

UDC 625.21

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-1-295-300>**ინოვაციური ტექნოლოგიები საგზაო მშენებლობაში**

|                          |                                                                                                                                                        |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>თენგიზ პაპუაშვილი</b> | საგზაო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 <sup>ბ</sup><br>E-mail: papuashvilitengizi01@gtu.ge |
| <b>ნუგზარ რურუა</b>      | საგზაო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 <sup>ბ</sup><br>E-mail: n.rurua@gtu.ge              |
| <b>ალექსი ბურდულაძე</b>  | საგზაო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 <sup>ბ</sup><br>E-mail: a.burduladze@gtu.ge         |
| <b>ოთარ აბაშიძე</b>      | საგზაო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 <sup>ბ</sup><br>E-mail: abashidzeotar@gmail.com     |
| <b>თორნიკე ფოჩხიძე</b>   | საგზაო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 <sup>ბ</sup><br>E-mail: pochkhidzepp@icloud.com     |

**რეცენზენტები:**

**პ. ნადირაშვილი**, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი  
E-mail: p.nadirashvili@gtu.ge

**კ. მჭედლიშვილი**, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი  
E-mail: mtchedlishvilikonstantine01@gtu.ge

**ანოტაცია.** გზების მშენებლობის ინოვაციური ტექნოლოგიები, კერძოდ გრუნტების გამაგრების მეთოდები მნიშვნელოვანი ფაქტორია. საგზაო მშენებლობაში ფიბრობეტონის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს შეიქმნას მტკიცე საგზაო კონსტრუქციები. გაანალიზებულია სატრანსპორტო დატვირთვის

ქვეშ გზის კონსტრუქციული ფენების დინამიკური დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის თავისებურებანი, ასევე გრუნტის თვისებების გასაუმჯობესებლად სხვადასხვა პოლიმერული დანამატების გამოყენება, რაც საშუალებას იძლევა მივაღწიოთ ნარევის უფრო მაღალ სიმტკიცეს კუმშვასა და გაჭიმვაზე, ყინვამედეგობისა და წყალმედეგობის გაზრდას.

ჩატარებული კვლევების შემდეგ არჩევანი შეჩერდა ახალი შედგენილობის პოლიმერული NICOFLOK დანამატის გამოყენებაზე. მოდერნიზაციის ტექნოლოგიებს მიეკუთვნება ასევე ცემენტის გამოყენებაც – ნარევის შედგენილობაში ბიტუმი იცვლება პოლიმერულდანამატიანი უფრო მტკიცე და ცვეთისადმი მდგრადი ცემენტით, რაც გზის საექსპლუატაციო მახასიათებლებს აუმჯობესებს.

**საკვანძო სიტყვები:** გეოგრიდი; გეოტექსტილი; ნიკოფლოკი; პოლისტიროლის ქაფი; პოლიმერული დანამატი; სტაბილიზატორი; ფიბრობეტონი.

## შესავალი

საქართველოში, როგორც მთაგორიანი რელიეფის მქონე ქვეყანაში, საავტომობილო გზების მშენებლობისა და რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქციის პროცესში ფართოდ იწერება ინოვაციური ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები, კერძოდ გზების დაპროექტებისა და საგზაო სამოსის მოწყობის ინოვაციური ტექნოლოგიები, რომელთა მიზანია ძვრის დეფორმაციებისა და ცვეთისადმი მდგრადი კონსტრუქციის შემუშავება, რათა სატრანსპორტო საშუალებების გადაადგილება გახდეს ხელმისაწვდომი, უსაფრთხო და კომფორტული. გაზრდილი ღერძული დატვირთვებისა და ინტენსიურობიდან გამომდინარე, საგზაო კონსტრუქციის ხანგამძლეობა აუცილებელი პირობაა საავტომობილო გზების ქსელის განვითარებისათვის. გაზრდილი საგზაო ინფრასტრუქტურა კი პარდაპირ კავშირშია ქვეყნის ეკონომიკურ წინსვლასთან.

