

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სტუდენტთა საერთაშორისო კონფერენცია
ინოვაციური ტექნოლოგიები ინჟინერიაში

მოხსენებათა კრებული



საგამომცემლო სახლი
„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სტუდენტთა საერთაშორისო კონფერენცია
ინოვაციური ტექნოლოგიები ინჟინერიაში

მოხსენებათა კრებული



თბილისი
2023

სამეცნიერო კომიტეტი:

დავით გურგენიძე, ლევან კლიმიაშვილი, ზურაბ გვიშანი, ტარიელ კვიციანი, ლია კახიანი, ნინო მსხილაძე, მირიან ყალაბეგიშვილი, მურმან კუბლაშვილი, ელინა ქრისტესიაშვილი, თამაზ ხმელიძე, ნუგზარ რურუა, ზაალ ცინაძე, გინა გურეშიძე, მარინა ჯავახიშვილი.

საორგანიზაციო კომიტეტი:

ზურაბ გვიშანი (თავმჯდომარე), გინა გურეშიძე, ნუგზარ რურუა, გელა ყიფიანი, თამაზ ხმელიძე, ზურაბ ციციშვილი, ლია კახიანი, ზაალ ცინაძე, მარიამ ყავრელიშვილი.

რედაქტორი:

ანატოლი გურინოვიჩი - ბელოსტოკის ტექნიკური უნივერსიტეტის
პროფესორი,

იაცეკ დავიდოვიჩი - ბელოსტოკის ტექნიკური უნივერსიტეტის
პროფესორი,

გივი გავარდაშვილი - წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი,
აკადემიკოსი,

ლევ დზიენისი - ბელოსტოკის ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2023

ISBN 978-9941-28-979-8

<http://www.gtu.ge>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამოცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.

ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიცია.

GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

**Georgian technical university
Student conference on
innovative technologies in
engineering**

Collection of reports



Tbilisi

2023

Scientific committee:

David Gurgendze, Levan Klimiashvili, Zurab Gvishiani, Tariel Kvitsiani, Lia Kakhiani, Nino Mskhiladze, Mirian Kalabegishvili, Murman Kublashvili, Elina Kristesiashvili, Tamaz Khmelidze, Nugzar Rurua, Zaal Tsinadze, Gina Gureshidze, Marina Javakhishvili.

Organizing Committee:

Zurab Gvishiani (Chairman), Gina Gureshidze, Nugzar Rurua, Gela Kipiani, Tamaz Khmelidze, Zurab Tsitskishvili, Lia Kakhiani, Zaal Tsinadze, Mariam Kavrelishvili.

Editors

Anatoly Gurinovich - Professor of Bialystok Technical University

Jacek Davidovich - Professor of Białystok Technical University

Givi Gavardashvili - Director of the Water Management Institute, academician

Lech Dzienis - Professor of Białystok Technical University

© Publishing House - Technical University, 2023

ISBN 978-9941-28-979-8

<http://www.gtu.ge>

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced (will this be a text, photo, illustration or otherwise) in any form or by any means (electronic or mechanical) without the prior written permission of publisher.

Piracy is punished according to the law.

Author(s) are responsible for the accuracy of all the facts provided in the book.

The position of author(s) might not be coinciding with the position of the Publishing House..



სარჩევი

მზიდი კონსტრუქციების დაზიანებათა კლასიფიკაცია და წარმოშობის მიზეზების ანალიზი	6
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТРАВЯНОГО ПОКРОВА ПЛОЩАДКИ ГОЛЬФ-КЛУБА «АРАРАТ».....	21
ნარჩენი ჩანაცვლების ღირებულება	27
ფიქლის სახურავი და მისი ტექნიკური დახასიათება	34
სადაწნეო გვირაბიდან განვითარებული ფილტრაციის პარამეტრების გაანგარიშება	41
არქიტექტურა - კავშირი ბუნებრივ მოვლენებთან	48
სიხისტის დიაფრაგმები და მათი განლაგების თავისებურებები	57
რკინაბეტონის მაღლივ შენობებში	57
თანამედროვე შენობა-ნაგებობების დეტალიზება და სტრუქტურული ანალიზი ევროკოდების მიხედვით	65
თანამედროვე მეთოდებით სამუშაოთა წარმოება სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობაში.....	73
ვირაჟები და გაგანიერებები საავტომობილო გზებზე	81
მაღლივი შენობების დაპროექტების თავისებურება.....	93
მეტალოკრამიტი	101
თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშების თავისებურებანი	110
ბზარების ამოცანების რიცხვითი ამოხსნები სინგულარული ინტეგრალური განტოლებების გამოყენებით.....	135
მეხუთე თაობის მობილური კავშირის ტექნოლოგია	143
ასფალტბეტონის დაგების თანამედროვე მეთოდები	151
მძიმე დაკიდებული ბაგირის წონასწორობა.....	157
რკინიგზის ლიანდაგის შეკეთების სამუშაოებში ინოვაციური სალიანდაგო ტექნიკის გამოყენების ეფექტურობის შეფასება	167
რადონი - „SOS“ !!!.....	178
საგზაო სამოსზე გარჩენილი დეფექტები და მათი აღმოფხვრის საშუალებები.....	188
ბეტონის სამუშაოები, ბეტონის სამუშაოების მიღება-მონიტორინგი	200
Leak Detection and Localization – Correlation method on Cast Iron and Plastic Pipes.	208

მზიდი კონსტრუქციების დაზიანებათა კლასიფიკაცია და წარმოშობის მიზეზების ანალიზი

დოქტორანტი ვახტანგ აბაშიძე, II კურსი, ჯგ. 132101

vakhoabashidze@gmail.com ტელ. +995 591 90 02 12

ხელმძღვანელი პროფესორი მალხაზ წიქარიშვილი

M.Tsikarishvili@gtu.ge ტელ. +995 599 73 02 15

ანოტაცია

ნაშრომში გაანალიზებულია ავტორის მიერ ხელმძღვანელთან ერთად ჩატარებული შენობების გამოკვლევისას მიღებული შედეგები (შესწავლილია დაახლოებით 1000 შენობა). შენობებში ყველაზე მეტად გაჩენილმა დეფექტებისა და დაზიანებების ანალიზმა აჩვენა, რომ დეფექტების და დაზიანებების პროცენტული მაჩვენებლები, ზოგადი ტენდენციის შენარჩუნებასთან ერთად, წლების განმავლობაში იცვლება, რაც დიდწილად დაკავშირებულია ქვეყანაში სამშენებლო მეცნიერებისა და ტექნიკის მდგომარეობაზე, სპეციალისტების განვითარების დონეზე, საშენი მასალების მრეწველობის მდგომარეობაზე და მშენებლობაში ზედამხედველობის ორგანოების საქმიანობის მაღალ სტანდარტზე, საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზის სრულყოფაზე და ქვეყანაში სამშენებლო სფეროს ეკონომიკურ მდგომარეობაზე. ბოლო წლების განმავლობაში განსაკუთრებით მომატებულია დეფექტებისა და დაზიანებების რაოდენობა. მშენებლობის მოცულობის გაზრდით, მასალების ეკონომიასთან დაკავშირებული მოთხოვნების მომატებასთან ერთად მცირდება სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტები. გარდა ამისა, მშენებლობის სფეროში შედის უფრო და უფრო მეტი დაბალი კვალიფიკაციის მუშაკი, აღარ არის იშვიათობა საპროექტო გადაწყვეტილებებისგან, ნორმებისგან, წესებისგან,

ტექნოლოგიებისაგან გადახრა, რამაც მიგვიყვანა დეფექტებისა და დაზიანებების პროცენტის გაზრდამდე.

საკვანძო სიტყვები: მზიდი კონსტრუქციები, დაზიანებები, კლასიფიკაცია, დეფექტები.

Abstract

In the paper are analyzed the results obtained during the survey of the buildings conducted by the author jointly with the supervisor (on 1000 buildings were studied). The analysis of the most common defects and damages in buildings reveals that the percentages of defects and damages, while maintaining the general trend, change over the years, which is largely related to the state of civil engineering science and technology in the country, the level of development of specialists, the state of the building materials industry, and the high level of activity of the supervisory bodies in construction field. By the standard, on the perfection of the legal and normative base and on the economic situation of the construction sector in the country. In recent years, the number of defects and damages has increased. With the increase in the volume of construction, along with the increase in the requirements related to the saving of materials, the safety factor is decreasing. In addition, the field of construction includes more and more low-skilled workers, it is no longer a rarity to deviate from project decisions, norms, rules, technologies, which led to an increase in the percentage of defects and damages.

Key words: load-bearing constructions, injuries, classification, defects.

შესავალი

მშენებლობა ბოლო 15-20 წლის განმავლობაში შეიცვალა ხარისხობრივად და რაოდენობრივად. არსებითად გაიზარდა მონოლითური მშენებლობის მოცულობა, ამალდა შენობების სართულიანობა, სულ უფრო და უფრო გამოიყენება თანამედროვე ტექნოლოგიები და სამშენებლო მანქანა-მექანიზმები. ამავდროულად, მასალების ეკონომიასთან დაკავშირებული მოთხოვნების მომატებასთან ერთად მცირდება სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტები.

ბოლო 20 წლის განმავლობაში მტყუნებების შედარებით ერთნაირი მაჩვენებლებით მომატებულია დეფექტებისა და დაზიანებების რაოდენობა, ავარიების აბსოლუტურ სიდიდეებში, რაც დაკავშირებულია მშენებლობის მოცულობების ზრდასთან, მათ შორის რთული ნაგებობების აგების პირობებში.

გარდა ამისა, მშენებლობის სფეროში შედის უფრო და უფრო მეტი დაბალი კვალიფიკაციის მუშაკი, აღარ არის იშვიათობა საპროექტო გადაწყვეტილებებისგან, ნორმებისგან, წესებისგან, ტექნოლოგიებისგან გადახრა, რამაც მიგვიყვანა მშენებლობაში დეფექტებისა და დაზიანებების პროცენტის გაზრდამდე.

ძირითადი ნაწილი

ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ჩვენს მიერ შენობების გამოკვლევით (დაახლოებით 1000 შენობა) მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე დეფექტებისა და დაზიანებების ანალიზმა აჩვენა, რომ:

1. დაპროექტების დროს დაშვებული შეცდომები, რაც მთლიანი მიზეზების 16%-ს შეადგენს;
2. არადამაკმაყოფილებელი ექსპლუატაციით გამოწვეული

დაზიანებები - 23%;

3. უხარისხოდ დამზადებული კონსტრუქციების და სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების შესრულების დაბალი ხარისხის გამო განვითარებული დაზიანებები დაახლოებით - 32%;

4. ნორმატიული დოკუმენტების ხარვეზებით გამოწვეული დაზიანებები - 17%;

5. აღნიშნული მიზეზებისა და ფაქტორების ერთობლიობით გამოწვეული დაზიანებები - 12%.

ეს ციფრები, ზოგადი ტენდენციის შენარჩუნებასთან ერთად, წლების განმავლობაში იცვლება, რაც დიდწილად დაკავშირებულია ქვეყანაში სამშენებლო მეცნიერებისა და ტექნიკის მდგომარეობაზე, სპეციალისტების განვითარების დონეზე, საშენი მასალების მრეწველობის მდგომარეობაზე და მშენებლობაში ზედამხედველობის ორგანოების საქმიანობის მაღალ სტანდარტზე, საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზის სრულყოფაზე და ქვეყანაში სამშენებლო სფეროს ეკონომიკურ მდგომარეობაზე.

ისმის კითხვა: როდის მუდავნდება დეფექტები?

