

საბაგრო ტრანსპორტის უსაფრთხოების შეფასების კომპლექსური  
რიცხვითი მაჩვენებლის შემუშავების საკითხისათვის

**ნოზაძე გიორგი**

(დოქტორი, სსიპ გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის მეცნიერი თანამშრომელი.

მინდელის 7, თბილისი 0186, საქართველო. ტელ: +995 32 32 69 91

ელ. ფოსტა: [g\\_nozadze@yahoo.com](mailto:g_nozadze@yahoo.com))

**რეზიუმე**

სტატიაში ნაჩვენებია ბაგირგზის უსაფრთხოების ხარისხის შეფასების შესაძლებლობა რიცხვითი მაჩვენებლით - უსაფრთხოების ინდექსით. ამ მიზნით დამუშავებულია ბაგირგზის კომპონენტის უსაფრთხოების ინდექსის განსაზღვრის მეთოდიკა, რომელიც ეფუძნება მოსალოდნელი რისკების მიხედვით კომპონენტთა კლასიფიკაციას.

დადგენილი და გამოკვლეულია ბაგირგზის კომპონენტის უსაფრთხოების ინდექსსა და ძირითად საპროექტო პარამეტრთა შორის ფუნქციონალური კავშირები. დამუშავებულია კომპონენტის უსაფრთხოების ხარისხის რაოდენობრივი შეფასების სათანადო ფორმულა.

მიღებულია საბაგრო გზის უსაფრთხოების ხარისხის კომპლექსური მაჩვენებლის - უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსის გამოთვლის ფორმულა.

საკვანძო სიტყვები - უსაფრთხოების ანალიზი, უსაფრთხოების ინდექსი

მრავალი ქვეყნის ნორმატიული კანონმდებლობით საბაგრო გზები განეკუთვნებიან განსაკუთრებით საშიშ საინჟინრო ობიექტთა რიგს და მათი უსაფრთხოების უზრუნველყოფა განსაკუთრებული განხილვის საგანია. აღსანიშნავია, რომ ბაგირგზის პროექტირების და კომპონენტების დამზადების ხარისხის შესამჩნევ

ზრდასთან ერთად, გაზრდილია ბაგირგზების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მოთხოვნები.

უსაფრთხოების ხარისხის შეფასების ერთიანი მეთოდოლოგიური მიდგომა დღეისათვის საბოლოოდ ჩამოყალიბებული არ არის და მოწინავე ინდუსტრიული ქვეყნების ინჟინერთა და მეცნიერთა ინტენსიური კვლევის საგანს წარმოადგენს.

ბაგირგზების წარმოებასა და ექსპლოატაციაში წამყვანი ადგილი უჭირავს დასავლეთ ევროპის ქვეყნებს. შესაბამისად პირველად აქ დაისვა საკითხი ერთიანი ევროპული ნორმების შემუშავებისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე ევრო ნორმები (EN) დირექტიული ხასიათისა და თითოეული წევრი ქვეყნისათვის განიხილება, როგორც ნაციონალური უსაფრთხოების ნორმების ერთგვარი დამატება, რომელმაც მიღწევადი უნდა გახადოს უსაფრთხოების ერთიანი მოთხოვნილი დონე.

უსაფრთხოების ძირითად მოთხოვნების უზრუნველყოფა დღემდე მაღალი რისკის მქონე სატრანსპორტო ობიექტებზე მიმდინარეობს ტექნიკური რეგლამენტის ფარგლებში. აღნიშნული პრაქტიკა დასავლეთის მოწინავე ბაგირგზების დამამზადებელ ფორმებში დღესაც წარმოადგენს მთავარ საპროექტო მოთხოვნას, მაგრამ ამავე დროს ევრონორმების დირექტიული მოთხოვნების საფუძველზე სავალდებულოა პროექტში უსაფრთხოების საკითხი გამოყოფილ და განხილულ იქნეს განცალკევებით.

აღნიშნული საკითხი რეგულირდება შესაბამისი დოკუმენტით - EN 292 – "სისტემების უსაფრთხოება", რომელიც ძალაშია 1997 წლიდან.

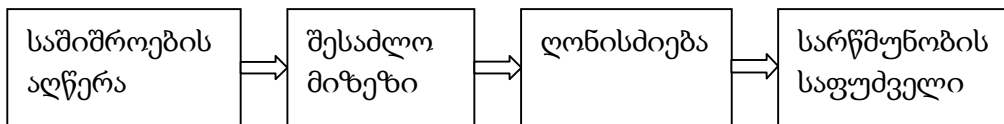
ერთიანი ევრონორმების სტრუქტურა ისე ჩამოყალიბდა, რომ არ ეხება ბაგირგზის ტექნიკურ რეგლამენტს დეტალურად, ვინაიდან ეს უკანასკნელი უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ნაციონალური ნორმების მიხედვით, მაგრამ ბაგირგზის ძირითად კომპონენტებს უყენებს უსაფრთხოების ერთიან მოთხოვნებს.