## ძირითადი ნაწილი

საავტომობილო გზების მშენებლობასა და დაპროექტებაში ინოვაციური მიდგომების ჩართვა მაგისტრალის სასიცოცხლო ციკლის მოდელის აგებისა და საჭირო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის შექმნის შესაძლებლობას იძლევა.

როგორც ცნობილია, საგზაო სამოსის ქვედა ფენის მუშაობის თავისებურება სტატიკური და განსაკუთრებით დინამიკური დატვირთვების ზემოქმედების შთანთქმისა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საგზაო სამოსის სტრუქტურულ ფენებზე დატვირთვა დროთა განმავლობაში იზრდება მოძრაობის ინტენსიურობის და ავტოპარკის შედგენილობაში მაღალი ტვირთამწეობის მანქანების წილის გაზრდიდან გამომდინარე. მასადაამე, იმისათვის, რომ უზრუნველყოს გზის კონსტრუქციის საიმედო წინააღმდეგობა მთლიანი დატვირთვის მიმართ მთელი მისი მომსახურების ვადის განმავლობაში, აუცილებელია საგზაო საფარის ფენების მოსაწყობ მასალაში სტრუქტურული ბმების ენერგია ასევე მუდმივად გაიზარდოს ან, მინიმუმ, არ შემცირდეს.

უნდა აღინიშნოს, რომ საგზაო კონსტრუქციის ფენებს შორის გეობადის მოწყობა ინოვაციური ტექნოლოგიაა და პრობლემის გადაჭრის საშუალებას იძლევა. მათი მოქმედების თავისებურებაა სხვადასხვა ფიზიკური და მექანიკური თვისებების მქონე ფენების განცალკევება, საფუძველში ძაბვების გადანაწილება, საფუძვლის მდგრადობის გაზრდა.

გეოსინთეტიკური მასალები იმ სამშენებლო მასალების კლასს მიეკუთვნება, რომლებიც პოლიმერების საფუძველზე მზადდება. ამ მასალების ბევრი დადებითი თვისებიდან ძირითადია ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის ვადა. გრუნტისა და კლიმატური

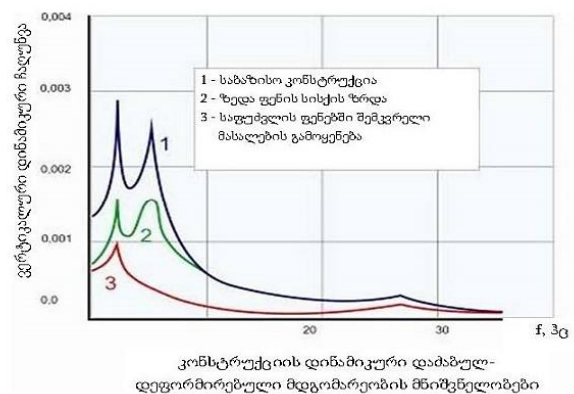
ფაქტორების მიხედვით ცალკეული კონსტრუქციული შრეების მოწყობის განსხვავებული სამუშაო პირობები, გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესების მეთოდებისა და სათანადო დასაბუთების შერჩევისას, ღრმა ანალიზს მოითხოვს. საგზაო კონსტრუქციის ფენებს შორის გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება აღნიშნული პრობლემების გადაჭრის საშუალებას იძლევა (სურ.1). ეს მასალები განსხვავდება სიმკვრივის მიხედვით. საშუალო დატვირთვის გზებისა და პარკირების მოსაწყობად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მასალა  $250\text{გ/მ}^2$ -დან, ხოლო უფრო გადატვირთული გზებისა და ასაფრენი ზოლების მოსაწყობად –  $600\text{გ/მ}^2$ -მდე სიმკვრივის.

საავტომობილო გზის შეკეთებისა და აღდგენისას ინოვაციის სახით გამოიყენება სხმული ასფალტბეტონის ნარეგების ტექნოლოგია, ინფრარითელი შეკეთების, ჰიდროფობიზაციის, ნანოფობიის ტექნოლოგიები და ქიმიური ფრეზირების მეთოდი. გზების მშენებლობის სფეროში განხორციელებული ინოვაციური პროექტები ზემოაღნიშნული ტექნოლოგიების ინტეგრირებულ გამოყენებას მოითხოვს.