გამომჟღავნების დროის მიხედვით დეფექტები და დაზიანებები განაწილებულია შემდეგნაირად:

- მშენებლობის პერიოდზე მოდის 28%;

-იმ მომენტისთვის, როდესაც შენობა აშენებულია, მაგრამ არ არის ჩაბარებული ექსპლუატაციაში - 30%;

-ექსპლუატაციის პროცესზე - 32% (მათ შორის 3 წლამდე - 14%, 15 წლამდე - 6%, 15 წელზე მეტი - 7%, კაპიტალური რემონტის შემდგომ პერიოდზე - 3%).

სპეციალისტების შეფასებით დეფექტები კონსტრუქციებზე

ნაწილდება:

- საძირკვლები და ფუძეები - 23%;
- რკინაბეტონის კონსტრუქციები - 17%;
- ხის კონსტრუქციები - 6%;
- ფოლადის კონსტრუქციები - 18%,
- აგურისა და ბლოკის კედლები - 36%;

დეფექტების და ავარიების უდიდესი რაოდენობა მოდის მშენებლობის პროცესის და ექსპლუატაციის პირველი პერიოდის დროს. მთავარი მიზეზები არის: კონსტრუქციებისა და მონტაჟის არასაკმარისი ხარისხი, პირაპირების მოჭიმვა, ფუძეების დაჯდომა, ტემპერატურულ-ტენიანობრივი ცვლილებები, რომლებიც გამომჟღავნდება რკინაბეტონისა და აგურის კონსტრუქციების დეფორმაციებსა და დაზიანებებში, ტენდამცავი, თბოტექნიკური და აკუსტიკური თვისებების ჩათვლით.

შენობის აგების და ელემენტების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განვითარების მიხედვით ყველა კონსტრუქცია ადაპტირდება და ეგუება ფუნქციონირების რეალურ, კონკრეტულ პირობებს. შენობის რთულ, ერთიან სისტემაში მშენებლობის პირველი და შემდგომი სამშენებლო პერიოდები ხასიათდება ყველა ელემენტების ურთიერთკავშირით (ერთმანეთზე ძაღვების გადანაწილების პრინციპის დაცვით). ამ პერიოდში აღინიშნება შიდა კედლების გადახრა, ჩაჯდომა, კონსტრუქციის (მასალების) ტემპერატურული დეფორმაციები, მასალებისა და კვანძების ცოცვადობა. ამასთანავე, დიდ გავლენას ახდენს კონსტრუქციების დამზადების და მისი მონტაჟის ცდომილებები, ფუძეების დეფორმაციები და მის მიერ გამოწვეული ნაგებობების დეფორმაციები, რაც არის ცალკეული ელემენტების

დამატებითი დეფორმაციების განვითარების მიზეზი.

საზღვარგარეთ წყაროებში [1], [2] მტყუნებების (დეფექტების, დაზიანებების) მიზეზებისა და სხვადასხვა სტადიებზე მის განაწილებაზე მოიყვანება სხვა ციფრები. [2]-ის თანახმად, მშენებლობაში დეფექტების მთავარი მიზეზი 50%-იანი ალბათობით - პროექტირების დროს დაშვებული შეცდომებია. სხვა მიზეზებად დასახელებულია: მონტაჟის ტექნოლოგიის დარღვევები (17,5%); მასალებისა და კონსტრუქციების დაბალი ხარისხი (14,5%); ნორმატიული დოკუმენტების ხარვეზები (4%); სხვა მიზეზები და მათი შეხამება (14%). ნაშრომში მოყვანილია ცოტაოდენ სხვა მონაცემები: პროექტის შეცდომები - 25%; დამზადებისა და მონტაჟის დეფექტები - 48%; მასალების დაბალი ხარისხი - 6%; პროექტირების ნორმების ხარვეზები - 4%; არასწორი ექსპლუატაცია - 16%; დანარჩენი - 1%.

[4]-ში მოყვანილი დეფექტებისა და დაზიანებების რიცხოვნობა მნიშვნელობებში მიზეზად პირველ ადგილზე დგას არცოდნა, არაკეთილსინდისიერება, გულგრილობა - 35%, მეორე ადგილზე - ცოდნის სათანადოდ ვერ შეფასება - 25%.

სხვადასხვა სტადიებზე (%) დაზიანებების პროცენტული განაწილება (სხვადასხვა ავტორების მონაცემები).

ავტორები	პროექტირება	მშენებლობა	ექსპლუატაცია	სხვა ფაქტორები	საერთო რაოდენობა
1	2	3	4	5	6
Matousek	37	35	5	25	100
BrandGlatz	40	40	-	20	100
Yamamoto	36	43	21	-	100

Grunau	40	29	31	-	100
Reygaertz	49	22	29	-	100
Melchers et al	55	24	21	-	100
Fraczek	55	53	-	-	108*
Allen	55	49	-	-	104*
Hadipriono	19	27	33	20	99
საშუალო	43	36	16	7	102*
*-კომბინირებული მიზეზები > 100%					

საზღვარგარეთის ავტორების განზოგადებული მონაცემები დაზიანების მიზეზებზე იძლევა შემდეგ შედეგებს:

დაპროექტების შეცდომები - 20%-დან 55%-მდე;

დამზადების ტექნოლოგიისა და მონტაჟის დარღვევა - 17,5%-დან 53%-მდე;

მასალების დაბალი ხარისხი - 6%-დან 14,5%-მდე;

ნორმატიული დოკუმენტების ხარვეზები - 4%-მდე;

სხვა მიზეზები - 25%-მდე.

ასეთი გაფანტვა შეიძლება აიხსნას ავტორების სხვადასხვა მიდგომებით, მტყუნებების მიზეზების განსაზღვრის, სტატისტიკური მასალის არასაკმარისობით, ავარიების მიზეზების შეფასების არასრულყოფილობით.

როგორც ზემოთმოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, შენობის უსაფრთხოებაზე გავლენის მქონე, ავარიულ სიტუაციამდე მიმყვანი ძირითადი დეფექტები და დაზიანებები ჩნდება როგორც დაპროექტების დროს დაშვებული შეცდომებით, ისე მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პერიოდში.

შენობების რკინაბეტონის ელემენტების დამზადების დეფექტები

სავსებით მრავალფეროვანია. ანალიზის მოხერხებულობისთვის ისინი გაერთიანებულია ოთხ ჯგუფში:

I - ელემენტების ზომებისა და ფორმის გადახრები;

II - ელემენტების ზედაპირის დეფექტები;

III - ბზარები დამცავ ფენაში, კუთხეებისა და წიბოების ანახლეჩები;

IV - არმატურისა და ჩასატანებელი ნაწილების არასწორი მონტაჟი.

ცალკეული ელემენტების დამზადების დეფექტები არსებით გავლენას ახდენს მშენებლობის ხარისხსა და შრომატევადობაზე, შემდგომში კი - შენობების ექსპლუატაციაზეც.

I ჯგუფი. რეალური გაბარიტული ზომების საპროექტოსგან მნიშვნელოვანი გადახრები ართულებს და აძვირებს მონტაჟს, ამცირებს პირაპირების შეერთების საიმედოობას, აუარესებს ნაგებობების გარეგნულ იერსახეს. ელემენტების სისქის შემცირება, კერძოდ, დამცავი ფენის, მკვეთრად აისახება ნაგებობების საექსპლუატაციო ხარისხსა და ხანგამძლეობაზე;

II ჯგუფის დეფექტები უმთავრესად აუარესებს ნაგებობების გარეგნულ იერსახეს და დიდი ნიჟარების არსებობისას ასუსტებს მის სიმტკიცეს.

III ჯგუფის დეფექტებს არმატურა მიჰყავს კოროზიამდე და საბოლოოდ შენობის დანგრევამდე.

IV ჯგუფის დეფექტები ამცირებს კონსტრუქციების მზიდუნარიანობას, მონტაჟის სიზუსტესა და საიმედოობას.

**სამშენებლო კონსტრუქციების დეფექტებისა და
დაზიანებების კლასიფიკაცია, მათი გავრცელების
(განაწილების) ხასიათი**

დეფექტის წარმოქმნა, ბუნება, განლაგება, ზომები, შენობა-ნაგებობების კონსტრუქციების საექსპლუატაციო საიმედოობაზე და მზიდ უნარიანობაზე გავლენა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და ძირითადად კონსტრუქციის მასალაზე (ქვის, რკინაბეტონის, ლითონის, ხის), შენობის ან ნაგებობის ტიპზე (აგურის, რკინაბეტონის კარკასით, მონოლითური რკინაბეტონის, მსხვილპანელური და მსხვილბლოკური, მოცულობითი ბლოკებისგან, ფოლადის კარკასით, ხის) და ექსპლუატაციის პირობებზე. დეფექტებისა და დაზიანებების არსებობას ადგენენ დამახასიათებელი ნიშნებით ვიზუალურად ან ინსტრუმენტალურად. მაგალითად, იმის გათვალისწინებით, რომ ფუძეები და საძირკვლები დამალულია ქვაბულებისა და თხრილების შემვსები გრუნტების ქვეშ, მისი არასასიკეთო ტექნიკური მდგომარეობის ძირითადი ირიბი ნიშნებით და იმავდროულად **გამოკვლევის ჩატარების საბაზი არის:**

-შენობების, ნაგებობებისა და მათი ცალკეული სამშენებლო კონსტრუქციების დეფორმაციები (დახრები, გამოზნექები, გრეხა, გადახრები, ჩაღუნვები, ბზარები, ჩამოშლები და ა.შ.);

-გრუნტების დაწევა შენობებისა და ნაგებობების გარშემო, ასევე იატაკების დაჯდომა სარდაფის სათავსოებში;

-საძირკვლებისა და კედლების დეფორმაციები და დანგრევები სარდაფის სათავსოებში;

-ტერიტორიების შეტბორვა შენობებისა და ნაგებობების გარშემო, ასევე სარდაფის სათავსოების გრუნტის წყლების დონის ცვლილება,

წყალმომარაგებისა და კანალიზაციის საყოფაცხოვრებო და ტექნოლოგიური სისტემების ავარიები;

-გარე წყალსარინელის მოშლა (შემონაკირწყლები, წყალსარინი მილები, სადრენაჟო სისტემები), ასევე შვეული მომანდაკების მთლიანობის დარღვევები.

შენობების კონსტრუქციების დაზიანებების ხარისხი განისაზღვრება რიცხოვრივი და ხარისხოვრივი პარამეტრების შეფასების გზით.

დეფექტებისა და დაზიანებების კლასიფიკაციას ახდენენ შემდეგი ნიშნებით:

შენობა-ნაგებობების სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებებისა და დეფექტების შედეგების გამომჟღავნების სახეობის მიხედვით გაარჩევენ:

-სიმტკიცისა და მდგრადობის დაკარგვამდე მიმყვანი მზიდი სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებები და დეფექტები;

-შენობა-ნაგებობების კონსტრუქციების შემასუსტებელი და საექსპლუატაციო მახასიათებლების შემამცირებელი შემომზღუდავი სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებები;

-შენობა-ნაგებობების საექსპლუატაციო მახასიათებლების შემამცირებელი

სამშენებლო კონსტრუქციების მეორეხარისხოვანი ელემენტების დაზიანებები.

შენობა-ნაგებობების სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებებისა და დეფექტების წარმოქმნის მიზეზების მიხედვით გაარჩევენ:

-ბუნებრივი ან ტექნოგენური ხასიათის გარე ფაქტორების ზემოქმედებები;

-ტექნოლოგიური პროცესებით შეპირობებული შიდა ფაქტორების

ზემოქმედებები;

-შენობა-ნაგებობების გეოლოგიური კვლევების, პროექტირებისა და მშენებლობის დროს შეცდომებით გამოწვეული დეფექტები;

-შენობა-ნაგებობების ექსპლუატაციის წესების დარღვევები.

