsanova., Machavariani, N. (2022). Propagation of Carbon Monoxide in Road Tunnels in Case of Fire by Considering the Critical Velocity, Backlayering and Gradient Factor. *GEORGIAN SCIENTISTS*, 4(5), pp. 334–336. Doi: [HTTPS://doi.org/10.52340/gS.2022.04.05.36](https://doi.org/10.52340/gS.2022.04.05.36)
- Ko, Y., & Hadjisophocleous, G. V. (2013). Study of smoke backlayering during suppression in tunnels. *Fire safety journal.*, pp. 240-247. Retrieved from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900433122>
- Kong, J., Xu, Z., You, W., Wang, B., Liang, Y., & Chen, T. (2021). Study of smoke backlayering length with different longitudinal fire locations in inclined tunnels under natural ventilation. *Tunnelling and Underground Space Technology* 107, 103663. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103663](https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103663)
- Kuzin, V., Velichko, A., & Khokhotva, N. (2018). Edinaia metodika prognozirovania temperaturnykh uslovii v ugol'nykh shakhtakh: pp. 196.
- Lanchava, O. Kunchulia, T., Khokerashvili, Z., Arudashvili, N., Tsanova, D. (2022). Determination of Non-Stationary Heat and Mass Transfer Coefficients in Tunnels. *BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES*, vol. 16, no. 2, pp. 33-39. Retrieved from <http://science.org.ge/bnas/vol-16-2.html>
- Lanchava, O., Makharadze, L., Nozadze, G., Jangidze M., Javakhishvili, G., Kunchulia T., Khokerashvili Z., Arudashvili N., Tsanova, D., & Sebiskveradze S. (2022). Saving lives in a road tunnel using transformable elements restricting the propagation of fire products. *GEORGIAN SCIENTISTS*, 4(2), pp. 1-29. Doi: [HTTPS://doi.org/10.52340/gS.2022.04.02.01](https://doi.org/10.52340/gS.2022.04.02.01)
- Lanchava, O. (1982). *Journal of Mining Science* 1(6), pp. 87-92.
- Lanchava, O. (1982). Heat and mass exchange in permanent mine workings. *Soviet Mining* 18 (6), pp. 529-532.
- Lanchava, O. (1985). *Journal of Mining Science* 1(5), pp. 99-104.
- Lanchava, O. (1986). Heat and mass exchange in newly driven mine workings. *Soviet Mining Sci. (English Transl.); (United States)* 21 (5), pp. 460-464.
- Lanchava, O., Ilias, N., Andras, I., Moraru, R., & Neag, I. (2007). On the Ventilation of Transport Tunnels in the Presence of a Strong (Heavy) Fire. *Annals of the University of Petrosani*, 9, pp. 219-227.
- Lanchava, O., Nozadze, G., Bochorishvili, N., Lebanidze, Z., Arudashvili, N., Jangidze, M., & Tsikarishvili, K. (2014). Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels. *Materials of International Conference “Transport Bridge Europe-Asia”*. (pp. pp. 29-34.). Tbilisi: Materials of International Conference “Transport Bridge Europe-Asia”.
- Lanchava, O. (2020). Analysis of Critical Air Velocity for Tunnel Fires Controlled by Ventilation. *Georgian Scientists* 2(2), pp.1-16.

- Lanchava, O., Nozadze, G., & Arudashvili, N. (2015). ANALIZE OF FATAL FIRES IN TRANSPORT TUNNELS AND MEASURES OF ITS PREVENTING. Mining Journal N 2, 85-89.
- Lanchava, O., Abashidze, G., & Tsverava, D. (2017). Securing fire safety for underground structures. Quality-Access to Success 18, S1, pp. 63-66.
- Lanchava, O., & Ilias, N. (2017). Some issues of thermal calculation of ventilation air for the metro. Journal of Engineering Sciences and Innovation 2 (2), pp. 92-105. Retrieved from <https://iesi.astr.ro/wp-content/uploads/2018/07/30.pdf>
- Lanchava, O., Ilias, N., Nozadze, G., Radu, S.M., Moraru, R.I. & Khokerashvili, Z. (2017). The impact of the piston effect on the technological characteristics of ventilation in the subway tunnels. Proceedings of 8th International Symposium "Occupational Health and Safety" SESAM, 2, pp. 342-352.