ბაგირგზების უსაფრთხოების ანალიზის თანამედროვე მიდგომა მოითხოვს:

1. დასაპროექტებელი საბაგრო გზისთვის პროექტირების ეტაპზე შეიქმნას მოსალოდნელი რისკების სრულყოფილი ბაზა;

2. განისაზღვროს თოთოეული რისკის განვითარების შესაძლო მიზეზი ან მიზეზთა ჯგუფი;
3. მოქმედი საკანონმდებლო - ნორმატიული ბაზის ფარგლებში განისაზღვროს მოსალოდნელი რისკის აღმოფხვრის ღონისძიებები;
4. ღონისძიების შედეგად მიღებული შედეგი სარწმუნოდ იქნეს ნაჩვენები და დაფიქსირდეს საპროექტო დოკუმენტაციაში.

სქემატურად არსებული მიდგომა გამოსახულია ნახ.1.



ნახ.№ 1 უსაფრთხოების ანალიზის შესრულების თანმიმდევრობა.

ასეთი მიდგომის მცდელობები დასავლეთის განვითარებულ ქვეყნებში გამოჩნდა 1999 – 2003 წლებში სტატიებში [1] და [2], სადაც პირველად გამოითქვა მოსაზრება საბაგირო ტრანსპორტზე მოსალოდნელი რისკების ბაზის შექმნისა და ამ ბაზის ალბათურ-სტატისტიკური დამუშავების აუცილებლობაზე.

ავტორთა მიერ ნაჩვენებია, თუ როგორ უნდა მოხდეს რისკების კლასიფიკაცია მათი მოსალოდნელი შედეგების და მოხდენის სიხშირის მიხედვით. აღნიშნული მიდგომა იძლევა შესაძლებლობას უსაფრთხოების თვალსაზრისით დამატებით მოთხოვნები წაეყენოს საბაგირო ტრანსპორტის მწარმოებელ და მფლობელ ფირმებს, რომ უსაფრთხოების დონე გადაამოწმონ მოსალოდნელი რისკების "სიმძიმის" და მოხდენის ალბათობის მიხედვით, მაგრამ ამავე დროს არ შეიცავს ინსტრუმენტს, რომ კონკრეტულ საბაგირო გზისათვის პირდაპირ ან ირიბად მოხდეს მოსალოდნელი რისკების სიხშირული მახასიათებლის განსაზღვრა.

რამდენადმე განსხვავებული მიდგომა დამუშავდა სამთო ინსტიტუტის სპეციალური ტრანსპორტის, დიაგნოსტიკისა და საიმედოობის განყოფილებაში.

იმისათვის, რომ უსაფრთხოების ანალიზმა შეიძინოს პრაქტიკული ღირებულება, რისკების ბაზის დამუშავების შედეგად უნდა მივიღოთ უსაფრთხოების ხარისხის დამახასიათებელი რიცხვითი სიდიდე, რაც მოგვცემს შესაძლებლობას ერთის მხრივ დავახასიათოთ კონკრეტული ბაგირგზის უსაფრთხოების დონე ბაგირგზის არსებობის ნებისმერ მომენტში, ხოლო მეორეს მხრივ უზრუნველყოს უსაფრთხოების დონეთა სხვაობის ცხადი სახით დაფიქსირება კონკრეტული ბაგირგზისათვის უსაფრთხოების ღონისძიების გატარებამდე და გატარების შემდეგ.

ამ მიზნის მისაღწევად აუცილებელია შემდეგი პირობების და შეთანხმებების შესრულება:

- უნდა მოხდეს რისკების კლასიფიკაცია მოსალოდნელი შედეგის სიმძიმის მიხედვით და სიმძიმე გამოიხატოს რიცხვითი მაჩვენებლით.
- უნდა შეიქმნას ფუნქციური კავშირი შესაძლო რისკების ბაზასა და ბაგირგზის იმ ძირითად კომპონენტებს შორის, რომლის მტყუნების ან გაუმართავი მუშაობის შედეგად წარმოიშობა და ვითარდება კონკრეტული რისკი.
- ტექნიკურ რეგლამენტზე დაყრდნობით უნდა განისაზღვროს რისკის გამომწვევი კომპონენტის უსაფრთხოების რიცხვითი მახასიათებელი.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე შემოთავაზებულ იქნა:

1. რისკის სიმძიმის განსაზღვრა 5 დინიანი სქემით და შესაბამისი რიცხვითი მაჩვენებლით -  $R_{wp}$  (ცხრ. 1)

N	რისკის დონე	რისკის ხარისხის 1-ი დონე (მცირე) $R_{wp} = 1$	რისკის ხარისხის მე-2 დონე (დაბალი) $R_{wp} = 2$	რისკის ხარისხის მე-3 დონე (საშუალო) $R_{wp} = 3$	რისკის ხარისხის მე-4 დონე (მაღალი) $R_{wp} = 4$	რისკის ხარისხის მე-5 დონე (უმაღლესი) $R_{wp} = 5$
---	-------------	--	--	---	--	--

ცხრილი 1. რისკის კლასიფიკაცია მოსალოდნელი საშიშროების სიმძიმის მიხედვით.

2. ტექნიკური რეგლამენტის აუცილებელი დაცვის ფარგლებში მოხდეს საბაგირო გზის ძირითადი კომპონენტების უსაფრთხოების ინდექსის -  $SI_k$  განმარტება და რიცხვითი მნიშვნელობის განსაზღვრა ფორმულით

$$SI_k = R_{wp} * f(P_k) \quad (1)$$

სადაც,  $R_{wp}$  - არის კომპონენტის გაუმართავი მოქმედებით გამოწვეული რისკის სიმძიმის რიცხვითი მაჩვენებელი ;

$f(P_k)$  - არის ფუნქციური კავშირი კომპონენტის დამახასიათებელ საპროექტო პარამეტრსა და შეთანხმებულ  $D(R)$  რიცხვით შკალას შორის. ეს ფუნქციური კავშირი განისაზღვრება მხოლოდ ერთადერთი მოთხოვნის საფუძველზე - უსაფრთხოების ინდექსის მეტ მნიშვნელობას უნდა შეესაბამებოდეს საპროექტო პარამეტრის ისეთი მნიშვნელობა ტექნიკური რეგლამენტით გათვალისწინებული დასაშვები არიდან, რომელიც უკეთესად უზრუნველყოფს მოცემული პარამეტრით განსაზღვრულ უსაფრთხოების პირობას.

$P_k$  - არის კომპონენტის საპროექტო პარამეტრის დასაშვებ მნიშვნელობათა სიმრავლე;  $D(R)$  - არის შკალა, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში განისაზღვრება მთელი დადებითი რიცხვების სიმრავლით  $\{0, \dots, 100\}$ .

აღნიშნული მოთხოვნების შესრულება შესაძლებელია ქვემოთ წარმოდგენილი ფორმულების მეშვეობით, სადაც ცხადი სახით არის გამოსახული  $f(P_k)$  ფუნქციური კავშირი.

$$f(P_k) = \left. \frac{\max D(R)}{2} \left(1 - \frac{2P_{k\text{ზღ}}}{P_{k\text{max}} + P_{k\text{min}}}\right) + \frac{\max D(R)}{2} \left(1 - \frac{\Delta \max - \Delta \min}{2\Delta \max}\right) \right\} \quad (2)$$

$$P_{k\text{ზღ}} \leq P_{k\text{min}} \leq P_{k\text{max}}$$

$$\text{სადაც,} \quad \Delta \max = |P_{k\text{max}} - P_{k\text{ზღ}}|$$

$$\Delta \min = |P_{k\text{min}} - P_{k\text{ზღ}}|$$

- არის აბსოლუტური გადახრის მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები კონკრეტულ შემთხვევაში კონკრეტული საპროექტო პარამეტრის რეალურ მნიშვნელობათა არიდან.  $P_{k \max}$  და  $P_{k \min}$  არის შესაბამისად პარამეტრის რეალურ მნიშვნელობათა არიდან აღებული მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობები.

- უტოლობა  $P_{k \text{ფ}} \leq P_{k \min} \leq P_{k \max}$

გვიჩვენებს, რომ პარამეტრის რეალურ მნიშვნელობათა არე შემოსაზღვრულია მკაცრად ქვემოდან.

- ხოლო  $\max D(R)$  - არის შემოთავაზებული უსაფრთხოების ინდექსთა შკალის მაქსიმალური ზომა ( ჩვენს შემთხვევაში  $\max D(R) = 100$  ).

