



საავტომობილო გვირაბში ძლიერი ხანძრის მიერ გამოწვეული საფრთხის ანალიზი

ტექ. მეცნ. დოქტორი ო. ლანჩავა, აკად. დოქტორი გ. ნოზაძე, აკად. დოქტორი ნ. ბოჭორიშვილი, აკად. დოქტორი ზ. ლეზანიძე, დოქტორანტი ნ. არუდაშვილი

ნაშრომი შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის No AR 61/3-102/13 გრანტის ფარგლებში

სტატიაში მოცემულია სატრანსპორტო გვირაბში ძლიერი ხანძრით გამოწვეული საშიშროების შეფასებითი ანალიზი. განხილულია ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ხანძრის პირობებში საევაკუაციო პერიოდის გაანგარიშებაზე. ნაჩვენებია საევაკუაციო პერიოდის დამოკიდებულება ხანძრის სიმძლავრეზე, ლოკალიზაციის სივრცით პარამეტრებზე და მისი განვითარების აღმავალი ფაზის ხანგრძლივობაზე. აღნიშნულია, რომ საევაკუაციო დროის შუალედი პრაქტიკულად ვერ გადააჭარბებს ხანძრის აღმავალი ფაზის ხანგრძლივობას, ამასთან ადგილი ექნება საევაკუაციო პერიოდის შემცირების ტენდენციას ტოქსიკური აირებისა და ატმოსფერული ჰაერის გაბატონებულ ზონებში ტურბულენტური დიფუზიური პროცესების განვითარების გამო.

თანამედროვე სატრანსპორტო მაგისტრალური გზები გამოირჩევიან სატრანსპორტო ნაკადების დიდი ინტენსიურობით. სატრანსპორტო გვირაბების ფარდობითი წილი, მაგისტრალთა საერთო სიგრძესთან შედარებით, განუხრელად მატულობს. გაზრდილი სატრანსპორტო გამტარუნარიანობის უზრუნველსაყოფად, რთული ლანდშაფტის პირობებში, გვირაბების აგების ტენდენცია მომავალშიდაც შენარჩუნდება, რაც დამატებით მოთხოვნებს დააყენებს ტრანსპორტის ნაკადების უსაფრთხოების გაზრდის თვალსაზრისით.

სატრანსპორტო გვირაბების კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო თავისებურებების გამო, ნებისმიერი ავარიული სიტუაცია მკვეთრად მოქმედებს მთელი მაგისტრალის უსაფრთხოებასა და გამტარუნარიანობაზე, ხოლო ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში სახეზე გვაქვს კატასტროფა _ მასშტაბური მატერიალური ზარალი და ადამიანთა მსხვერპლი.



იმისათვის, რომ შევძლოთ გვირაბში ხანძრის შედეგად წარმოქმნილი საგანგებო სიტუაციის შეფასება და მართვა, აუცილებელია დამუშავდეს ხანძრის განვითარების სხვადასხვა შესაძლო ადეკვატური სცენარი მოცემული პირობებისათვის.

გვირაბში ხანძრის განვითარების ფიზიკური მოდელის აუცილებელ კომპონენტებს წარმოადგენს ხანძრის სიმძლავრე, სივრცითი მასშტაბი და ხანგრძლივობა. განვიხილოთ აღნიშნული კომპონენტები მითითებული თანმიმდევრობით.

საავტომობილო გვირაბებში გაჩენილი ხანძრის პოტენციური სიმძლავრე დამოკიდებულია აღმოდებულ ავტომობილთა სახეობასა და რაოდენობაზე. ემპირიული მონაცემები აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებით მოცემულია ცხრილში 1 [1].