სურ. 1. გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება მიწის ვაკისა და საფუძველს შორის

მაღალი სატრანსპორტო დატვირთვისას აუცილებელია გზის კონსტრუქციული ფენების დინამიკური დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის თავისებურების გათვალისწინება, რომელიც კონტროლდება მის ზედაპირზე არსებული მახასიათებელი წერტილების სიხშირის მიხედვით. მე-2 სურ-ზე წარმოდგენილი გრაფიკიდან აშკარაა, რომ საუკეთესო ეფექტი, გზის სტრუქტურის ელემენტების გადახრის შემცირების და მეორე რეზონანსული პიკის გასწორების თვალსაზრისით, მიიღწევა მათში შემავსირებული მასალების გამოყენებისას, მაგალითად, როგორცაა პოლიმერ-ცემენტ-გრუნტები ან ჰიდრო-პოლიმერ-ცემენტ-გრუნტები. ცხადია, რომ გზის სტრუქტურის გადახრის შემცირება ასევე შესაძლებელია საფუძვლის ან საფარის ზედა ფენის გაზრდით, მაგრამ ეს გამოიწვევს საფარის მშენებლობის ღირებულების ზრდას, რაც მიუღებელია რეგიონში საჭირო ქვის მასალების არარსებობის შემთხვევაში.



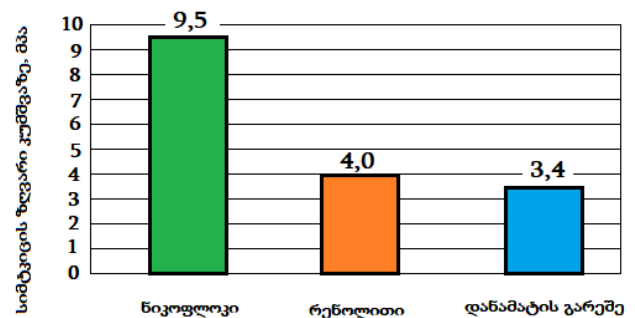
სურ. 2. კონსტრუქციის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა

გზების მშენებლობაში მსოფლიო გამოცდილების გათვალისწინებით და, უპირველეს ყოვლისა, ისეთი ქვეყნების, როგორცაა გერმანია, კანადა, აშშ, ავსტრია, რომლებიც ფართოდ იყენებს შემკვეთელი

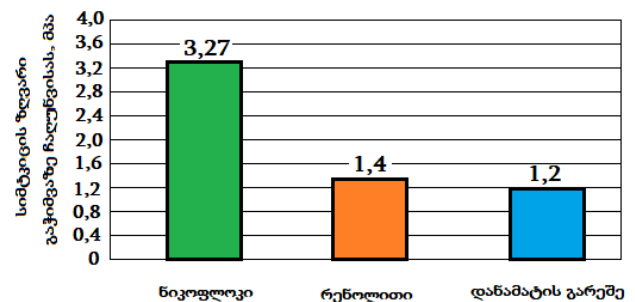
მასალებით გამაგრებულ გრუნტებს გზებისა და აეროდრომების მშენებლობისას, აშკარაა, რომ გრუნტის თვისებების გასაუმჯობესებლად ამ ქვეყნებში ეფექტურად გამოიყენება სხვადასხვა სახის პოლიმერული დანამატები, რაც საშუალებას იძლევა მივაღწიოთ ნარევის უფრო მაღალ სიმტკიცეს კუმშვასა და გაჭიმვაზე, ასევე ყინვამედეგობისა და წყალმედეგობის გაზრდას (სურ. 3-5).

