

ტრანსფორმირებადი ელემენტებით აღჭურვილ საავტომობილო გვირაბში ხანძრის განვითარების ანალიზი რიცხვითი მოდელირების მეთოდით

ასოც. პროფ. ზაზა ხოკერაშვილი*, პროფ. ნანა მაჭავარიანი*, ასოც. პროფ. ნინო არუდაშვილი*
დოქტორანტი დავით ცანავა*

* შრომის დაცვისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

როგორც ცნობილია, საავტომობილო ტრანსპორტის გვირაბებში ინიცირებული და განვითარებული ძლიერი ხანძრებისას, სადაც გრძივი სავენტილაციო სისტემები გამართულად ფუნქციონირებენ, დგება ისეთი მომენტი, როდესაც მექანიკური ვენტილაციით აღძრული ჰაერის ნაკადები ვეღარ ახდენენ გავლენას წვის შედეგად ფორმირებულ წვევის ძალებზე და განვითარებულ ნაკადებზე. ამის შედეგად გვირაბის ორივე მხარეზე ჰაერის დაკვამლიანება იმდენად ინტენსიურად მიმდინარეობს, რომ აღნიშნული გარემო ადამიანის სიცოცხლისათვის პრაქტიკულად გამოუსადეგარი ხდება. ხანძრის ასეთი სცენარისას, საგანგებო ვითარებაში აღმოჩენილი ადამიანების გადარჩენის ერთადერთი საშუალება სახიფათო სივრციდან ორგანიზებული და დროული თვითევაკუაციაა [1]. აღნიშნულის წარმატებით განხორციელების განმაპირობებლად თვითევაკუაციის დროის ხანგრძლივობა განიხილება. ბუნებრივია, რომ საევაკუაციო დროის გახანგრძლივება დადებითად აისახება ადამიანების გადარჩენის შესაძლებლობებზე. აღწერილ ვითარებაში, ტრანსფორმირებადი სისტემების მოქნილი ელემენტების (მოქნილი სავენტილაციო ცეცხლგამძლე ბარიერების) ეფექტურად გამოყენება საშუალებას იძლევა, მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს საევაკუაციო დროის გახანგრძლივებაზე.

აღნიშნული სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობის ხარისხის დასადგენად განვახორციელეთ საავტომობილო გვირაბში სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების რიცხვითი მოდელირება FDS პროგრამულ გარემოში სასრული მოცულობების მეთოდის გამოყენებით [2-4], რომელიც უფრო ადრე წარმატებით იქნა გამოყენებული სატრანსპორტო გვირაბებში მოძრავი შემადგენლობის დგუშის ეფექტის შესასწავლად და ვენტილაციის ტექნოლოგიური პარამეტრების დასადგენად. შევირჩიეთ საავტომობილო გვირაბი, რომელშიდაც მოქმედებს სტანდარტული გრძივი სავენტილაციო სისტემა. ამოცანაა გრძივი სექმის პირობებში ნამწვი აირების გავრცელების შეფერხება საევაკუაციო გზაზე. გვირაბის სიგრძე განისაზღვრა 400 მ-ით, განვიკვეთის ფართობი - 42 მ²-ით. მოდელირების ხანგრძლივობა 190 წმ-ით. სასრული მოცულობის კონტურის მინიმალური ზომები - 0,25 X 0,25 X 0,25 მ, ხოლო მაქსიმალური - 0,5

X 0,5 X 0,5 მ. აღნიშნული რიცხვითი მაჩვენებლებით მიღწეული იქნა სასაზღვრო პირობების ეფექტური დაცვა დამოძღვრულ ამოცანებში. ინიცირებული ხანძრის კერა მდებარეობს გვირაბის ცენტრში, იატაკიდან 0,1 მ სიმაღლეზე, რომლის ფართობი მოდელირების სხვადასხვა ამოცანებში განისაზღვრა 10-15 მ²-ით. წვის პროცესის რეაგენტად გამოყენებული იყო მ 27 პოლიურეთანი, მოდელირება განხორციელდა ხანძრის 5, 10, 15, 20, 30, 50 მგვტ სიმძლავრეებისათვის, ორი პირობით: 1. როცა საავტომობილო გვირაბში არ ფუნქციონირებს მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები, 2. როცა საავტომობილო გვირაბში მოქნილი ტრანსფორმირებადი სისტემები აქტივირებულია და გადაკეტილი აქვს გვირაბის განივი კვეთის 50%.