ცხრილი 1

სატრანსპორტო გვირაბში ხანძრის დროს გამოყოფილი სიმძლავრე აღმოდებულ მანქანათა რიცხვის მიხედვით

სატრანსპორტო საშუალებათა სახეობა და რაოდენობა	ხანძრის დროს გამოყოფილი სიმძლავრე, მეგავატი (მგვტ)
1 მსუბუქი მანქანა	5
2-3 მსუბუქი მანქანა ან მინიავტობუსი	8_15
1 მცირე სატვირთო მანქანა	15_20
1 ავტობუსი ან სატვირთო მანქანა არასახიფათო ტვირთით	20_30
1 დატვირთული ავტომატარებელი	100
1 ბენზინმზიდი	200_300

ხანძრის კერის სივრცული მასშტაბის დადგენა ხდება გვირაბის გეომეტრიული ზომებით და ხანძრის ლოკალიზაციის პარამეტრებით. ხანძრის კერის სივრცული მასშტაბი შესაძლებელია განისაზღვროს შემდეგი უტოლობიდან გამომდინარე

$$V_F \leq V_T, \quad (1)$$

სადაც $V_F = S_T l_F$ არის ხანძრის მიერ დაკავებული მოცულობა, მ³; $V_T = S_T l_T$ - გვირაბის მოცულობა, მ³; S_T - გვირაბის განიკვეთის ფართობი, მ²; l_T - გვირაბის სიგრძე, მ; l_F - ხანძრის გავრცელების ფარგლების სიგრძე, მ.



ხანძრის ხანგრძლივობა განისაზღვრება მისი განვითარების სცენარით და შედგება 3 ფაზისაგან: ხანძრის აღმავალი ფაზა, პიკური ფაზა და მილევის ფაზა. ხანძრის ხანგრძლივობა განისაზღვრება ფორმულით.

$$T_F = t_{1F} + t_{2F} + t_{3F}, \quad (2)$$

სადაც t_{1F} არის ხანძრის ხანგრძლივობა აღმავალი განვითარების ფაზაში, წმ; t_{2F} - ხანძრის ხანგრძლივობა პიკურ ფაზაში, წმ; t_{3F} - ხანძრის ხანგრძლივობა მილევის ფაზაში, წმ.

აღნიშნული სიდიდეები ძირითადი სამოდულო ტექნიკური პარამეტრებია, რომელთა სარწმუნოდ დადგენაც შეადგენს გვირაბში ხანძრის შედეგად განვითარებული საგანგებო სიტუაციების შეფასებისა და მართვის ერთ-ერთ ძირითად საფუძველს.

ადამიანთა ევაკუაციისათვის საკმარისი დრო შემოფარგლულია ხანძრის განვითარების პირველი ფაზით და განისაზღვრება უტოლობიდან გამომდინარე:

$$t_{EV} \leq t_{1F}. \quad (3)$$

ყოველი სატრანსპორტო გვირაბი ხასიათდება ინდივიდუალური ტექნიკური, გეომეტრიული, ბუნებრივი და ტექნოლოგიური მახასიათებელი პარამეტრებით, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ხანძრის ხანგრძლივობაზე ყველა ფაზაში. გვირაბები, როგორც წესი, აღჭურვილია სხვადასხვა სავენტილაციო სისტემებით, რომლებიც ხანძრის წარმოქმნის დროს განსაკუთრებულ სამუშაო რეჟიმზე უნდა იქნეს გადაყვანილი. სავენტილაციო სისტემის სათანადო რეჟიმის ფუნქციონირების შესაძლებლობის დადგენის მიზნით შეფასებული უნდა იქნეს ხანძრის კერის ფიზიკური პარამეტრები, რომლებიც გავლენას ახდენენ საევაკუაციო პირობებზე. მიზანშეწონილია ეს მოხდეს კლაპირონის განტოლებით [2, 3]

$$P_F V_F = RT_F, \quad (4)$$

სადაც, V_F , P_F , T_F - არის შესაბამისად ხანძრის მიერ დაკავებული მოცულობა, ხანძრის ზონაში განვითარებული წნევა და ტემპერატურა.