მოკლე ინფორმაცია გამოყენებული დანამატების ქიმიური და ფიზიკური მახასიათებლების შესახებ შემდეგია: პოლიმერულ-მინერალური კომპოზიცია (PMC), რომელიც დაფუძნებულია დისპერსიულ ფხვნილებსა და მინერალურ შემავსებლებზე, NICOFLOK შედგება გარკვეული მინერალებისგან, მოცემული ქიმიური შედგენილობისა და აქტივაციის მიხედვით, ასევე პოლიმერებისაგან, რომლებიც შედგება მოლეკულებისგან სახელწოდებით "სავარცხლისებრი". პოლიმერის ეს მოდიფიკაცია არის მაკრომოლეკულა გრძელი გვერდითი ჯაჭვებით, ვინაიდან გრძელი ჯაჭვები შედგება რამდენიმე ტიპის მოლეკულისგან, რომელთაგან თითოეული მოქმედებს იწყება მკაცრად განსაზღვრულ დროს. ამ ჯაჭვებს აქვს შთანთქმისა და დატენიანების სპეციფიკური მაჩვენებლები (ფაზის ფორმირება), რაც უზრუნველყოფს ნარევი მათი მოქმედების აუცილებელ ხანგრძლივობას. ჩატარებული კვლევების განალიზებით პოლიმერული დანამატების გამოყენების არჩევანი შეჩერდა ახალ შედგენილობაზე, NICOFLOK. ეს დანამატი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ყველა ტიპის გრუნტზე. ამავდროულად, არ არსებობს შეზღუდვები ნიადაგის მჟავიანობაზე, სულფატების, ქლორიდების, თაბაშირის არსებობაზე. აღნიშნული პროდუქტი უხამიანი არ არის, აქვს

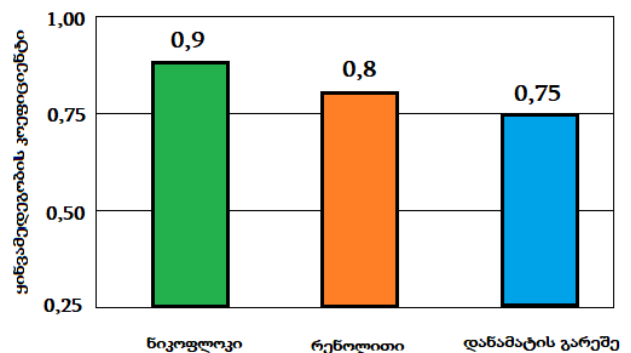
ჰიგიენური სერტიფიკატი, შესაძლებელია ტრანსპორტირება და დაბალ ტემპერატურაზე შენახვა. მისი შედგენილობა ჰიდროფობურია, საჭიროა მხოლოდ წყალთან უშუალო კონტაქტის თავიდან აცილება. NICOFLOK-ის მოხმარების რაოდენობრივი პარამეტრები 0,5%-დან 1%-მდე მერყეობს, კონკრეტული ტიპის გრუნტის წონიდან გამომდინარე.



სურ.3. 28 დღის ხნოვანების პოლიმერ-ცემენტ-გრუნტის ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე



სურ. 4. 28 დღის ხნოვანების პოლიმერ-ცემენტ-გრუნტის ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვაზე



სურ. 5. ნიმუშების ყინვამედეგობის კოეფიციენტის გრაფიკი

ზემოაღნიშნული კვლევების ანალიზმა აჩვენა, რომ სხვა ცნობილ დანამატებთან შედარებით ("Renolit", "Geosta", "Perma-Zyme"), NICOFLOK-ის გამოყენება უზრუნველყოფს უფრო მნიშვნელოვან ზრდას სიმტკიცესა და დეფორმაციაში.