- Lanchava, O., & Ilias, N. (2018). Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow in subway. Technical Sciences 3 (1), pp. 69-84.
- Lanchava, O., Ilias, N., Nozadze, G., & Radu, S. M. (2019). Heat and hygroscopic mass exchange modelling for safety management in tunnels of metro. Quality Access to Success 20, S1., pp. 27-33.
- Lanchava, O., Ilias, N., Nozadze, G., Radu, S.M., Moraru R.I., & Khokerashvili, Z. (2019). MODELLING THE PISTON EFFECT IN SUBWAY TUNNELS USING FIRE DYNAMICS SIMULATOR. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ) 18 (4).
- Lanchava, O., & Ilias, N. (2020). Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire. MATEC Web of Conferences 305, 00023.
- Lanchava, O. (2020). THE NEW CRITERION OF SIMILARITY THERMO-AERODYNAMICS OF UNDERGROUND BUILDINGS, GEORGIAN SCIENTISTS: Vol. 2 No. 2.
- Lanchava, O., & Ilias, N. (2020). Calculation of railway tunnels ventilation. Journal of Engineering Sciences and Innovation 5 (1), 69-86.
- Lanchava, O. (2021). Analysis of Critical Air Velocity for Tunnel Fires Controlled by Ventilation. Georgian Scientists 2 (4), pp 126-132.
- Lanchava, O., Ilias, N., Radu, S.M., Nozadze, G., Tsanava, D. (2021). Analysis of the use of transformable elements in intelligent tunnel ventilation systems. 10th International Symposium on Occupational Health and Safety (SESAM 2021). Petrosani, Romania: MATEC Web of Conferences 354, 00020.
Doi: [HTTPS://doi.org/10.1051/mateconf/202235400020](https://doi.org/10.1051/mateconf/202235400020)
- Lanchava, O., Ilias, N., Radu, S., Jangidze, M., & Khokerasvili, Z. (2021). Fire development study on physical models of transport tunnels. 9th edition of the International Multidisciplinary Symposium "UNIVERSITARIA SIMPRO 2021". Petroșani: MATEC Web of Conferences 342, 03020. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1051/mateconf/202134203020](https://doi.org/10.1051/mateconf/202134203020)
- 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), pp. 38-45.
- Lanchava, O. (2021). THE AERODYNAMIC CALCULATION OF RAILROAD TUNNELS LINE OF MARABDA-AKHALQALAQI, GEORGIAN SCIENTISTS: Vol. 3 No. 2.

- Lanchava, O., & Javakhishvili, G. (2022). Fire effect on tunnel ventilation according to numerical modelling results. *Georgian Scientists* 4 (5), pp. 337-354.
- Lanchava, O., Ilias, N., Radu, S., Nozadze, G., & Jangidze, M. (2022). Preventing The Spread of Combustible Products in Tunnels by Implementing a Divisible System. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)* 21 (4), pp. 627-635.
- Lanchava, O., Nozadze, G., Tsanova, D. (2022.). FDS Modelling Results for 50-100 MW Fires in Terms of Semi-Transverse Ventilation in Road Tunnels. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*. T.16, N4, pp. 115-122.
- Lanchava, O. (2022). Life-saving problems during fire in road tunnels, *GEORGIAN SCIENTISTS: Vol. 4 No. 5*.
- Lanchava, O., Ilias, N., Radu, S.M., Nozadze, G., & Tsanova D. (2022). Analysis of the use of transformable elements in intelligent tunnel ventilation systems. *MATEC Web of Conferences* 354, 00020.