შენობა-ნაგებობების სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებები და დეფექტები. **გამომჟღავნების დროის მიხედვით** შეიძლება იყოს დადგენილი:

-მშენებლობის პროცესში;

-ექსპლუატაციის დროს;

-ბუნებრივი ან ტექნოგენური ხასიათის გარე ფაქტორების ზემოქმედების შემდეგ.

გამოვლენის ხერხების მიხედვით დაზიანებები და დეფექტები შეიძლება იყოს აშკარა, ვიზუალური დათვალიერებით გამოვლენილი და ფარული, რომლების დასადგენად საჭიროა გამოკვლევის ინსტრუმენტალური მეთოდი.

შენობა-ნაგებობების სამშენებლო კონსტრუქციების **დანგრევების პროცესების ხასიათიდან გამომდინარე** გაარჩევენ:

-მექანიკური წარმოშობის დაზიანებებსა და დეფექტებს (გადატვირთვები, გრუნტის ფუძის დეფორმაცია);

-სეისმური ზემოქმედებები;

-მექანიკური დარტყმები და ა.შ.

-ფიზიკურ-ქიმიური წარმოშობის (აგრესიული თხევადი და გაზისებრი გარემოების ჟანგვა და კოროზია, მომატებული ტენიანობა, ტემპერატურული ზემოქმედებები, ბიოლოგიური პროცესები და ა.შ.)

მზიდი უნარიანობის დაწევასთან დამოკიდებულებაში სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანების ხარისხი და მათი აღდგენის

შესაძლებლობები წარმოდგენილია ცხრილი 1-ში.

ცხრილი 1

დაზიანების ხარისხი	მზიდ უნარიანობის შემცირება, %	აღდგენის შესაძლებლობა
უმნიშვნელო	0-5	არ არის საჭირო
სუსტი	15-მდე	გადლიერება და მიმდინარე რემონტი
საშუალო	25-მდე	გადლიერება და კაპიტალური რემონტი
ძლიერი	50-მდე	გადლიერება და კაპიტალური რემონტი ტექნიკურ-ეკონომიკური საფუძველისას ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების გამოცვლით
სრული დანგრევა	50 მეტი	დაშლა და ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების გამოცვლა

ყველაზე უფრო ხშირად შენობის და მათი სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებები გამოწვეულია არა ერთი რომელიმე ფაქტორით, არამედ მათი ჯამური ზემოქმედების შედეგად, ამასთანავე ერთი რომელიმე ფაქტორის შესამჩნევი ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს სხვა ფაქტორების ზემოქმედების გაძლიერება.

შენობის საიმედოობისა და ხანგრძლივობის ასამაღლებლად საჭიროა სამშენებლო კონსტრუქციების, შენობის მდგომარეობის პერიოდული შემოწმების ჩატარება გამოყენებული სამშენებლო მასალების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების, სამშენებლო კონსტრუქციების სიმტკიცისა და საიმედოობის, შემომფარგლავი კონსტრუქციების თბოსაიზოლაციო და ბგერათსაიზოლაციო

თვისებების, ჰიდროსაიზოლაციო მასალების წყალგაუმტარობის დადგენის მიზნით.

სამშენებლო მასალების, კონსტრუქციების დეფექტები და დაზიანებები, რომლებიც ექსპლუატაციის დასაწყის პერიოდში საშიშროებას არ წარმოადგენს, ექსპლუატაციის პირობების არახელსაყრელი ზემოქმედებისას შეიძლება მიიყვანოს ავარიულ სიტუაციამდე.

ხილული დეფექტების და დაზიანებების საშიშროების

განსაზღვრის კრიტერიუმები

თუ ადამიანს აქვს სიცხე, ის გრძნობს სისუსტეს და ტკივილს, ეს კი რაღაც დაავადების ნიშანია. სიმპტომების მიხედვით ექიმი ადგენს დაავადების დიაგნოზს და შემდეგ ნიშნავს მკურნალობას. ასეთი მიდგომით, ხილული დეფექტები და დაზიანებები შენობებისთვის და ცალკეული სამშენებლო კონსტრუქციებისთვის დაავადების სიმპტომებია და მის მიხედვით სწორი დიაგნოზის დასმა ნიშნავს თვით დაავადების დადგენას, მისი მიზეზების განსაზღვრას და ისეთი „მკურნალობის“-გამდიდრების სქემის შექმნას, რომელიც უზრუნველყოფდა შენობის საიმედოობას და ხანგრძლივად არსებობას.

ამიტომ სამედიცინო ტერმინი დიაგნოსტიკა საფუძვლიანად გამოიყენება მშენებლობაში. მსგავსება არის სხვაშიც. თუ სამედიცინო დიაგნოსტიკაში ობიექტური მაჩვენებლების როლს ასრულებენ ლაბორატორიული ანალიზები, კარდიოგრამა და ა.შ. მშენებლობაში გაზომვები (ფაქტიური კვეთების, მალეების, ღუნვების, ბზარების სიგანეს და ა.შ.), კონსტრუქციული მასალებისა და ფუძის გრუნტის ნიმუშების გამოცდა, სწორი გაანგარიშება და ა.შ. ხოლო მთავარი განსხვავება არის ის, რომ ადამიანის ორგანიზმი თვითონ ებრძვის

დაავადებას და ხშირად იკურნება მედიცინის დახმარების გარეშე. სამშენებლო კონსტრუქციები ამ თვისებით არ ხასიათდებიან, ისინი თუ „დაავადდნენ“ დაზიანება მიიღეს, ესე იგი სამუდამოდ, დროთა განმავლობაში დაავადება მხოლოდ პროგრესირდება და დახმარების გარეშე ვერ განიკურნებიან.

ამ ნაშრომში განხილულია მხოლოდ ის საკითხები, რომლებიც დაკავშირებულია უშუალოდ შენობისა და კონსტრუქციების დეფექტების და დაზიანებების გარეგნულ ხილულ ნიშნებთან და როგორც იტყვიან, ჩანს შეუიარაღებელი თვალით. თუმცა სწორედ გარეგნული ნიშნები ითვლება ნებისმიერი ავარიულობის (დაავადების) პირველ სიმპტომად და ისინი წარმოადგენენ სწორედ დიაგნოსტიკის საფუძველს. ავარიულობის ან არადადამაკმაყოფილებელი მდგომარეობის ნიშნები სხვადასხვაგვარია და მათი დეტალური აღწერა დიდ დროს მოითხოვს, მით უმეტეს, რომ ხშირად ისინი არსებობენ ერთდროულად, სხვადასხვა ერთობლიობაში. ვეცადეთ თავი მოგვეყარა და მოგვეწოდებინა ყველაზე გავრცელებული დეფექტების და დაზიანებების ნიშნები.

დასკვნა

შენობებში ყველაზე მეტად გაჩენილმა დეფექტებისა და დაზიანებების ანალიზმა აჩვენა, რომ დეფექტების და დაზიანებების პროცენტული მაჩვენებლები, ზოგადი ტენდენციის შენარჩუნებასთან ერთად, წლების განმავლობაში იცვლება, რაც დიდწილად დაკავშირებულია ქვეყანაში სამშენებლო მეცნიერებისა და ტექნიკის მდგომარეობაზე, სპეციალისტების განვითარების დონეზე, საშენი მასალების მრეწველობის მდგომარეობაზე და მშენებლობაში ზედამხედველობის ორგანოების საქმიანობის მაღალ სტანდარტზე, საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზის სრულყოფაზე და ქვეყანაში

სამშენებლო სფეროს ეკონომიკურ მდგომარეობაზე. ბოლო წლების განმავლობაში განსაკუთრებით მომატებულია დეფექტებისა და დაზიანებების რაოდენობა. მშენებლობის მოცულობის გაზრდით, მასალების ეკონომიასთან დაკავშირებული მოთხოვნების მომატებასთან ერთად მცირდება სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტები. გარდა ამისა, მშენებლობის სფეროში შედის უფრო და უფრო მეტი დაბალი კვალიფიკაციის მუშაკი, აღარ არის იშვიათობა საპროექტო გადაწყვეტილებებისგან, ნორმებისგან, წესებისგან, ტექნოლოგიებისაგან გადახრა, რამაც მიგვიყვანა დეფექტებისა და დაზიანებების პროცენტის გაზრდამდე.

კონსტრუქციების დეფექტებმა და დაზიანებებმა, რომლებიც ექსპლუატაციის საწყის პერიოდში საშიშროებას არ წარმოადგენს, ექსპლუატაციის პირობების არახელსაყრელი ზემოქმედებისას შენობა შეიძლება მიიყვანოს ავარიულ სიტუაციამდე.

ლიტერატურა

1. Перельмутр, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутр. – Киев: Изд-во Укр НИИПСК, 2000.
2. Витрувий М.П. Десять книг об архитектуре / М.П. Витрувий; пер. с латинского Ф.А. Петровского. Изд. 2-е. исправ. – М.: Едиторная УРИ, 2003. – 310 с.
3. Альберти, Л.Б. Десять книг о зодчестве / Л.Б. Альберти. – М.: Изд. Всесоюзной академии архитектуры, 1935.
4. Рекомендации по оценке надежности зданий и сооружений по внешним признакам, Москва : АО ЦНИИпромзданий, 1996.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТРАВЯНОГО ПОКРОВА ПЛОЩАДКИ ГОЛЬФ-КЛУБА «АРАРАТ»

Аванесян Элеонора Вячеславовна, степень обучения – Докторантура. e-mail: avanesyane12@gmail.com

Оганян Овсеп Арменович, степень обучения Докторантура. e-mail: hovsep.ohanyan1995@mail.ru

Мелконян Арамаис Маркосович, степень обучения Магистратура. e-mail: melkonyanaramayis@gmail.com

Доктор технических наук, профессор Ваче Оганесович Токмаджян

Аннотация

С целью повышение влагоемкости почвы и удержание в ней дополнительного объема воды от осадков и грунтовых вод, для безполивного или резко сокращённого поливного режима выращивания травяного покрова Гольф-клуба «Арарат» проводились натурные экспериментальные исследования. Полученные результаты доказывают целесообразность применения ПММ в почве для повышения ее полевой влагоемкости, которое приведет к жизнестойкости растений за счет накопления осадков и сокращение затрат удобрений в почве. Наиболее эффективным получаются при применение «ПММ» из расчета 200 г.ПММ/м² (3 г.ПММ/кг почвы).

Ключевые слова: влагоемкости почвы, безполивной режим, резко сокращённый поливной режим

Abstract

In order to increase the moisture capacity of the soil and retain additional water in it from precipitation and groundwater, field experimental studies were carried out for the no-irrigation or sharply reduced irrigation regime for growing the grass cover of the Ararat Golf Club. The results obtained prove the feasibility of using PMM in the soil to increase its field moisture capacity, which will lead to the viability of plants due to the accumulation of precipitation and a reduction in the cost of fertilizers in the soil. The most effective are obtained when using "PMM" at the rate of 200 g. PMM / m² (3 g. PMM / kg of soil).