აღნიშნული მონაცემების მიხედვით, პირველი მიახლოებით, ხანძრის მიერ გამოწვეული წნევის ნაზარდი, რომელიც აღძრავს სავენტილაციო ნაკადის მამოძრავებელ სათანადო

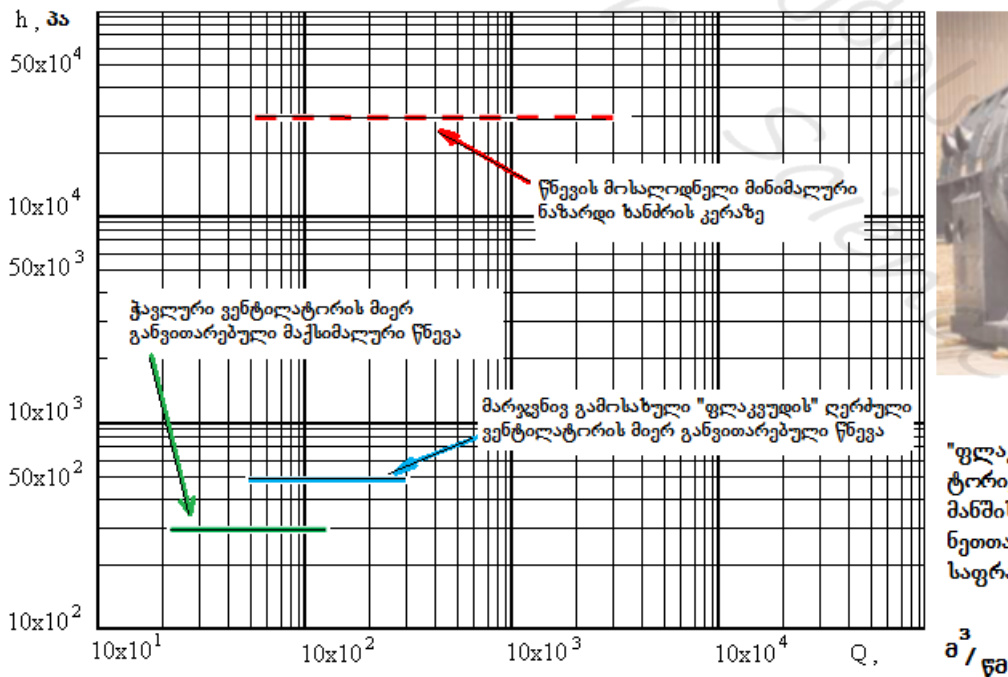
დამატებით წევას, ხანძრის კერასთან შესაძლებელია შევაფასოთ (4) გამოსახულებიდან მიღებული დამოკიდებულებით

$$\Delta P = (\rho - \rho_0)R\Delta T, \quad (5)$$

სადაც, ΔT არის ხანძრით გამოწვეული ტემპერატურის ნაზარდი, სატრანსპორტო გვირაბში ძლიერი ხანძრის დროს, $\Delta T \approx 1200^\circ K$. თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ ხანძრის ზონაში აირთა კუთრი სიმკვრივე ნორმალურ პირობებთან შედარებით დაახლოებით 4-ჯერ ნაკლებია, (5) ფორმულა კიდევ უფრო გამარტივდება და მიიღებს პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის მოსახერ-ხებელ სახეს

$$\Delta P \approx 0,2 - 0,3P_0. \quad (6)$$

(6) ფორმულიდან ჩანს, რომ ძლიერი ხანძრის პირობებში სავენტილაციო სისტემისათვის მოსალოდნელია კოლაფსი ნაკადების ურთიერთსაპირისპირო მიმართულების შემთხვევაში, რადგან ყველაზე მძლავრი ვენტილატორებიც კი $0,2P_0$ სიდიდეზე დაახლოებით ერთი რიგით ნაკლებ წნევას აწვითარებენ. ნახაზზე 1 მოცემულია ხანძრის მიერ აღძრული წნევა და მასთან შედარებულია გვირაბებში გამოყენებული თანამედროვე ჭავლური და ღერძული ვენტილატორების მიერ განვითარებული წნევა.