როდესაც საქმე გვაქვს საპროექტო პარამეტრის დასაშვებ მნიშვნელობათა შეზღუდვასთან ზემოდან, შემოთავაზებული ფორმულა ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$f(P_k) = \frac{\max D(R)}{2} \left(1 - \frac{P_{k \max} + P_{k \min}}{2P_{k \text{ფ}}}\right) + \frac{\max D(R)}{2} \left(1 - \frac{\Delta \max - \Delta \min}{2\Delta \max}\right) \quad (3)$$

$$P_{k \min} \leq P_{k \max} \leq P_{k \text{ფ}}$$

სადაც უკვე,  $\Delta \max = |P_{k \min} - P_{k \text{ფ}}|$

$\Delta \min = |P_{k \max} - P_{k \text{ფ}}|$

- არის აბსოლუტური გადახრის მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები კონკრეტულ შემთხვევაში კონკრეტული საპროექტო პარამეტრის რეალურ მნიშვნელობათა არიდან. ხოლო  $P_{k \max}$  და  $P_{k \min}$  არის შესაბამისად პარამეტრის რეალური მნიშვნელობათა არიდან აღებული მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობები.

- უტოლობა  $P_k \min \leq P_k \max \leq P_k \text{ფლ}$  გვიჩვენებს, რომ პარამეტრის რეალურ მნიშვნელობათა არე შემოსაზღვრულია მკაცრად ზემოდან.

- ხოლო  $\max D(R)$  - არის შემოთავაზებული უსაფრთხოების ინდექსთა შკალის მაქსიმალური ზომა (ჩვენს შემთხვევაში  $\max D(R) = 100$ ).

ამრიგად, თუ ჩვენ განვსაზღვრავთ საბაგრო გზის იმ კომპონენტების უსაფრთხოების ინდექსებს, რომელთა შესაბამისი საპროექტო პარამეტრები რეგლამენტირებულია უსაფრთხოების მოსაზრებიდან გამომდინარე, ჩვენ გვექნება საბაგრო გზის კომპონენტების უსაფრთხოების ინდექსთა სასრული რიცხვითი სიმრავლე  $\{SI_k\}$ . შესაბამისად, შესაძლებელია შემოღებულ იქნას უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსი, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს როგორც არითმეტიკული საშუალო კომპონენტების უსაფრთხოების ინდექსთა მიხედვით შემდეგი ფორმულით:

$$SII = \frac{\sum_{i=1}^m SI_i}{m} \quad (4)$$

სადაც,  $SII$  - არის საბაგრო გზის ინტეგრალური უსაფრთხოების ინდექსი;

$SI_i$  - არის საბაგრო გზის  $i$  - ური კომპონენტის უსაფრთხოების ინდექსი;

$m$  - კი კომპონენტების რაოდენობა, რომლებიც მონაწილეობენ უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსის დადგენაში.

(4) ფორმულით განსაზღვრული უსაფრთხოების ინტეგრალური მაჩვენებელი იძლევა შესაძლებლობას კონკრეტული საბაგრო გზის უსაფრთხოების ხარისხი დადგინდეს კომპლექსურად, აღნიშნული საბაგრო გზის იმ კომპონენტებზე დაყრდნობით, რომელთა შესაბამისი საპროექტო პარამეტრებიც რეგლამენტირებულია უსაფრთხოების თვალსაზრისით.