Key words: moisture capacity of the soil, no-irrigation regime, sharply reduced irrigation regime

Основная часть

Площадка для гольфа состоит из серии лунок, каждая из которых имеет свою стартовую площадку (Teeing ground). Частью площадки являются гладкое поле и неровное поле (Fairway and rough). Финальной частью площадки является лунка, которая, для возможности ориентирования, помечается каким-либо образом (чаще флажком). Лунка располагается на специальной лужайке «грин» (Putting green), где высота травы минимальна. В прочих местах высота травы может быть самой различной для того, чтобы затруднить прохождение площадки. Большинство лунок располагаются на линии прямой видимости от стартовой площадки до грина. Такие лунки обычно называются «доглег» (англ. dogleg, как отсылка к форме собачьей лапы). Первоначальные шотландские площадки, в основном, располагались на дюнах (links), покрытых слоем земли. Это привело к возникновению термина «линкс», который означает площадку для гольфа у побережья, построенную на песчаном естественном основании. Поле для современного гольфа представляет собой огороженную территорию площадью от нескольких единиц до нескольких десятков гектаров, засеянную травой, подстриженной до высоты различного уровня на различных участках, и с возможным наличием других элементов (рис. 1) [3].

Климатические условия г. Еревана создают проблемы для обеспечения качественного травяного поля, что, в основном, связано с характеристиками грунта Гольф клуба «Арагат», а также сильными ветрами данной местности. Вопрос обеспечения зеленого покрова в настоящее время решается применением интенсивного полива, что заметно увеличивает расходы эксплуатации поля, а также приводит к нежелательному перерасходу воды.



Рис. 1 Поле Гольф-клуба «Арагат» в г. Ереван

На уровень влажности почвы влияет тип растительности, рельеф местности,

система обработки, наличие ветров, температура окружающей среды и т.д. Коэффициент фильтрации, оказывающий влияние на уровень плодородности почвы, — характеристика проницаемости грунта по отношению к фильтрующейся воде, который при линейном законе фильтрации равен скорости фильтрации воды при единичном градиенте напора. Водорастворимые синтетические и природные полимеры по химическому составу, включающие целлюлозу, желатинизированные крахмалы, оксиды полиэтилена, альгинаты, полиакриламиды, полимеры карбоксивинила и виниловый спирт, повышают вязкость воды.

Известно, что водный режим растений характеризуется физическими процессами, которые происходят в почве при внесении туда воды — движение, расход, сохранение влаги, расположение в разных горизонтах и т.д. Если в почве с достаточным количеством питательных веществ наблюдается дефицит воды и воздуха, то растение быстро погибает. Поэтому почву обеспечивают необходимым количеством воды и воздуха, которые располагаются в порах и занимают в зависимости от грунта до 40% ее объема. Вода под действием силы тяжести через крупные поры просачивается в почву, а потом через мелкие поры и капилляры фильтруется в глубь. В песчаных грунтах показатель фильтрации значительно выше, чем в глинистых. Растения только 30% от полевой влагоемкости легко используют для своего питания, а при уменьшении влагоемкости до 13% начинается их увядание. Кроме того, важное значение для растений имеют такие показатели, как испарение, выталкивающие свойства почвы и т.д. Влажность воздуха, как абиотический фактор, оказывает заметное влияние на растения. При дефиците насыщения водяного пара резко возрастает испарение с поверхности почвы и усиливается транспирация растений. Осадки — основной источник влаги для сельскохозяйственных угодий. Колебание урожая выращиваемых культур в различных регионах в значительной мере связано с колебаниями осадков вегетационного периода. Ветер — абиотический фактор природы, способствует опылению растений, переносу семян, дикорастущих деревьев и трав. Отрицательное действие ветра состоит в усилении непродуктивного испарения с поверхности почвы, обуславливающего почвенную засуху, а также в ветровой эрозии и в усилении повреждения растений при засухах.

Решение проблемы обеспечения качественного травяного поля Гольф-клуба «Арагат», может стать уменьшение коэффициента фильтрации почвы. С этой целью авторами проведены испытания по повышению полевой влагоемкости с помощью вносимых в почву полимерно-минеральных

материалов (ПММ), что позволит сохранить дополнительно воду для роста и выживания растения, накопленную от осадков или искусственного полива. Причем объем собранной воды можно регулировать количеством внесенного в субстрат ПММ [1, 2].

Цель исследования - повышение влагоемкости почвы и удержание в ней дополнительного объема воды от осадков и грунтовых вод, для безполивного или резко сокращённого поливного режима выращивания травяного покрова Гольф-клуба «Арарат». Натурные исследования проводились на участке поля Гольф-клуба «Арарат» - площадью 600 м².



Рис. 2 Поле Гольф -клуба «Арарат»
(Начало эксперимента - 17 июня 2022 г.)

Подготовка поля и посев проводилась 17 июня 2022г. Исследования проводились тремя повторяющимся вариантами. Площадь каждой экспериментальной ячейки составила 25 м². Каждый вариант эксперимента состоял из четырех ячеек (участков). Первая – контрольная (без «ПММ»); вторая – из расчета 100 г. ПММ/м², третья – из расчета 200 г. ПММ/м², четвертая – из расчета 300 г. ПММ/м². После посева поле интенсивно орошалась 3 раза – в день посева (17.06.2022г.), через 10 дней (27.06.2022 г.) и через 20 дней (07.07. 2022 г.) после посева.



Рис. 3 Поле Гольф-клуба «Арарат» (17.08.2022 г.)
(слева - контрольный участок, справа – участок с 200 г.
ПММ/м²)



Рис. 4 Поле Гольф-клуба «Арарат» (30.09.2022 г.)
(слева - контрольный участок, справа – участок с 200 г.
ПММ/м²)

Начиная с 07.07.2023г. искусственное орошение экспериментального участка поля было прекращено. В условиях засухи, трава на участке с применением «ПММ» лучше держалась и погибла значительно позже (рис. 3, 4). Весной травяной покров на участке с применением ПММ практически восстановился.



Рис. 5 Поле Гольф-клуба «Арарат» (04.05.2023 г.)

(слева - контрольный участок, справа – участок с 200 г.
ПММ/м²)

Заключение

Полученные результаты доказывают целесообразность применения ПММ в почве для повышения ее полевой влагоемкости, которое приведет к жизнестойкости растений за счет накопления осадков и сокращение затрат удобрений в почве.

Наиболее эффективным получаются при применение «ПММ» из расчета 200 г.ПММ/м² (3 г.ПММ/кг почвы).

Литература

1. Автоматизация процессов выращивания растений в субстратах с водоаккумулирующим полимерно-минеральным материалом. Под редакцией проф. А.А. Вартаняна (состав авторов А.А.Вартанян, О.В.Токмаджян, А.А.Шахназаров, С.Б.Галстян, М.В.Маркосян, В.О.Токмаджян, Н.А.Микаелян) Монография. Степанакерт, Изд. «ШТУ», 2021 г. – 158 стр. ил. 76, библи.35
2. Galstyan S.B., Vartanyan A.A., Tokmajyan V. H., Gorshkova N.E., Tokmajyan H.V. The regulation of water regime of field crops and decorative woody plants in natural conditions by applying polymer-mineral raw material //Bulletin of high technology, Shushi, N1 (11), 2020, pp. 11-15.
3. Golf//https://web.archive.org/web/20091028013420/http://encarta.msn.com/encyclopedia_761570500/Golf.html#p2

ნარჩენი ჩანაცვლების ღირებულება

დოქტორანტი გრიგოლ ამაღლობელი, I კურსი
giga.amaglobeli@gmail.com, ტელ: +995 598 424 040
ხელმძღვანელი პროფესორი ელინა ქრისტესიაშვილი
e.kristesiashvili@gtu.ge +995 593 256 465

ანოტაცია

თანამედროვე მსოფლიოში და განსაკუთრებით პოსტ საბჭოთა სივრცეში დიდ აქტუალობას იძენს მორალური და ფიზიკური ცვეთის შედეგად დასანგრევი ან სარეკონსტრუქციო საცხოვრებელი სახლები და საწარმოო კომპლექსები. ასეთი შენობების უმრავლესობა აშენებულია გასულ საუკუნეში, მათთვის დამახასიათებელი დაპროექტების კომუნალური (კორიდორული) სისტემით, პატარა ფართის საკვანძებით და სამზარეულოებით, სართულშუა გადახურვის არასაკმარისი მზიდუნარიანობით, საექსპლუატაციო ვადების ამოწურვით, მოუხერხებელი გეგმარებით, თბო, ჰიდრო, ბერასაიზოლაციო მასალებით შესრულებული შემომფარგლავი კონსტრუქციებით, ასევე ფუნქციის დაკარგვით, მაგალითად, ისეთი საწარმოო კომპლექსებისთვის, რომელთა ფუნქციონირება არა რენტაბელურია ან მოძველებულია ან ქალაქის ცენტრში მისი ფუნქციონირება დაუშვებელია.

ცვეთასთან პირდაპირ კავშირშია ექსპლუატაცია და ექსპლუატაციის ვადა, შეიძლება შენობას ვადა გაუვიდეს ვადის ამოწურვამდე? და პირიქით, შესაძლებელია პროგნოზირებული პერიოდის ვადის გახანგრძლივება? როგორ დგინდება ექსპლუატაციის ვადა, არის რამე ფორმულა? თუ პირობითია?

საკვანძო სიტყვები: შეფასება, დანახარჯები, ცვეთა, ჭარბი კაპიტალის

დანახარჯები.

Abstract

In the modern world, and especially in the post-Soviet space, residential houses and industrial complexes to be demolished or reconstructed as a result of moral and physical wear and tear gain great relevance. The majority of such buildings were built in the last century, with their characteristic communal (corridor) design system, small-sized kitchens and lockers, insufficient load-bearing capacity of inter-floor roofing, Expiration of service life, inconvenient planning, enclosing constructions made with heat, hydro, sound insulation materials, as well as loss of function, for example, for such production complexes, the operation of which is unprofitable or outdated or its operation in the city center is not allowed.

Depreciation is directly related to operation and service life, can a building expire before the end of its life? And vice versa, is it possible to extend the forecast period? How the term of operation determined is, is there any formula? Is it conditional?

Key words: rate, expenses, worn out, Excess capital expenditure

შესავალი

თემის მიზანია ყურადღება მივაქციოთ საკითხებს, რომლებიც დაკავშირებულია შეფასების მეთოდის ნარჩენი ჩანაცვლების ღირებულების გამოყენებასთან. დანახარჯების მიდგომა და ნარჩენი ჩანაცვლების ღირებულების მეთოდი განიხილება სინონიმებად.

შეფასების სამი ძირითადი მიდგომა

შეფასების საერთაშორისო სტანდარტებში არსებობს სამი ძირითადი მიდგომა: საბაზრო მიდგომა, შემოსავლის მიდგომა და დანახარჯების მიდგომა.

დანახარჯების მიდგომა

დანახარჯების მიხედვით მიდგომა - გულისხმობს შემდეგს: დგინდება მიწის ნაკვეთის (როგორც ვაკანტურის) ან შენობა-ნაგებობის საბაზრო ღირებულება, რომელსაც ემატება იდენტური (ანალოგიური) შენობა-ნაგებობის ახალი მშენებლობის ხარჯები და აკლდება ყველა სახეობების ცვეთა (ფიზიკური, ფუნქციონალური და ეკონომიკური).

მეთოდი: ნარჩენი ჩანაცვლების ღირებულება

ნარჩენი ჩანაცვლების ღირებულება განისაზღვრება, როგორც აქტივის ჩანაცვლების ღირებულება მისი მსგავსი თანამედროვე აქტივით, ყველა შესაფერისი ფორმის ფიზიკური ცვეთის/მოძვლების გამორიცხვით.

დაგეგმვა, განხორციელება და დასრულება

ვაპირებ ჩემი ნაშრომისთვის მოქმედებები დავყო ეტაპებად: დაგეგმვა, განხორციელება და დასრულება.