- Lee, S., & Ryou, H. (2005). An experimental study of the effect of the aspect ratio on the critical velocity in longitudinal ventilation tunnel fires. *Journal of Fire Sciences* 23 (2), pp. 119-138. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1177/0734904105044630](https://doi.org/10.1177/0734904105044630)
- Lee, S., & Ryou, H. (2006). A numerical study on smoke movement in longitudinal ventilation tunnel fires for different aspect ratio. *Building and Environment* 41 (6), pp. 719-725. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.03.010](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.03.010)
- Li, J., Li, Y., Cheng, C., & Chow, W. (2019). A study on the effects of the slope on the critical velocity for longitudinal ventilation in tilted tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 262-267. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.tust.2019.04.01](https://doi.org/10.1016/j.tust.2019.04.01)
- Li, Y., & Ingason, H. (2017). Effect of cross section on critical velocity in longitudinally ventilated tunnel fires. *Fire Safety Journal* 91, pp. 303-311. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.069](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.069)
- Li, Y., & Ingason, H. (2018). Discussions on critical velocity and critical Froude number for smoke control in tunnels with longitudinal ventilation. *Fire Safety Journal*, 22-26. Retrieved from <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1236840&dswid=-3047>
- Li, Y., Ingason, H., & Jiang, L. (2018). Influence of tunnel slope on smoke control. *Safety and Transport Fire Research*. Retrieved from <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1270845/FULLTEXT02>
- Li, Y., Lei, B., & Ingason, H. (2010). Study of critical velocity and backlayering length in longitudinally ventilated tunnel fires. *Fire Safety Journal* 45 (6), pp. 361-370. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.firesaf.2010.07.003](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2010.07.003)
- Li, Y., Lei, B., & Ingason, H. (2013). Theoretical and experimental study of critical velocity for smoke control in a tunnel cross-passage. *Fire Technology* 49 (2), pp. 435-449. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1007/s10694-010-0170-0](https://doi.org/10.1007/s10694-010-0170-0)
- Li, Y., Lei, B., & Ingason, H. (n.d.). Study of critical velocity and backlayering length in longitudinally ventilated tunnel fires. *Fire Safety Journal* 45 (6), pp. 361-370. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.firesaf.2010.07.003](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2010.07.003)

- Liang, H., Pang, L., & Gao, D. (2020). A numerical study on critical ventilation velocity in slope tunnel fire under vehicle blockage. *Civil Engineering Design* 2 (1–2), pp. 12-19. Doi: [HTTPS:// doi.org/10.1002/cend.201900009](https://doi.org/10.1002/cend.201900009)
- Liu, C., Zhong, M., Song, S., Xia, F., Tian, X., Yang, Y., & Long, Z. (2020). Experimental and numerical study on critical ventilation velocity for confining fire smoke in metro connected tunnel. *Tunnelling and Underground Space Technology* 97, 103296. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103296](https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103296)
- Lou, B., Rifu, Q., Hu, E., Jiyun, Q., & Zhenwen, H. (2020). Influence of tunnel curvature on smoke spread in a tunnel fire. *Journal of the Chinese Institute of Engineers* 43 (4), pp. 386-396. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1080/02533839.2020.1719897](https://doi.org/10.1080/02533839.2020.1719897)
- Meng, N., Hu, X., & Tian, M. (2020). Effect of blockage on critical ventilation velocity in longitudinally ventilated tunnel fires. *Tunnelling and Underground Space Technology* 106, 103580. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103580](https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103580)
- National Fire Protection Association, NFPA 502. (2014). Standard for road tunnels, bridges, and other limited access highways. National Fire Protection Association NFPA. Retrieved from <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=502>
- National Fire Protection Association, NFPA 502. (2011). Standard for road tunnels, bridges, and other limited access highways. National Fire Protection Association, NFPA. Retrieved from <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=502>
- Oka, Y., & Atkinson, G. (1955). Control of smoke flow in tunnel fires. *Fire Safety Journal* 25 (4), pp. 305-322. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1016/0379-7112\(96\)00007-0](https://doi.org/10.1016/0379-7112(96)00007-0)
- Oniani, S., & Lanchava, O. (2020). Hygroscopic potential of mass transfer in rock massif. *GEORGIAN SCIENTISTS* 2 (2).