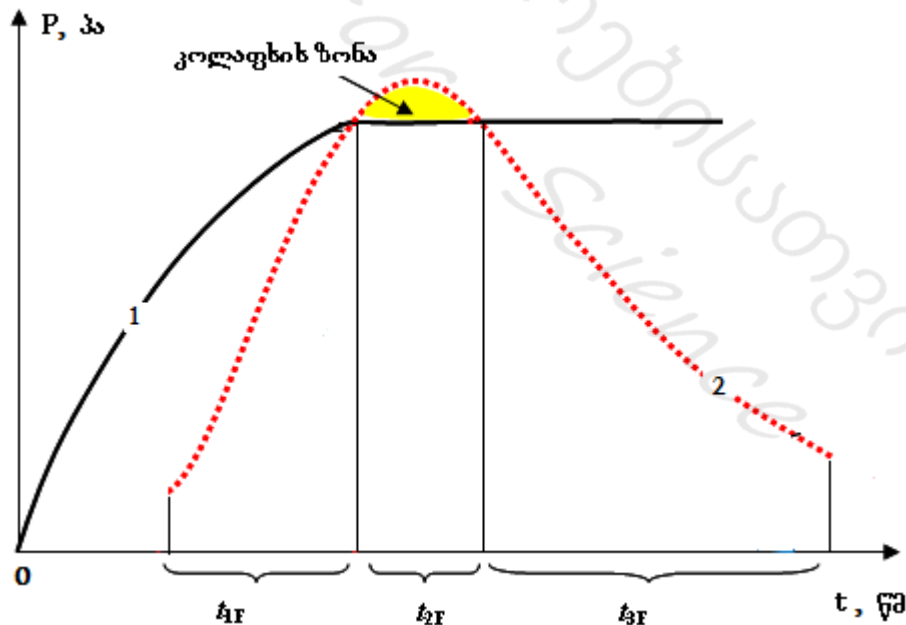


"ფლაკუდის" ღერძული ვენტილატორი, რომლის ანალოგი დგას ლამანშის გვირაბში, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს ინგლისსა და საფრანგეთს.

ნახ. 1 გვირაბში ხანძრის დროს აღძრული და ღერძული (ჭავჭავი) ვენტილატორების მიერ განვითარებული წნევების ცვალებადობა ჰაერის ხარჯის მიხედვით

ვენტილატორის მიერ განვითარებული ნომინალური წნევისა და ხანძრის პროგრესირების სცენარის პრინციპული სქემა სატრანსპორტო გვირაბში წარმოდგენილია ნახაზზე 2, რომელზეც დატანილია კოლაფსის ზონის კონტური. აღსანიშნავია, რომ ჩვენს მიერ დამოძღვებული 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრისათვის, რომლის ტემპერატურა შეადგენს $1300^{\circ} K$ ხანძრის ხანგრძლივობა აღმავალი განვითარების ფაზაში $t_{1F} \approx 7$ წთ; ხანძრის ხანგრძლივობა პიკურ ფაზაში $t_{2F} \approx 5$ წთ; ხანძრის ხანგრძლივობა მიღევის ფაზაში $t_{3F} \approx 15$ წთ.

პროექტ “ევრიკას” მონაცემების მიხედვით კი: 1. ხანძრის თბური სიმძლავრის პიკი მიიღწევა მისი დაწყებიდან 10_20 წთ-ის ფარგლებში; 2. რაც უფრო დიდია სიმძლავრე, მით უფრო გვიან ხდება პიკური მნიშვნელობის დადგომა; 3. პიკური მნიშვნელობის მიღწევის შემდეგ სიმძლავრის ზრდა ხდება წრფივთან მიახლოებული კანონზომიერებით დაახლოებით 4_5 წთ-ის განმავლობაში; 4. ხანძრის მიღევა ხდება წრფივი კანონზომიერებით, 15_25 წთ-ის განმავლობაში [4].