დაგეგმვა

- საწყის ეტაპზე ვგეგმავ:
- არსებული კვლევების მოძიებას
- ახალი ექსპერიმენტის დაგეგმვას

განხორციელება

1. **ხარისხობრივი** - ტარდება ობიექტის გარკვეული ხარისხის ან მახასიათებლის არსებობის ან არარსებობის გამოვლენის მიზნით;
2. **გაზომვითი** - ტარდება გამოსაკვლევი ობიექტის რაოდენობრივი მახასიათებლის გამოვლენის მიზნით;
3. **კასიური** - წარმოადგენს ტრადიციულ მეთოდს, როცა ტარდება ცდათა მრავალი სერია გავლენის ფაქტორთა ვარირების მონაცვლეობით; (იმ ფაქტორების ვარირებით, რომლებიც გავლენას ახდენენ ექსპერიმენტის შედეგზე)

4. აქტიური - ტარდება ექსპერიმენტის წინასწარ შედგენილი გეგმის მიხედვით, ამასთან გათვალისწინებულია ყველა იმ პარამეტრის ერთდროული გაზომვა, რომლებიც პროცესზე ახდენენ გავლენას.

საცხოვრებელი კორპუსების რეკონსტრუქციის პრობლემა განსაკუთრებით მწვავეა დიდ ქალაქებში (მეგაპოლისები). ურბანული რეკონსტრუქციის ძირითადი მიმართულებები განისაზღვრება მათი ტერიტორიების ფუნქციური ზონების მახასიათებლებით. თბილისში, სადაც სხვადასხვა პერიოდის შენობების დიდი რაოდენობაა, რომლებიც საჭიროებენ რეკონსტრუქციას, ეს პროცესი ორი მიმართულებით უნდა განვითარდეს: ისტორიული შენობების რეკონსტრუქცია, რომლის დროს უნდა შევინარჩუნოთ ძველი იერსახე, რომელიც ღირებულია არქიტექტურული, ისტორიული და კულტურული მახასიათებლების თვალსაზრისით; და მეორე მასობრივი სამრეწველო შენობების და საცხოვრებელი კორპუსების რეკონსტრუქცია.

ცვეთასთან პირდაპირ კავშირშია ექსპლუატაცია და ექსპლუატაციის ვადა, შეიძლება შენობას ვადა გაუვიდეს ვადის ამოწურვამდე? და პირიქით, შესაძლებელია პროგნოზირებული პერიოდის ვადის გახანგრძლივება? როგორ დგინდება ექსპლუატაციის ვადა, არის რამე ფორმულა? თუ პირობითია?

ძირითადი ნაწილი

უძრავი ქონების საბაზრო ღირებულების განსაზღვრის დანახარჯების მიდგომის მიხედვით, ცვეთა ნიშნავს ზუსტი ანალოგის ხელახლა შექმნის სავარაუდო ღირებულების კორექტირებას, რათა ასახულ იქნას ნებისმიერი ზემოქმედება, რომელიც გავლენას ახდენს აქტივის ღირებულებაზე, რომელიც გამოწვეულია მოძველების ფაქტორების გავლენით.

აღნიშნული განსხვავდება ფინანსური ანგარიშგებაში და საგადასახადო მიზნებისათვის დარიცხული ცვეთისგან, რომელიც გულისხმობს დროთა განმავლობაში აქტივის ღირებულების სისტემატურ შემცირებას.

ცვეთა იყოფა შემდეგი კატეგორიებად:

ა) ფიზიკური ცვეთა - აქტივის სარგებლიანობის დანაკარგი მისი ფიზიკური ან კონსტრუქციული ნაწილის გაუარესება, მისი ასაკის ან გამოყენების შედეგად.

ბ) ფუნქციური მოძველება: შენობის საიმედო მუშაობის (აქტივის სარგებლიანობის) ნებისმიერი დანაკარგი, რომელიც გამოწვეულია განსახილველი აქტივის ნაკლები ეფექტურობით მის შემცვლელ აქტივთან შედარებით, როგორცაა, მაგალითად, მისი კონსტრუქციის ან ტექნოლოგიის მოძველება;

გ) გარე ანუ ეკონომიკური მოძველება: აქტივის (აქ შენობის) სარგებლიანობის ნებისმიერი დანაკარგი, რომელიც გამოწვეულია გარე ფაქტორებით, როგორცაა ეკონომიკური ფაქტორები ან მისი ადგილმდებარეობა.

ცვეთა/მოძველება უნდა ითვალისწინებდეს აქტივის ფიზიკურ და ეკონომიკურ სასიცოცხლო ვადას:

ა) ფიზიკური სიცოცხლის ვადა არის ის, თუ რამდენ ხანს შეიძლება აქტივის გამოყენება, მანამდე სანამ აქტივი იმუშავებს, დაგეგმილი მოვლა-პატრონობის შემთხვევაში, განახლების და რეკონსტრუქციის გარეშე.

ბ) ეკონომიკური სასიცოცხლე ვადა - არის მოსალოდნელი პერიოდი, რომლის დროსაც აქტივს შეუძლია შემოსავლის მოტანა, ან უზრუნველყოს არაფინანსური სარგებელი მიმდინარე პერიოდში მისი გამოყენებით. აქტივზე გავლენას ახდენს ფუნქციური ან ეკონომიკური მოძველების.

გარდა გარკვეული ტიპის ეკონომიკური ან გარეგანი მოძველებისა, მოძველების ტიპების უმეტესობა ფასდება აქტივის შედარებით იმ ჰიპოთეტურ აქტივთან, რომელზედაც დაფუძნებულია ჩანაცვლების ან ჩანაცვლების სავარაუდო ღირებულება. თუმცა, მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ის მონაცემები, სადაც ხელმისაწვდომია ბაზრის მონაცემები, იმასთან დაკავშირებით თუ რა გავლენას ახდენს მოძველება ღირებულებაზე.

ფიზიკური მოძველების შეფასება შესაძლებელია ორი გზით:

- ა) გაჯანსაღებადი ფიზიკური მოძველება, ანუ მოძველების გამოსწორება/გაჯანსაღების ღირებულება ან
- ბ) შეუქცევადი ფიზიკური მოძველება, რომელიც ითვალისწინებს აქტივის ასაკს, გამოითვლება მოსალოდნელი მთლიანი და დარჩენილი სასიცოცხლო ვადის, შეფარდებით.

დარჩენილი სასიცოცხლო ვადა, სადაც ფიზიკური მოძველების შემდეგ ექვივალენტურია მოსალოდნელი მთლიანი მოხმარებული სიცოცხლის ნაწილის. სიცოცხლის საერთო ხანგრძლივობა შეიძლება გამოიხატოს ნებისმიერი გონივრული გზით, მათ შორის მოსალოდნელი სიცოცხლე წლების განმავლობაში, წარმოებული ერთეულების რაოდენობა და ა.შ.

არსებობს ფუნქციური მოძველების ორი ფორმა:

- ა) ჭარბი კაპიტალის დანახარჯები, რომლებიც შეიძლება გამოწვეული იყოს დიზაინის ცვლილებით, სამშენებლო მასალების, ტექნოლოგიის ან წარმოების ტექნიკის ცვლილებით, რის შედეგადაც მსგავს ეკვივალენტურ აქტივებს გააჩნიათ უფრო დაბალი კაპიტალის ხარჯებით, ვიდრე შესაფასებელ აქტივს.
- ბ) ჭარბი საოპერაციო ხარჯები, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს დიზაინის გაუმჯობესებით ან სიმძლავრის მომატებით, რის შედეგადაც

მსგავს ეკვივალენტურ აქტივებს გააჩნიათ შედარებით უფრო დაბალი საოპერაციო ხარჯები, ვიდრე შესაფასებელ აქტივს.

ეკონომიკური ცვეთა შეიძლება განისაზღვროს, გარე ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად, რაც გავლენას ახდენს ინდივიდუალურ აქტივზე ან ბიზნესში გამოყენებულ ყველა აქტივზე და გამოითვლება იმის შემდეგ, როდესაც გამოიქვითება ფიზიკური და ფუნქციური ცვეთა. უძრავი ქონებისთვის, ეკონომიკური ცვეთის მაგალითებია:

- ა) აქტივის მიერ წარმოებულ პროდუქტებზე ან მომსახურებაზე მოთხოვნის უარყოფითი ცვლილებები,
- ბ) ჭარბი მიწოდება აქტივების ბაზარზე
- გ) შრომის ან ნედლეულის მარაგის შეფერხება ან დაკარგვა, ან
- დ) აქტივს იყენებს ბიზნესი, რომელსაც არ შეუძლია გადაიხადოს საბაზრო ქირა აქტივისთვის და მაინც იღებს საბაზრო ანაზღაურებას.

დასკვნა

შენობა-ნაგებობის შეფასებისას, გარდა მისი ფიზიკური ცვეთისა, ყურადღება უნდა მიექცეს მის როგორც ფუნქციურ დაძველებას, ასევე მის გარე ანუ ეკონომიკურ დაძველებას.

ლიტერატურა

1. გ. ჭოხონელიძე, დ. კვაჭაძე, ი. მშვიდლობაძე, გ. ლუტიძე. საინჟინრო ნაგებობები; თბილისი; გამომცემლობა „ლეთა“; 2011 წ;
2. ა. ჩიქოვანი. საშენი მასალები; თბილისი; სტუ. 2006 წ;
3. თ. ჟორდანია, ზ. ეზუგბაია, ი. ირემაშვილი, ა. ეზუგბაია. შენობა-ნაგებობების თბო-, ბგერა- და ჰიდროიზოლაცია; თბილისი, სტუ, 2010წ;
4. ი. მშვიდლობაძე. შენობა-ნაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაცია. თბილისი, სტუ, 2018წ; 226 გვ.

ფიქლის სახურავი და მისი ტექნიკური დახასიათება

მაგისტრანტი გიორგი ბაციკაძე I კურსი ჯგ. 122231

george.batsikadze@yahoo.com ტელ: +995 592 482 252

ხელმძღვანელი პროფესორი არჩილ ჩიქოვანი

a.chikovani@gtu.ge ტელ: +995 555 105 000

ხელმძღვანელი პროფესორი ნინო მსხილაძე

n.mskhiladze@gtu.ge ტელ: +995 599 973 138

ანოტაცია

ყველაზე ძველი საცალო მასალად ითვლება მერქნის ელემენტები: ყავარი, სოლყავარი, ყავრისა (თლილი სათლეელი), ასევე კერამიკული კრამიტი და ფიქალი. ფიქალს აქვს ყველა სახურავი მასალისაგან გამორჩეული თვისებები: ფიქლის საშუალებით შეიძლება ნებისმიერი გეომეტრიული ფორმის კონსტრუქციის და სტილის სახურავის მთელი სიბრტყე დავფაროთ. სხვა სახურავი მასალისგან განსხვავებით მას აქვს მცირე ფერადოვნება, უმეტესად ესაა ბუნებრივი რუხი ელფერი, სტრუქტურა ფენოვანია, დამახასიათებელი ზეთოვანი ბზინვით. ორნამენტის შექმნისათვის გამოიყენება მწვანე და ბორდოს ელფერის ფაქალი.

საკვანძო სიტყვები: ფიქალი სახურავი, ფერი, ელფერი, ფილა ეკოლოგია, ჰიგროსკოპია, ქანობი.

Abstract

Wood elements are considered to be the oldest retail materials: crutch, wedge board, shingle, as well as ceramic tile and slate. Slate has unique properties among

all roofing materials: with the help of slate, we can cover the entire surface of the roof of any geometric shape and style. Unlike other roofing materials, it has little coloring, mostly it is a natural gray shade, the structure is layered, with a characteristic oily sheen. Green and burgundy color tile are used to create the ornament.