მოდელირების შედეგად გამოიკვეთა იმ მახასიათებლების ცვალებადობა, რომლებიც გავლენას ახდენენ ადამიანების ჯანმრთელობასა და სიცოცხლისუნარიანობაზე და გვირაბის უსაფრთხოებასა და მდგრადობაზე. დადგინდა, რომ მოქნილი სავენტილაციო ცეცხლგამძლე ბარიერების გამოყენების შედეგად შესაძლებელია ნამწვი აირების გავრცელების შეფერხება, რითაც მოსალოდნელია ევაკუაციის ეფექტურობის ამაღლება სიცოცხლის გადასარჩენად.

შესრულებული კვლევების მიხედვით დადგინდა, რომ გვირაბში განვითარებული 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის შემთხვევაში, 180 წმ-ის შემდეგ, 60 °C ტემპერატურის იზოთერმა ხანძრის კერიდან ორივე მხარეზე ვრცელდება 75 მ მანძილზე და „ეშვება“ თითქმის იატაკის დონეზე, გავრცელების ვერტიკალური სიმაღლე ამ შემთხვევაში შეადგენს 0.5 მ იატაკის დონიდან. მოქნილი სავენტილაციო ცეცხლგამძლე ბარიერების მოქმედების შემთხვევაში გავრცელების ვერტიკალური სიმაღლე იატაკიდან 2.5 მ-მდე იზრდება და ტემპერატურული ფაქტორი პრაქტიკულად უსაფრთხო ხდება. ამგვარად, დადგინდა 60 °C კრიტიკული იზოთერმის გავრცელება ხანძრის კერიდან დაშორების მიხედვით გვირაბის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებში.

ტრანსფორმირებადი ელემენტებით გვირაბის გადაფარვის შემთხვევაში, ელემენტებით შემოსაზღვრული გვირაბის მონაკვეთის შიგა სივრცეში, ჰიფსომეტრულად ნულოვანი დონიდან 2 მ სიმაღლემდე დადგენილია ტოქსიკური აირების პირდაპირ პროპორციული ზრდა ხანძრის სიმძლავრის ზრდასთან ერთად. მოხსენებაში წარმოდგენილი იქნება, ვერტიკალურ სიბრტყეში ნახშირბადის მონოქსიდის კრიტიკული კონცენტრაციის (200 მგ/მ³) გავრცელების ხასიათი და ცვალებადობის გრაფიკები მითითებული სიმძლავრის ხანძრებისათვის, რომლებიც გამოსაყენებელი იქნება გვირაბის პერსონალისათვის სიცოცხლის გადარჩენის კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტის დროს. ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ გვირაბის განივი კვეთის 50%-ით გადაფარვის დროს შიგა სივრცეში ნახშირბადის მონოქსიდის ფეთქებადი კონცენტრაცია არ წარმოიშვება.

Acknowledgements

This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF) [Grant number AR-19-1936, Project title “*Development and testing of transformable system to save life in road tunnel in case of fire*”].

References

1. Lanchava O., Abashidze G., Tsverava D. (2017) Securing fire safety for underground structures. Quality-Access to Success **18** (S1), 47-50.
2. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N. (2019) FDS Modelling of the Piston Effect in Subway Tunnels. Environmental Engineering and Management Journal **18** (4), 317-325.
3. Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N. (2017) The impact of the piston effect on the technological characteristics of ventilation in subway tunnels. Proceedings of 8th International Symposium “Occupational Health and Safety”, SESAM, 342-352.
4. 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), 69-84.