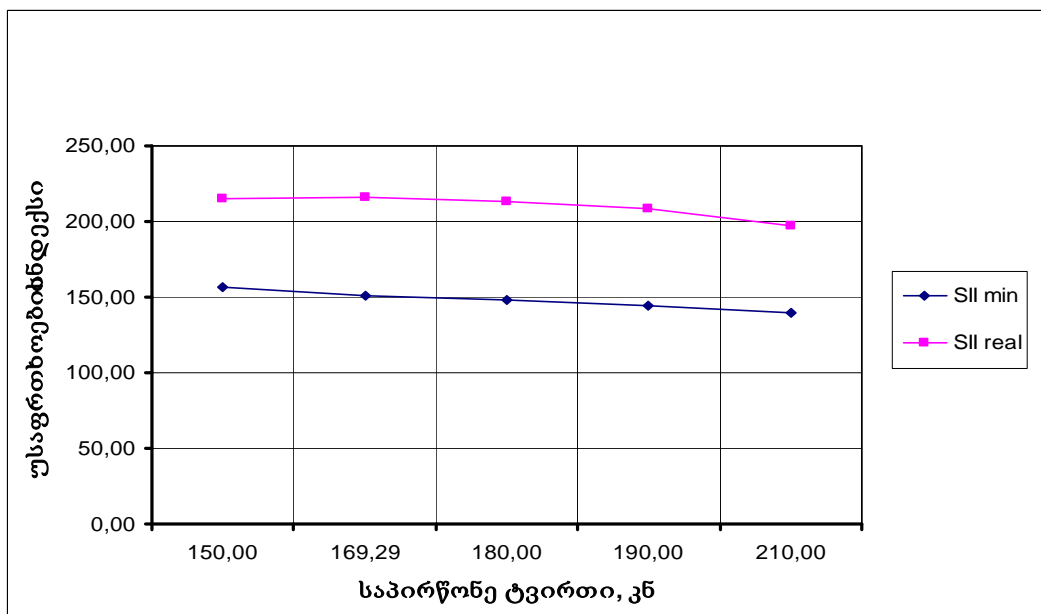
აღნიშნული მეთოდიკა შემოწმდა წრიული საბუქსირო გზის მაგალითზე, სადაც უსაფრთხოების ანალიზი ჩატარდა ოთხი საპროექტო პარამეტრის მიხედვით, რაც რეგულირდება ტექნიკური რეგლამენტით: ბაგირის სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი, მომვლენ და ამძრავ შკივთან ბაგირის ჩაჭიდების კოეფიციენტი, როლიკების

ფუტირებაზე ბაგირის დაწოლით გამოწვეული წნევა, ამბრავ და მომვლებ შკივების ფუტირებაზე გამოწვეული წნევა.

აღნიშნული წრიული საბუქსირო გზისათვის ჩატარდა რიცხვითი ექსპერიმენტი, სადაც სისტემაში არსებული ძალების ცვლილების მოდელირებით განისაზღვრა ზემოხსენებული ოთხი საპროექტო პარამეტრის ცვლილების ფარგლები.

შემოთავაზებული მეთოდიკით დადგინდა ანალიზში მონაწილე კომპონენტთა უსაფრთხოების ინდექსი და საბოლოოდ განისაზღვრა საბაგრო გზის უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსი.

ქვემოთ მოტანილია უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსის მნიშვნელობის დამოკიდებულების გრაფიკი საბაგრო სისტემაში არსებულ ძალების ცვლილებაზე.



ნახ.№ 2 საბუქსირო გზის უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსის დამოკიდებულება საპირწონე ტვირთის სიდიდეზე

ნახაზზე მოცემულია რიცხვითი ექსპერიმენტით მიღებული უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსის საპირწონე ტვირთის სიდიდეზე დამოკიდებულების ორი გრაფიკი.

SII real - გამოსახულია რეალური საპროექტო პარამეტრების შესაბამისად გამოთვლილი უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსის ცვლილების გრაფიკი;  
SII min - გამოსახულია რეგლამენტით დაშვებული საპროექტო პარამეტრების ზღვრული მნიშვნელობების შესაბამისად გამოთვლილი უსაფრთხოების ინდექსის ცვლილების გრაფიკი.

ნახაზიდან კარგად ჩანს, რომ შემოთავაზებული მეთოდიკით შესაძლებელია რიცხვითი მახასიათებლით - უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსით - განხორციელდეს საბაგრო გზის უსაფრთხოების ანალიზის ხარისხის შეფასება.

აღსანიშნავია, რომ ბაგირგზის უსაფრთხოების ინტეგრალური ინდექსის დადგენის დროს გათვალისწინებულია კომპონენტებთან დაკავშირებული მოსალოდნელი რისკების სიმძიმე.

ლიტერატურა:

1. Philippe Brunet. Safety Analysis international aerial tramway review 8/1999 p.15
2. D.I. W Walter Sehnal. SICHERHEITSANALYSE im Rahmen der neuen Seilbahn EU-Richtlinie INTERNATIONALE SEILBAHNRUNDSCHAU 5/2003 p.8-10

#### РЕФЕРАТ

*Разработан единый подход к вопросу оценки безопасности канатного транспорта на основе существующего технического регламента, который предоставляет возможность достоверно и ясно оценить уровень безопасности канатной дороги.*

*Введено понятие компонентов канатного транспорта и соответствующих индексов безопасности, с чем непосредственно связано потенциальное развитие рисков.*

*Описан способ классификации рисков по ожидаемой тяжести результатов вероятной аварии. Обоснованы функциональные зависимости между параметрами технического регламента компонентов канатной дороги и соответствующим показателем безопасности компонентов.*

*Предложено уровень безопасности охарактеризовать интегральным численным показателем – интегральным индексом безопасности и приведен способ его вычисления..*