Key words: slate roof, color, hue, tile ecology, hygroscopicity, slope.

შესავალი

ფიქალი არის ბუნებრივი ქვა და აქვს ფენოვანი სტრუქტურა. ის გაჩნდა ჯერ კიდევ რამდენიმე მილიონი წლის წინათ. წყლისა და ქარის მოქმედებით იშლებოდა სამთო ქანები, რომელთა ნარჩენები ილექებოდა ზღვის ფსკერზე. ქმნიდა წვრილმარცვლოვან სტრუქტურას თიხისა და ლამის სახით. ამრიგად თანდათანობით ჩამოყალიბდა თიხოვანი ფორმაციები, რომელთა სისქეა რამდენიმე კილომეტრი. გარეგანი წნევის მოქმედებით ახლადწარმოქმნილი შრეების ქვედა ფენები გაქვავდა. შემდეგ მოხდა მათი გადაკრისტალება, ქანების გაბრტყელება და მისი ფენებად დალაგება. თითოეული ფენის სისქეა 1...9მმ, შროვანი სტრუქტურა საშუალებას იძლევა ფენები ადვილად მოვაცილოთ ერთმანეთს. ამის შედეგად ფიქლის სახურავს აქვს კარგი თბო- და ბგერათსაიზოლაციო თვისებები, იმის გამო, რომ ქვაში არ არის შინაგანი კაპილარები ის საერთოდ არ უშვებს და არ იწოვს წყალს, მედეგია ყინვისა და ულტრაიისფერი გამოსხივებისადმი. ასევე მოქნილი და ამავე დროს მაგარი ფიქალი ადვილად იბურღება, იჭრება და იპობა.

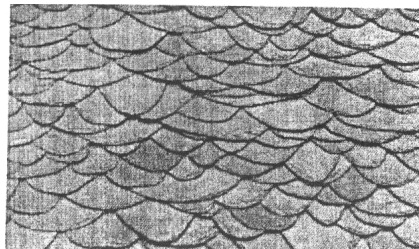
ძირითადი ნაწილი

ფიქლის ტექნიკური მახასიათებლებია:

- ფიქლის ფილების სისქეა 4 ... 9 მმ.
- ფილის ზომები ვარირებს 20 ... 25 სმ-დან 30 ... 60 სმ-მდე.
- ფიქლის სახურავის მასაა 25 კგ/მ², ორმაგის – დაახლოებით 50 კგ/მ².
- სახურავის ქანობი უნდა იყოს არანაკლებ 22°, იმის გათვალისწინებით, რომ რაც ნაკლებია ქანობი ფილა უნდა იყოს მეტი ზომის და პირიქით.
- ღუნვის სიმტკიცეა 60 მგპა.
- გამოიყენება ნებისმიერი გეომეტრიული სახურავისათვის.
- ფიქალი ძლებს 150 ... 200 წელიწადს.

ფიქლის სახურავის უპირატესობაა:

- ნეიტრალური და ეკოლოგიურად სუფთა მასალაა.
- მთელი სამსახურის დროს არ ხუნდება.
- სახურავის დიდი სიმტკიცე.



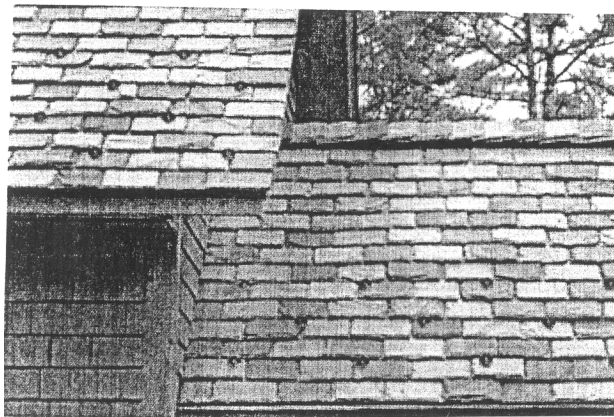
*ნახ. 1. ფიქლის სახურავის
ფრაგმენტი*

- ტემპერატურის ცვალებადობისადმი მდგრადობა.
- მაღალი ყინვამედეგობა.
- მაღალი სიმკვრივე.
- კოროზიული პროცესებისა და ულტრაიისფერისადმი მდგრადობა.
- დაბალი წყალშთანთქმა
- სითბოს მოქმედებით არ დეფორმირდება.
- კარგი ბგერათიზოლაცია.

- ხანმედგობა.

ფიქლის სახურავი წარმოადგენს საცალო ელიტურ მასალას. ფილას აქვს სხვადასხვა გეომეტრიული ფორმა და ზომა (ნახ. 2). ფირფიტის ამრობის შემდეგ ის ხელით უნდა დამუშავდეს. ფიქლის ფერთა ბუნებრივი გამა მუქი ელფერისაა:

- ღრმა შავი ფერი;
- მუქი-მწვანე;
- მუქი-ყავისფერი;
- რუხი.

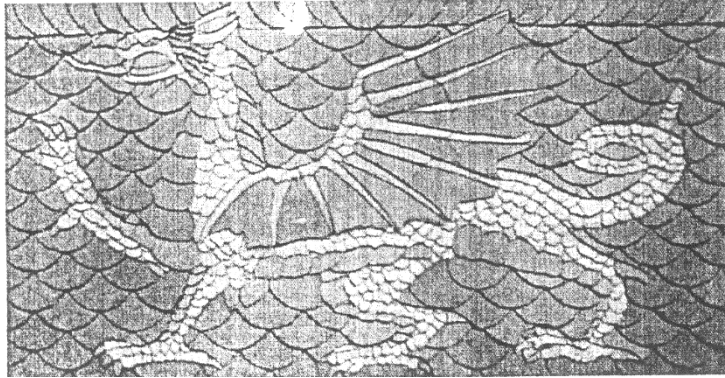


ნახ. 2. ფიქლის ლამაზი და მყუდრო სახურავი

არსებობს ფიქალი უფრო გაჯერებული ფერებით, მხოლოდ მათ უფრო ხშირად სხვადასხვა დეკორატიული ელემენტების ორნამენტისა და გასაფორმებლად იყენებენ (ნახ. 3).

ფიქალს აქვს ბევრი უპირატესობა, მაგრამ აქვს ნაკლიც:

- ფიქლის სახურავის ხარისხიანი და სწორი მონტაჟი შეუძლია მხოლოდ მაღალკვალიფიკაციის გამოცდილ მხურავს, რომელიც არც ასე ბევრია.
- ფიქლის დაწყობის პროცესი რთული და შრომატევადია, ამიტომ სახურავის ეს სამუშაოები საკმაოდ ძვირია.



ნახ. 3. ფიქლის სახურავი გველეშაპის გამოსახულებით.

- მაღალი ღირებულება განპირობებულია ნედლეულის მოპოვების სირთულით და წარმოების დროს ხელით შრომის გამოყენებით.
- ფიქლის სახურავის დიდი მასა მოითხოვს სახურავქვედა კონსტრუქციის დამატებით გაძლიერებას.

სახურავისათვის ყველა სახეობის ფიქალი არ გამოდგება. სახურავის ფიქალი გამოირჩევა, სიმტკიცით, მკვეთრად გამოხატული შრეებით და ჰიგროსკოპული არაა. მას აქვს სხვადასხვა ზომა და ფორმა, რაც გამოდის 250 სახეობაზე მეტი შაბლონი, ფიქლის ფილის მოხაზულობის მისაცემად, ფილა ასევე ეწყობა სხვადასხვანაირად.

არსებობს ფილის დაწყობის სამი ძირითადი ხერხი:

- ფრანგული;
- ინგლისური;
- გერმანული.

ბუნებრივი თვისებების წყალობით ფიქლის სახურავი უძლებს კლიმატის ყველაზე მკაცრ პირობებს: სიცხე, სიცივე, ატმოსფერული სხვადასხვა ნალექი, ძლიერი ქარი, ულტრაიისფერი გამოსხივება. ამიტომ ის შეიძლება გამოვიყენოთ ნებისმიერ პირობებში. მისი სამსახურის ვადა

შეიძლება შეზღუდოს მხოლოდ სახურავქვეშა კონსტრუქციამ, რომელიც მზადდება მერქნისაგან. ფიქლის სახურავის მოწყობა არც ისე იაფი, ვიდრე მაგალითად, რბილი სახურავის, მაგრამ მისი ხანმედევობა, საიმედოობა და სილამაზე ხშირად ხდება გადამწყვეტი ფაქტორი სახურავის მასალის შერჩევისას. ფიქალს აქვს ისეთი უნიკალური თვისება როგორიცაა თვითწმენდა. ფილის ზედაპირიდან იფშვება მიკროსკოპული ქერცლი, რომელიც შემდეგ ირეცხება წვიმით. ამის შედეგად სახურავი ყოველთვის გამოიყურება ახლად. ამასთან არ ხდება ფიქლის განლევა ასი წლის განმავლობაში. არსებობს სხვა ბუნებრივი ქვის სახურავიც, მაგრამ მათ ვერ მიიღეს ფართო გავრცელება.

დასკვნა

ჩვენ გავეცანით სახურავის მეტად ორიგინალურს, ლამაზს, ხანგამძლე მასალას, როგორიცაა ბუნებრივი ქვა-ფიქალი. ფიქალის ქვის გამოყენების ტრადიცია საქართველოში დიდი ხანია გვაქვს. მთა-თუშეთში საცხოვრებელი სახლები აშენებულია ფიქლის ქვის განსაკუთრებული (მშრალი) წყობით. ეს მასალა გამოიყენება სახურავადაც. ფერადი ფიქლის გამოყენება მეტად ოპტიმალური იქნება საკუთარი სახლის სახურავად, რომლის მეხუთე ხედი კიდევ უფრო დაამშვენებს ჩვენს ქვეყანას.

ლიტერატურა

1. ლ. კლიმაშვილი, დ. გურგენიძე, ა. ჩიქოვანი. სამშენებლო მასალათმცოდნეობა. სტუ. 2017.
2. ა. ჩიქოვანი, ლ. კლიმაშვილი, დ. გურგენიძე. არქიტექტურული მასალათმცოდნეობა. სტუ. 2018.
3. Комсков В.П., Козлов В.В. Гидроизоляционные материалы. М., АСВ. 2014.
4. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы. М., КноРус, 2021.

სადაწნეო გვირაბიდან განვითარებული ფილტრაციის პარამეტრების გაანგარიშება

დოქტორანტი ირაკლი ბერაძე, III კურსი

uberadze@mail.ru, ტელ: +995 598 951 760

დოქტორანტი ალექსი მიმინოშვილი, III კურსი

lexomiminoshvili@gmail.com, +995 555 220 198

დოქტორანტი ნოდარ ჯოჯუა, III კურსი

n.jojua@gmzil.com, ტელ: +995 595 581 282

ხელმძღვანელი პროფესორი მირიან ყალაბეგიშვილი

m.kalabegishvili@gtu.ge ტელ: +995 599 140 875

ანოტაცია

გვირაბის არაარმირებული ბეტონის მოკეთებისა და მასივის ერთობლივი მუშაობის შესწავლა ჩატარებული იქნა „გვირაბი მასივი“ სისტემის სასრულ-ელემენტული მოდელის გამოყენებით. მოდელი საშუალებას იძლევა გაანგარიშებული იქნას სადაწნეო გვირაბი არაბზარმედეგი მოკეთებით ბზარებისადმი ლიმიტირებული პარამეტრების (ბზარების რაოდენობა და ბზარების გახსნა) მიხედვით ეკონომიკურად მისაღები ფილტრაციული დანაკარგებით. რიცხვითი გაანგარიშებები ჩატარებული იქნა ენგურჰესის გვირაბზე. მიღებული იქნა ფილტრაციული ხვედრითი ხარჯის დამოკიდებულება ბზარების პოტენციურ რაოდენობასა და მათი გახსნის მნიშვნელობებს შორის.