Analysis of Fire Development in a Road Tunnel Equipped with Transformable Elements by Using Numerical Modeling Method

Associate Prof. Zaza Khokerashvili*, Prof. Nana Machavariani*, Associate Prof. Nino Arudashvili*
Doctoral Student David Tsanova**

*Labor Safety and Emergency Management Department, *Georgian Technical University, Tbilisi, Kostava Street, 77, Georgia*

As it is known, in case of strong fires initiated and developed in road tunnels with properly functioning longitudinal ventilation systems, at some moment, the air flows induced by mechanical ventilation can no longer affect the traction forces and flows formed as a result of combustion. Consequently, the smoke formation in the air on both sides of the tunnel is so intense that the environment becomes practically unsuitable for human life. In case of such a fire scenario, the only way to save people from the emergency is well-organized and timely self-evacuation from the dangerous environment [1]. The success depends on the duration of self-evacuation. Naturally, the longer the evacuation time is, the more the chances of saving the people are. In this case, the efficient use of flexible elements of transformable systems (flexible ventilation fire-proof barriers) allows significantly prolonging the evacuation time.

In order to evaluate the efficiency of the said systems, we did numerical modeling of fires of different strengths in the motor tunnel with FDS software using the finite volume method [2-4], which was successfully used earlier to study the piston effect of a train in road tunnels and to determine the technological parameters of ventilation. We selected a motor tunnel with a standard longitudinal

ventilation system. Our goal was to delay the propagation of flue gases along the evacuation route under the longitudinal plan. The length of the tunnel was 400 m, and the cross-sectional area was 42 m². Modeling duration was 190 seconds. The minimum dimensions of the contour of the finite volume were 0.25 X 0.25 X 0.25 m, and the maximum dimensions were 0.5 X 0.5 X 0.5 m. Efficient observance of the boundary conditions in the modeled problem was provided by using the given numerical values. The seat of the initiated fire was located in the center of the tunnel, at the height of 0.1 m from the floor, with its area in various modeling problems was 10 to 15 m². M27 polyurethane was used as a combustion process reagent; modeling was provided for 5, 10, 15, 20, 30, 50 MW fires, in two different conditions: 1. when flexible transformable systems are not activated in the motor tunnel, 2. when flexible transformable systems are activated in the motor tunnel covering 50% of the cross section of the tunnel.

Modeling revealed the variability of the characteristics that influence human health and vitality, as well as tunnel safety and sustainability. It was established that the use of flexible ventilation fire-proof barriers can hamper the propagation of flue gases what is expected to increase the effectiveness of evacuation to save lives.

The studies demonstrated that in case of 50 MW fire in the tunnel, after 180 seconds, 60°C temperature isotherm from the seat of fire travels to both sides to a distance of 75 m and "descends" almost to the floor level. The vertical height of propagation is 0.5 m from the floor level. With flexible ventilation fire-proof barriers, the vertical height of propagation increases to 2.5 m from the floor and temperature decreases to a practically safe level. Thus, the propagation of 60°C critical isotherm in the horizontal and vertical planes of the tunnel was calculated depending on the distance from the seat of fire center.

In case of blocking the tunnel with transformable elements, in the inner space of the tunnel section bounded with elements, from a hypsometrically zero level to a height of 2 m, a directly proportional increase in toxic gases with increasing fire strength was established. The report will describe the nature of propagation of critical concentration of carbon monoxide (200 mg/m³) in the vertical plane and the graphs of variation for fires of specified strength, which will be useful for tunnel personnel in solving concrete life-saving problems. The paper demonstrates that when 50% of the tunnel cross-section is covered, no explosive concentration of carbon monoxide is produced in the inner tunnel space.