- Onsager, L. (1931). Reciprocal Relations in Irreversible Processes. *Physical Review* 37, pp. 405-426. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1103/PhysRev.37.405](https://doi.org/10.1103/PhysRev.37.405)
- Patil, P., Kumbarwadi, N., & Momoniat, E. (2018). Influence of chemically reactive species and a volumetric heat source or sink on mixed convection over an exponentially decreasing mainstream. *Heat Transfer- Asian Res.* 47 (1), pp. 111-125. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1002/htj.21294](https://doi.org/10.1002/htj.21294)
- Peng, M., Shi, L., He, K., Yang, H., Cong, W., Cheng, X., & Richard, Y. (2020). Experimental study on fire plume characteristics in a subway carriage with doors. *Fire Technology*, 56 (2), pp. 401–423. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1007/s10694-019-00882-0](https://doi.org/10.1007/s10694-019-00882-0)
- Savalanpour, H., Farhanieh, B., & Afshin, H. (2019). Numerical simulation to investigate the induced buoyant flow characteristics caused by intensive heat in complex curvilinear geometries. *Heat Transfer- Asian Res.* 48 (3), pp. 835- 853. Doi: [HTTPS://doi.org/10.1002/htj.21408](https://doi.org/10.1002/htj.21408)
- Savalanpour, H., Farhanieh, B., & Afshin, H. (2021). Proposing a general formula to calculate the critical velocities in tunnels with different cross-sectional shapes. *Tunnelling and Underground Space Technology*. Retrieved from

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0886779820307525>
- Shafee, S., & Yozgatligil, A. (2018). An analysis of tunnel fire characteristics under the effects of vehicular blockage and tunnel inclination. *Tunnelling and Underground Space Technology* 79, pp.274-285. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/j.tust.2018.05.019](https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.05.019)
- Tang, F., Lianjian, L., Wenkang, C., Changfa, T., & Zhi, Z. (2017). Studies on ceiling maximum thermal smoke temperature and longitudinal decay in a tunnel fire with different transverse gas burner locations. *Applied Thermal Engineering*, pp. 1674-1681. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/journal/applied-thermal-engineering/vol/110?page=2>
- Tang, Z., Liu, Y., Yuan, J., & Fang, Z. (n.d.). Study of the critical velocity in tunnels with longitudinal ventilation and spray systems. *Fire Safety Journal* 90, pp. 139-147. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.001](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.001)
- The European Parliament and The Council of The European Union, D. 2. (2004). on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network. Official Journal of the European Communities. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32004L0054>
- Thomas, P. (1958). The movement of buoyant fluid against a stream and the venting of underground fires. *Fire Research Notes*. Retrieved from https://publications.iafss.org/publications/frn/351/-1/view/frn_351.pdf
- Tian, X., Liu, C., & Zhong, M. (2021). Numerical and experimental study on the effects of a ceiling beam on the critical velocity of a tunnel fire based on virtual fire source. *International Journal of Thermal Sciences* 159. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2020.106635](https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2020.106635)
- Tilley, N., Rauwoens, P., & Merci, B. (2011). Verification of the accuracy of CFD simulations in small-scale tunnel and atrium fire configurations. *Fire Safety Journal* 46 (4), pp. 186-193. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/j.firesaf.2011.01.007](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2011.01.007)
- Vaitkevicius, A., & Carvel, R. (2015). Investigating the Throttling Effect in Tunnel Fires. *Fire Technology*, Volume 58., pp 1619–1628. Doi: [HTTps://doi.org/10.1007/s10694-015-0512-z](https://doi.org/10.1007/s10694-015-0512-z)