საკვანძო სიტყვები: გვირაბის არაბზარმედეგი მოკეთება, ბზარების რაოდენობა და მათი გახსნა.

Abstract

The study of the unreinforced concrete lining of the tunnel and massif united behavior was conducted using the finite-element model of the "tunnel - massif" system. The model allows to calculate the pressure tunnel with pervious lining according to limiting parameters (number of cracks and opening of cracks) with economically acceptable filtration losses. Numerical calculations were carried out on the Enguri HPP tunnel. The dependence of seepage specific discharge between the potential number of cracks and their opening values was obtained.

Key words: pervious pressure tunnel lining, number of cracks, width of crack.

შესავალი

ექსპლუატაციის პერიოდში ჰიდროტექნიკური გვირაბების მოკეთება მუშაობს სხვადასხვა დატვირთვის პირობებში. აღნიშნულთან დაკავშირებით გვირაბების კონსტრუქციის მოკეთების დამაბული მდგომარეობა ყალიბდება ექსპლუატაციის პერიოდში არსებული რეჟიმის მიხედვით. წყალსაცავში მაღალი დონის არსებობისას, როდესაც გვირაბის შიგა ჰიდროსტატიკური წნევა აღემატება მასივში არსებულ ფილტრაციულ წნევას მაშინ, მოკეთება მუშაობს ძირითადად გაჭიმვაზე, ხოლო გვირაბის დაცლის, პერიოდში კი უპირატესად კუმშვაზე.

მასივში განვითარებულ ფილტრაციული რეჟიმზე არსებით გავლენას ახდენს გარემომცველი ქანების წყალჟონვადობა და გვირაბის მოკეთებაში გაჩენილი ბზარები და მასივში არსებული გრუნტის წყლის დონე - მისი არსებობის შემთხვევაში.

წარმოდგენილ ნაშრომში განიხილება სადაწნეო გვირაბის გარემომცველი ცემენტაციური ზონის პარამეტრების გავლენა დეპრესიის ზედაპირის

მოხაზულობაზე და შესაბამისად, მოკეთებაზე განვითარებულ გარე დატვირთვებზე.

ძირითადი ნაწილი

სადაწნეო გვირაბების უმეტესობა დაპროექტებულია აბზარმედეგი ბეტონის მოკეთებით, ბზარების ლიმიტირებული პარამეტრების (რაოდენობა და გახსნა) გათვალისწინებით. ზოგადად, კონსტრუქციის სპეციფიკაციების მოთხოვნების შესაბამისად, გვირაბიდან ფილტრაციული დანაკარგების დასაშვები მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს ჰესის საპროექტო ხარჯის 1%-ს. როგორც არსებული ჰესების ექსპლუატაციის მონაცემებიდან ჩანს, ფილტრაციის დანაკარგების მნიშვნელობა რეალურად გაცილებით მაღალია, ვიდრე დასაშვები.

ენგურჰესის სადაწნეო გვირაბი (სიგრძით 15 კმ და დიამეტრით 9,5 მ) გადის რთულ გეოლოგიურ პირობებში. გვირაბის დასაწყისსა და ბოლოს სადაწნეო მაქსიმალური სიდიდე არის, შესაბამისად, 110-175 მ, ხოლო წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობა 90 მ.

სადერივაციო გვირაბის სტრუქტურის მთავარი მახასიათებელია ის, რომ მისი სიგრძის ძირითად ნაწილში იგი წარმოდგენილია როგორც ერთიანი კომპლექსი: ბეტონის მოკეთება (0,5 მ სისქის) გამაგრებითი ცემენტაცია(ცემენტაციური ფარდა სიღრმით 6 მ). ასეთი საპროექტო გადაწყვეტილებამ ჩაანაცვლა უფრო ტრადიციული კონსტრუქციები, მაგ. არმირებული ბეტონი, კომბინირებული ან მეტალის მოკეთება.

ამჟამად, ზოგადი შეფასების საფუძველზე გვირაბიდან განვითარებული ფილტრაციული დანაკარგები აღწევს 10 მ³/წმ-მდე, რაც სამჯერ აღემატება დანაკარგების საპროექტო მნიშვნელობას.

სადაწნეო გვირაბებიდან ფილტრაცია ვითარდება არაბზარმედეგი,

მოკეთების არსებობისას. იმ შემთხვევაში, თუ ფილტრაციის ნაკადი განვითარდება მაღალი გრადიენტებით, ამან შეიძლება გამოიწვიოს მიმდებარე ცემენტაციური ფარდის და ნაწილობრივ ქანების ეროზია (გეოლოგიური ბზარების გამორეცხვა). ეს იწვევს გვირაბის მოკეთებაში ბზარების გახსნას და ფილტრაციის დანაკარგების გაზრდას, რასაც მოჰყვება ჰესის ელ.ენერგიის გამომუშავების შემცირება. მთიანი რელიეფის პირობებში ფილტრაციის ზრდამ შეიძლება გამოიწვიოს ხეობის ფერდობების მდგრადობის დაკარგვა.

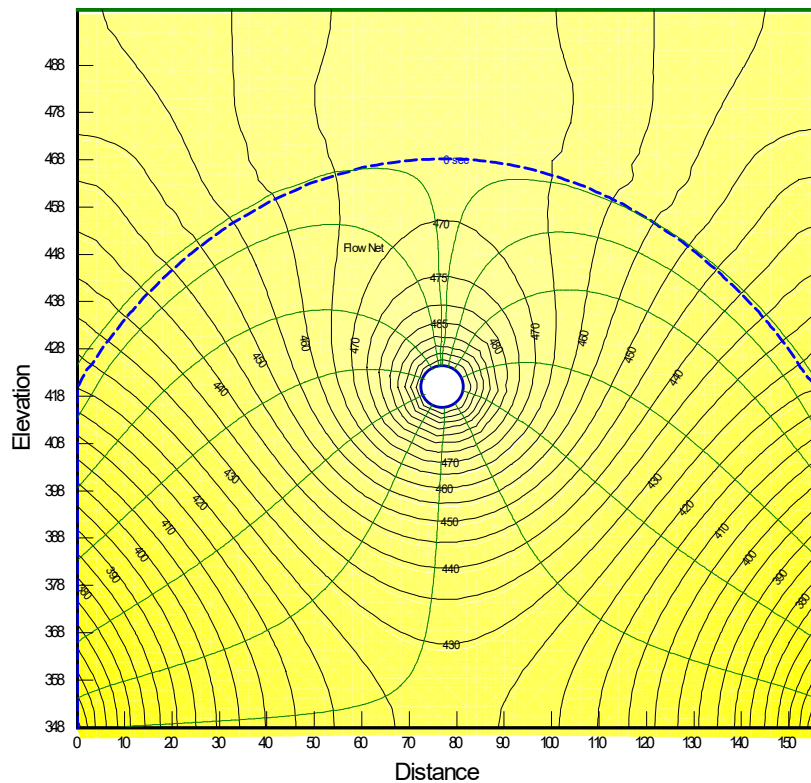
გვირაბის ბეტონის მოკეთებისა და მასივის ერთობლივი მუშაობის შესწავლა ჩატარებული იქნა „გვირაბი მასივი“ სისტემის სასრულ-ელემენტული მოდელის გამოყენებით, რომელიც შედგენილი იქნა ძირითადად მართკუთხა 6 და 8 კვანძიან იზოპარამეტრულ ელემენტების გამოყენებით [1]. ზოგადად, მოდელი ითვალისწინებს ტორკრეტის ფენას, მოკეთებას ცემენტაციურ ფარდას (6.0მ სისქე). „გვირაბი მასივი“ საანგარიშო სისტემის ზომები მოცემულია ისე, რომ გარე კონტურზე არსებული სასაზღვრო პირობები გავლენას არ ახდენს გვირაბის მოკეთებაზე.

ფილტრაციული წნევების გაანგარიშება ჩატარებული იქნა კლდის მასივის იზოტროპიის გათვალისწინებით.

გაანგარიშების დროს გათვალისწინებული იქნა გვირაბის გეომეტრიული ზომები და მასივის ფიზიკური და მექანიკური მახასიათებლები [2]:

- შიდა რადიუსი - 4,75მ;
- გარე რადიუსი - 5,25მ;
- დაწნევა გვირაბის შიგა ზედაპირზე- 140.0 მ;
- ფილტრაციის კოეფიციენტები
- კლდის მასივი - $K_1=10^{-5}$ მ/წმ;

- ბეტონის მოკეთების - $K_c=10^{-8}$ მ/წმ.



*ნახ.2 ფილტრაციის ნაკადის ხარჯი ბეტონის მოკეთებაში არსებული
ბზარების გათვალისწინებით. 1 – ბეტონის მოკეთება ($q = 1,9$ ლ/წმ); 2 –
ბეტონის მოკეთება ცემენტაციურ ფარდასთან ერთად ($q = 0,34$ ლ/წმ).*

რიცხვითი გაანგარიშების შედეგად მიღებული იქნა (ნახ.1,2):

- კლდოვან მასივში ფილტრაციის ზონა ვრცელდება სიმაღლეში 50 მ მდე და მაქსიმალური ფილტრაციის ხარჯი არის 1,90 ლ/წმ. უნდა აღინიშნოს, რომ თეორიული გაანგარიშების შედეგები შეესაბამება გვირაბზე არსებული ფილტრაციის ნაკადის გავრცელების დონეს. ეს მიუთითებდა იმ ფაქტზე, რომ არსებული ცემენტაციური ფარდა დაშლილია და ამჟამად იგი პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას ფილტრაციულ რეჟიმზე.
- მოკეთებაში ბზარგანვითარების საანგარიშო პარამეტრები:
 - გვირაბის მოკეთების ბზარების მაქსიმალური რაოდენობა $m=25$;
 - ბზარების საშუალო გახსნა $a=0.4$ მმ;
 - დაწნევის კარგვა გვირაბის მოკეთების შიდა და გარე ზედაპირებს შორის $h=4.9$ მ.

დასკვნა

1. დამუშავებულია სასრულ-ელემენტული მოდელი გვირაბისა და გარემომცველი მასისვის ერთობლივი მუშაობის შესასწავლად საექსპლუატაციო დატვირთვების სტატისკური ზემოქმედებისას ფილტრაციული პროცესების გათვალისწინებით. ეს მოდელი საშუალებას იძლევა გაანგარიშებული იქნას სადაწნეო გვირაბი არაბზარმდეგი მოკეთებით ბზარების ლიმიტირებული პარამეტრების (ბზარების რაოდენობა და ბზარების გახსნა) მიხედვით ეკონომიკურად მისაღები ფილტრაციული დანაკარგებით. წარმოდგენილი მოდელი ინარჩუნებს სასრული ელემენტების მეთოდის დამახასიათებელ ყველა მახასიათებელ თვისებებს, მათ შორის მასივის გეოლოგიურ აღნაგობას.

2. დეპრესიის ზედაპირის გავრცელების ზონა მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ გვირაბის გარემომცველი ცემენტაციური ფარდა დაშლილია და ამჟამად იგი პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას ფილტრაციულ რეჟიმზე.