ნახ. 2. ვენტილატორის მიერ განვითარებული ნომინალური წნევისა და ძლიერი ხანძრის პროგრესირების პრინციპული სქემა: 1 - ვენტილატორის მიერ განვითარებული სტატიკური წნევა; 2 - ხანძრის მიერ აღძრული წევა (დინამიკური წნევა)

გაეროს ევროპული ეკონომიკური კომისიის რეკომენდაციებით გვირაბების სავენტილაციო სისტემები გაანგარიშებული უნდა იქნეს 30 მგვტ ხანძრის პირობებში ფუნქციონირებისთვის, რომლის ტემპერატურაც შეადგენს $600^{\circ}K$. ანალოგიური მიდგომით ხასიათდება გერმანული სტანდარტი *RABT*, რომლის მიხედვითაც მოხდა რიკოტის გვირაბის მოდერნიზაცია. ასეთ პირობებში ხანძრის მიერ გამოწვეული წნევის ნაზარდი აღწევს $0,05-0,1P_0$ სიდიდეს, როდესაც, ჩვენი შეფასებით, სავენტილაციო სისტემის კოლაფსი თავიდან ვერ იქნება აცილებული.

გვირაბში ძლიერი ხანძრისას აღმავალი ფაზის დამახასიათებელი დრო მნიშვნელოვნად შემცირებულია ღია გარემოში ანალოგიური სიმძლავრის ხანძართან შედარებით, რაც კიდევ უფრო ართულებს საგანგებო სიტუაციების მართვის პირობებს.

გვირაბში ხანძრის გავრცელებისთვის ყველაზე არახელსაყრელი სცენარი არის იმ შემთხვევაში, როდესაც გვირაბში არ ფუნქციონირებს მექანიკური ვენტილაცია და არ არის ბუნებრივი წევა, ვინაიდან ამ დროს ხანძრის კერას მინიმალური ინტენსიურობით მიეწოდება ატმოსფერული ჟანგბადი. ზემოაღნიშნულის მიუხედავად, ხანძარი ბუნებრივად მოიპოვებს პრაქტიკულად სრული წვისათვის საკმარის ჟანგბადს, რადგან სათანადო ლიტერატურაში აღწერილი არ არის არასრული წვის ფაქტები, რომელსაც *CO*-ს 12,5 %-ზე უფრო მაღალ კონცენტრაციაზე დეტონაცია მოყვებოდა. შესაბამისად, განსახილველ შემთხვევაში ხანძრის კერაზე წარმოქმნილი ტოქსიკური აირებით გაჯერებული სავენტილაციო ნაკადი კერიდან ორივე მხარეს გავრცელდება პორტალების მიმართულებით, ხოლო ხანძრის მიერ აღძრული წევის ხარჯზე საპირისპირო მიმართულებით პორტალებიდან სუფთა ჰაერის შემოდინება მოხდება ისეთნაირად, რომ ტოქსიკურ აირებს და ატმოსფერულ ჰაერს ექნებათ გაბატონებული ნაკადების ზონები, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახაზზე 3.



**ნახ. 3. გვირაბში ხანძრის შედეგად წარმოქმნილი გაბატონებული ნაკადები:
1-ატმოსფერული ჰაერი; 2-ტოქსიკური აირები**

იმის გამო, რომ სახეზეა სხვადასხვა თერმოდინამიკური პარამეტრების მქონე ურთიერთსაპირისპირო მიმართულების ნაკადების მოძრაობა, ნაკადების წარმოსახვით გამყოფ საზღვარზე ადგილი ექნება ტურბულენტური სასაზღვრო შრის ჩამოყალიბებას, სადაც ინტენსიური დიფუზიური პროცესების გამო ძალზე სწრაფად მოხდება გვირაბში შემომდინარე ატმოსფერული ჰაერის ნაკადის დაბინძურება ტოქსიკური აირებით, რაც კიდევ უფრო შეამცირებს საევაკუაციო პერიოდს (t_{EV}).