### დასკვნა

გზების მშენებლობაში პოლიმერული მასალების გამოყენება, როგორც ახალი და ინოვაციური ტექნოლოგია, იწვევს მიწის ვაკისისა და მთლიანად საგზაო კონსტრუქციის ბზარმდეგობის და ძვრისადმი მედეგობის ამაღლებას. გეოსინთეტიკური მასალების

გამოყენება საშუალებას გვაძლევს საკონტაქტო ზედაპირზე, დამცავი ფენის შექმნის ხარჯზე, გავაუმჯობესოთ მზიდი ფენის ფორმირება, რაც ხელს უშლის დამატებითი და მზიდი ფენების მასალების ერთმანეთში არევის და იზრდება ღერძზე მოსული მაქსიმალური დატვირთვის მიმართ მდგრადობა. ეს შემდგომში იწვევს რემონტშორისი ვადების გაზრდას და მნიშვნელოვნად ამცირებს სარემონტო ხარჯებს. გეობადის გამოყენება უზრუნველყოფს საავტომობილო გზის კონსტრუქციის მუშაობის, დინამიკური დატვირთვების ქვეშ, გაუმჯობესებას.

### ლიტერატურა

1. AASHTO TP 101-12. (2019). Standart Method of Test for Estimating Fatigue Resistance of Asphalt Binders Using the Linear Amplitude Sweep.
2. Bahia, H. & al. (2001). Characterization of Modified Asphalt Binders in Superpave Mix Design. NCHRP, Report 459. Washington: National Academy Press.
3. Rurua, N., Papuashvili, T., Khorava, V. & Kvaratskhelia, B. (2023). Features of the calculacion of longitudinal loads on the main area of the road clearance in order to improve the operational properties of the railway track. Scientific-technical Journal "Building", N2(66), 105-111. DOI:<https://doi.org/10.36073/1512-3936>.
4. Burduladze A., Khatiashvili O. (2017). repair of asphalt concrete road by infrared method.scientific journal "chronos" multidisciplinary collection of scientific publications. 73-76 (In Russian)
5. Belousov B. (1972). Study of physical and mechanical properties of soils reinforced with slag silicate binder: dis. ... candidate of technical sciences. Omsk, 144. (In Russian)
6. Pershin, M. (2007). Strengthening gravel materials with cement at negative temperatures. Highways, No. 11, 19-21. (In Russian)

UDC 625.21

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-1-295-300>**Innovative Technologies in Road Construction**

|                           |                                                                                                                                                        |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tengiz Papuashvili</b> | Department of Road, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68 <sup>b</sup> ,<br>M. Kostava str.<br>E-mail: papuashvilitengizi01@gtu.ge |
| <b>Nugzar Rurua</b>       | Department of Road, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68 <sup>b</sup> ,<br>M. Kostava str.<br>E-mail: n.rurua@gtu.ge              |
| <b>Aleksi Burduladze</b>  | Department of Road, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68 <sup>b</sup> ,<br>M. Kostava str.<br>E-mail: a.burduladze@gtu.ge         |
| <b>Otar Abashidze</b>     | Department of Road, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68 <sup>b</sup> ,<br>M. Kostava str.<br>E-mail: abashidzeotar@gmail.com     |
| <b>Tornike Pochkhidze</b> | Department of Road, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68 <sup>b</sup> ,<br>M. Kostava str.<br>E-mail: pochkhidzepp@icloud.com     |

**Reviewers:****P. Nadirashvili**, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: p.nadirashvili@gtu.ge

**K. Mchedlishvili**, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: mtchedlishvilikonstantine01@gtu.ge

**Abstract.** The article discusses innovative technologies of road construction, in particular methods of soil reinforcement. The characteristics of the dynamic stressed-deformed state of road structural layers under traffic load are analyzed. Also, the use of various types of polymer additives to improve the properties of the ground, which allows to achieve a higher strength of the mixture on compression and stretching, as well as to increase frost resistance and water resistance. After analyzing the conducted studies, the choice was made to use a polymer additive of a new composition - "NICOFLOK". Modernization technologies also include the use of cement - the bitumen in the mixture is replaced by stronger and more wear-resistant cement with polymer additives, which improves the operational characteristics of the road

**Keywords:** fiber concrete; Geogrid, geotextile; Nicoflok; polystyrene foam polymer additive stabilizer.

განხილვის თარიღი 25.11.2024

შემოსვლის თარიღი 27.11.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.03.2025