- Wang, F., & Wang, M. (2016). A computational study on effects of fire location on smoke movement in a road tunnel. *Tunnelling and Underground Space Technology* 51., pp. 405-413. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/j.tust.2015.09.008](https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.09.008)
- Wang, F., Wang, M., Carvel, R., & Wang, Y. (2017). Numerical study on fire smoke movement and control in curved road tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology* 67., PP. 1-7. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/j.tust.2017.04.015](https://doi.org/10.1016/j.tust.2017.04.015)
- Weng, M., Lu, X., Liu, F., Shi, X., & Yu, L. (2015). Prediction of back layering length and critical velocity in metro tunnel fires. *Tunnelling and Underground Space Technology* 47, pp. 64-72. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/j.tust.2014.12.010](https://doi.org/10.1016/j.tust.2014.12.010)
- Wu, Y., & Bakar, M. (2000). Control of smoke flow in tunnel fires using longitudinal ventilation systems – a study of the critical velocity. *Fire Safety Journal*. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/S0379-7112\(00\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S0379-7112(00)00031-X)

- Zhang, X., Lin, Y., Shi, C., & Zhang, J. (2021). Experimental investigation on the smoke back-layering length in a branched tunnel fire considering different longitudinal ventilations and fire locations. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28. Doi: [HTTps://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101497](https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101497)
- კუნჭულია, თ., ხოკერაშვილი, ზ., არუდაშვილი, ნ., & ლანჩავა, ზ. (2020). სავენტილაციო ნაკადების დინამიკისა და გვირაბების გეომეტრიის გავლენის შეფასება სავაკუაციო პერიოდზე საავტომობილო გვირაბის მოდელებზე, დამოძღვრული ხანძრების შემთხვევაში. მე-6 საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „სამთო საქმისა და გეოლოგიის განვითარება ეკონომიკის აღორძინების წინაპირობაა“. თბილისი: ასოციაცია მეცნიერებისათვის. მოპოვებული <https://journals.4science.ge/index.php/GS/article/download/227/245/562->
- ლანჩავა, თ., მახარაძე, ლ., ნოზაძე, გ., ჯანგიძე, მ., ჯავახიშვილი, გ., კუნჭულია, თ., . . . სებისკვერაძე, ს. (2022). სიცოცხლის გადარჩენა საავტომობილო გვირაბში ხანძრის პროდუქტების გავრცელების შემზღუდავი ტრანსფორმირებადი ელემენტების გამოყენებით. ქართველი მეცნიერები, 4, გვ. 1-29. Doi: [HTTps://doi.org/10.52340/gs.2022.04.02.01](https://doi.org/10.52340/gs.2022.04.02.01)
- ლანჩავა, თ., მახარაძე, ლ., ნოზაძე, გ., ჯანგიძე, მ., ჯავახიშვილი, გ., კუნჭულია, თ., ხოკერაშვილი, ზ., არუდაშვილი, ნ., ცანავა, დ., სებისკვერაძე, ს. (2022). სიცოცხლის გადარჩენა საავტომობილო გვირაბში ხანძრის პროდუქტების გავრცელების შემზღუდავი ტრანსფორმირებადი ელემენტების გამოყენებით. ქართველი მეცნიერები. 4(2), გვ. 1-29. Doi: [HTTps://doi.org/10.52340/gs.2022.04.02.01](https://doi.org/10.52340/gs.2022.04.02.01)
- ლანჩავა, თ., ნოზაძე, გ., არუდაშვილი, ნ., & ხოკერაშვილი, ზ. (2017). სითბური ფაქტორის მიხედვით თბილისის მეტროს სავენტილაციო ჰაერის განგარიშება. სამთო ჟურნალი, 1(38), გვ. 92-95.
- ცანავა, დ. (2023). მოდელურ გვირაბში ხანძრის განვითარების სცენარების ანალიზი სიცოცხლის გადარჩენის მიზნით რეალურ მიწისქვეშა სივრცეში. ქართველი მეცნიერები, 5(1), გვ. 289-302. Doi: <https://doi.org/10.52340/gs.2023.05.01.25>
- ხოკერაშვილი, ზ., & ცანავა, დ. (2022). ხანძრის ფიზიკური მოდელირების შედეგები საავტომობილო გვირაბებისათვის. ქართველი მეცნიერები, 4, გვ. 30- 45. Doi: [HTTps://doi.org/10.52340/gs.2022.04.02.02](https://doi.org/10.52340/gs.2022.04.02.02)
- ხოკერაშვილი, ზ., მაჭავარიანი, ნ., არუდაშვილი, ნ., ცანავა, დ. (2022). ტრანსფორმირებადი ელემენტებით აღჭურვილ საავტომობილო გვირაბში ხანძრის განვითარების ანალიზი რიცხვითი მოდელირების მეთოდით. ქართველი მეცნიერები. 4(5), გვ. 359-362. Doi: [HTTps://doi.org/10.52340/gs.2022.04.05.39](https://doi.org/10.52340/gs.2022.04.05.39)