ჩვენი შეფასებით საევაკუაციო პერიოდის მნიშვნელოვან შემცირებასთან გვეკონდა საქმე 1999 წელს სენ-გოტარდის საავტომობილო გვირაბში მომხდარი ხანძრის შემთხვევაში. 190 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში, მისი დაწყებიდან ერთი წუთის შემდეგ, გვირაბში სუფთა ჰაერი პრაქტიკულად აღარ იყო, ხანძრის კერაში ტემპერატურა აღწევდა $1000^{\circ}C$, დაიღუპა 39 ადამიანი, მათ შორის 1 მეხანძრე [1, 5].

შესრულებული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ:

გვირაბში ხანძრის შემთხვევაში სავენტილაციო სისტემის გამოყენებით საევაკუაციო პერიოდის ხანგრძლივობის (t_{EV}) გაზრდა პრაქტიკულად შეუძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ სავენტილაციო ნაკადს და ხანძრის მიერ აღძრულ წევას ურთიერთსაპირისპირო მიმართულება აქვთ;

$t_{EV} \leq t_{IF}$ უტოლობით განსაზღვრული საევაკუაციო პერიოდი შესაძლებელია კიდევ უფრო მეტად შემცირდეს ტოქსიკურ აირთა ტურბულენტური დიფუზიის შედეგად გვირაბის გაბატონებულ ნაკადებს შორის, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ადგილი ექნება გვირაბის სავენტილაციო სისტემის კოლაფსს;



კოლაფსის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელი არის ხანძრის მიერ აღძრული წევა, რომელიც დამოკიდებულია ხანძრის კერაზე წნევის ნაზარდის რიცხვით სიდიდეზე. ეს უკანასკნელი შესაძლებელია განისაზღვროს ანალოგიური შემთხვევებისათვის კლაპეირონის განტოლების გამარტივებული სახით $\Delta P \approx 0,2 - 0,3 P_0$.

ლიტერატურა

1. UN, Economic and Social Council, Economic Commission for Europe, *Report TRANS/AC.7/9*, 2001. p. 59.
2. O.Lanchava, N.Ilias, I. Andras, R.Moraru, I.Neag. On the Ventilation of Transport Tunnels in the Presence of a Strong (Heavy) Fire. *Annals of the University of Petrosani, Petrosani (Romania)*, 2007, Vol. 9 (XXXVI), Part 1. pp. 219-227.
3. O.A. Lanchava. Hygroscopic heat and mass transfer in underground structures, GTU, Tbilisi, 1998, p. 272
4. A.Haack. Fire Protection in Traffic Tunnels: General Aspects and Results of the EUREKA Project, *TUNNELING AND UNDERGROUND SPACE TECHNOLOGY*, 1998, Volume 13, № 2. pp. 377-381.
5. UN, Economic and Social Council, Economic Commission for Europe, *Report TRANS/AC.7/11*, 2002. p. 6.

HAZARD ANALYSIS DUE TO THE INFLUENCE OF THE STRONG FIRES IN THE ROAD TUNNELS

LANCHAVA O., NOZADZE G., BOCHORISHVILI N., LEBANIDZE Z., ARUDASHVILI N.

In this article presented an analysis of the hazards caused by the influence of strong fires in the road tunnels. Have been considered the main factors that affect the reliability of the results of definition of the period of time during which there is the possibility of evacuation of people. The dependence of the period of time marked by the characteristic parameters of fire: from the power of spatial localization and duration of the ascending phase of its development. The paper noted that the duration of the evacuation period, will be less than the duration of the ascending phase of development of a fire and also noted that this period tends to narrowing due to the influence of turbulent diffusion fluxes. In this paper it is assumed that the turbulent diffusion fluxes occur between the zones in which the ruling are toxic carbon gases of fire and fresh ventilation air flow.