ლიტერატურა

1. L. J. Segerlind, Applied Finite Element Analysis, Wiley, New York (1984);
2. Kalabegishvili M., Kipiani G., Buachidze A. Seepage analysis of a nonresistance pressure tunnel lining. International Scientific Journal “Problems of Mechanics” 4(85). Tbilisi, 2021.

არქიტექტურა - კავშირი ბუნებრივ მოვლენებთან

დოქტორანტი ანა გეგეშიძე, II კურსი ჯგ. 2021/8

anka.gegeshidze1996@gmail.com, ტელ: +995 551 388 310

ხელმძღვანელი პროფესორი გიორგი წულუკიძე

g.tsulukidze@gtu.ge ტელ: +995 599 533 307

ანოტაცია

არქიტექტურა ყოველთვის ემსახურებოდა ადამიანის საჭიროებებს, ყოველთვის იქმნებოდა ადამიანის სოციალური მდგომარეობის, კლიმატური და გეოგრაფიული პირობების, გარემოსდაცვითი საკითხების გათვალისწინებით.

თანამედროვე არქიტექტურაში ეკოლოგიურ გარემოზე ფიქრმა კოლოსალური ცვლილებები შეიტანა არქიტექტურაში. შეიძლება ითქვას, რომ გარემო ფაქტორების ზეგავლენა არქიტექტურაზე გახდა დღევანდელი დავალება და მისი უპირატესი როლი, თუმცა საქართველოში მსგავს მიდგომებს ნაკლებად ვხვდებით.

ადამიანები არ აღიქვამენ გარემოს კლიმატურ ცვლილებებს მანამ, სანამ უარყოფითი შედეგების მომსწრენი თავად არ გახდებიან. იცვლება კლიმატი, ადამიანების მიდგომები და მოთხოვნილებები, ამიტომ აუცილებელია ამ ყველაფერთან თანხვედრაში იყოს არქიტექტურა. ბოლო წლებში განვითარებულმა მოვლენებმა (თურქეთში მომხდარი ტრაგედია და სხვა.) გვაჩვენეს, რომ უმნიშვნელოვანესია ქალაქის არქიტექტურის განვითარებისას გათვალისწინებული და შესწავლილი იყოს გარემო ფაქტორები (კლიმატი, გეოგრაფია, ინსოლაცია).

საკვანძო სიტყვები: კლიმატი, გეოგრაფია, ინსოლაცია

Abstract

Architecture has always served human needs, it has always been created taking into account human social conditions, climatic and geographical conditions, and environmental issues.

In modern architecture, thinking about ecological environment has brought colossal changes in architecture. It can be said that the influence of environmental factors on architecture has become today's task and its predominant role, although we rarely see similar approaches in Georgia.

People do not perceive the climatic changes of the environment until they themselves witness the negative consequences. The climate, people's attitudes and needs are changing, so it is necessary for architecture to be in harmony with all this. Recent events (tragedy in Turkey, etc.) have shown us that environmental factors (climate, geography, and insolation) should be taken into account and studied during the development of city architecture.

Key words: climate, geography, insolation

ძირითადი ნაწილი

ჩვენ ვხედავთ, თუ როგორ იცვლება ადამიანების საცხოვრებელი პირობები ქვეყნის, ქალაქის გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე. სხვადასხვა ქვეყნებს მშენებლობის პროცესში განსხვავებული კლიმატისა და გარემო ფაქტორების გათვალისწინება უწევთ. კლიმატის ცვლილებებმა გამოიწვია ბუნებრივი მოვლენების გააქტიურება: მიწისძვრა, ცუნამი, წყალდიდობა, ქარიშხალი ამიტომ მსოფლიოს არქიტექტორები მეტად ცდილობენ ბუნებას მოერგონ და ააშენონ ისეთი ნაგებობები, რომელიც ესთეტიურობასთან ერთად პრაქტიკული და უსაფრთხო იქნება.

მაგალითად ტრანსამერიკის პირამიდა გასული საუკუნის 70-იანი წლების რელიგიური ნაგებობაა, რომელიც მდებარეობს კალიფორნიის ქალაქ სან-ფრანცისკოში. ეს სეისმურად უსაფრთხო შენობა ორიგინალური დიზაინით, 260 მეტრით, 48 სართულად დაყოფილი, არქიტექტორმა უილიამ პერეირამ დააპროექტა. დიზაინის დროს მთავარი ამოცანა იყო მის მდებარეობასთან დაკავშირებული ყველა რისკის გათვალისწინება,



ამ ტერიტორიაზე დაფიქსირდა 6,9 მაგნიტუდის სიმძლავრის მიწისძვრა, რის შედეგადაც შენობის ზედა სართული 1 წუთზე მეტი ხნის განმავლობაში თითქმის 30 სმ-ით ირხეოდა გვერდიდან გვერდზე, მაგრამ

კოშკი ხელუხლებელი დარჩა.

ეს შედეგი განპირობებულია 15,8 მეტრის ფოლადის და ბეტონის საძირკვლის მიერ, რომელიც შექმნილია მიწის მოძრაობებისა და გაზრდილი სეისმური დატვირთვის მოსაგვარებლად. სისტემების კომპლექსურმა კომბინაციამ შენობა მდგრადი გახადა ბრუნვითი მოძრაობების მიმართ.

ბურჯ ხალიფა 828 მეტრიანი შენობა, რომელიც ნამდვილი ვერტიკალური ქალაქია იტევს თითქმის 35 ათას ადამიანს, დააპროექტა ამერიკელმა არქიტექტორმა ადრიან სმიტმა და მისი იდეები გააცოცხლა არქიტექტურის მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების ჯგუფმა. მაღალსართულიანი შენობის გამოთვლების სირთულე უფრო მეტად მდგომარეობდა იმაში, რომ იგი მდებარეობს უდაბნოში, რაც თავისთავად გულისხმობს ნიადაგის სიმშრალეს. გარდა ამისა, ძლიერმა ქარმა შენობის დიზაინში საკუთარი კორექტირებაც მოახდინა.



უზარმაზარი შენობის ვერტიკალურ მდგომარეობაში შესანარჩუნებლად, ასევე შენობის სეისმური წინააღმდეგობის გასაზრდელად, საჭირო იყო 45 მ სიგრძისა და 1,5 მ დიამეტრის ჩამოკიდებული სვეტის წყობის გამოყენება (200 ცალი), რომელთაგან თითოეულ . 0,5 მილიონ ტონა ტვირთს გაუძლებდა . გარდა ამისა, შეიქმნა მექანიკური იატაკები, რომლებშიც გარე საყრდენი კედლები პერიმეტრის გასწვრივ სვეტებს შიდა კედელთან აკავშირებს. ამის გამო, პერიმეტრის სვეტები გიგანტური სტრუქტურის გვერდით წინააღმდეგობას იწარმოებენ და მათი მკაცრი ვერტიკალურობა ხელს უწყობს გრავიტაციული დატვირთვების

გამლებას.

კათამბჯენი ტაიბეი 101 გახდა მსოფლიოში პირველი შენობა, რომელმაც 500 მეტრიან ნიშნულს გადააბიჯა. 2003 წელს პლანეტის ერთ-ერთი საკულტო შენობის გახსნის ცერემონიის დროს ის ყველაზე მაღალი შენობა იყო მსოფლიოში, მაგრამ მხოლოდ 15 წლის შემდეგ რეიტინგით მე-10 ადგილზე ჩამოინაცვლა. ტაიბეი არის ალბათ ერთ-ერთი ყველაზე მომხიბვლელი კათამბჯენი მსოფლიოში, მისი სიმაღლე 509 მ-ს აღწევს.



არქიტექტორმა და საინჟინრო ჯგუფმა დიდი ძალისხმევა გასწიეს იმისათვის, რომ შენობა „ელასტიური და მოქნილი“ გამხდარიყო.

მისი დიზაინის უნიკალურობა იმაში მდგომარეობს, რომ მის შიგნით არის მსოფლიოში ყველაზე დიდი მასის დემპერი. ეს არის გიგანტური ლითონის ბურთი, რომელიც ეწინააღმდეგება დიდ გარდამავალ

დატვირთვებს, როგორიცაა ქარი და მიწისძვრები, რათა შეამციროს კოშკის მაღალი რხევა.

ფილიპინების არენა ბულაკანში არის მსოფლიოში ყველაზე დიდი გუმბათოვანი არენა და წარმოადგენს გასაოცარ მიწისძვრისადმი მდგრად ნაგებობას. ეს გიგანტური შენობა ეკუთვნის ქრისტიანულ ჯგუფს Iglesia Ni Cristo (INC),



მშენებლობას ართულებდა ის ფაქტი, რომ ქალაქი მდებარეობს ეგრეთ

წოდებულ წყნარი ოკეანის ცეცხლის რგოლის გასწვრივ - მიწისძვრის რღვევის ხაზების ყველაზე აქტიური ჯაჭვი მსოფლიოში. როგორც წესი, ქვეყანაში მიწისძვრები 8,2 მაგნიტუდ სიმძლავრეს აღწევს, ასეთი სეისმური აქტივობა კი რეგიონში ვულკანური ამოფრქვევებისა და ცუნამის პროვოცირებას ახდენს.

ამიტომ გასაკვირი არ იყო, რომ 55 ათასი ადამიანისთვის განკუთვნილი არენა აშენდა სეისმომდეგობის ყველა წესის და მაქსიმალური უსაფრთხოების დაცვით. ხალხისა და თავად სტადიონის სტრუქტურის დასაცავად, უზარმაზარი სახურავი, 170 მ სიგრძით, რომელიც მდებარეობს 65 მ სიმაღლეზე, ისე იყო შექმნილი, რომ გაეძლო მძიმე დატვირთვისთვის, რაც წარმოიქმნება მიწისძვრის, ტაიფუნების ან ძლიერი ქარის დროს.

ბურო ჰაპოლდმა ასევე დააპროექტა დამოუკიდებელი საბაზისო სტრუქტურა მთელი არენის სტრუქტურისთვის. ამის წყალობით, სტადიონის მთავარი სტრუქტურული მოდული იზოლირებულია როგორც მისი ძირიდან, ასევე საძირკვიდან. უფსკრული ძირითად სტრუქტურასა და საძირკვლის სისტემას შორის შედგება ტყვიის რეზინის საკისრებისაგან, რომლებსაც აქვთ ენერგიის გაფანტვისა და დარბილების უნიკალური თვისებები. ეს საშუალებას აძლევს ბაზას და საძირკველს

თავისუფლად იმოძრაონ დარტყმების დროს, ხოლო სტრუქტურის ძირითადი ნაწილი სტაციონარული რჩება.

ეს ის მცირე მაგალითებია იმისა თუ როგორი განვითარებულია დღევანდელ დღეს მსოფლიო და რა მასშტაბის ტექნოლოგიებზე არის საუბარი. ბუნებრივი მოვლენების დროს არქიტექტურა ნამდვილად დიდ როლს თამაშობს, და სწორედ ბუნებისა და არქიტექტურის შერწყმამ და გარემოზე მორგებამ შეიძლება ადამიანების სიცოცხლე იხსნას.

ლიტერატურა:

1. <https://www.nytimes.com/interactive/2019/06/03/us/earthquake-preparedness-usa-japan.html>
2. <https://www.re-thinkingthefuture.com/designing-for-typologies/a4521-10-examples-of-earthquake-architecture/>
3. <https://tomorrow.city/a/taipei-101-earthquakes>

სიხისტის დიაფრაგმები და მათი განლაგების თავისებურებები რკინაბეტონის მაღლივ შენობებში

მაგისტრანტი თორნიკე გოგოლიძე, I კურსი

gogolidze07@gmail.com

ხელმძღვანელი პროფესორი ლია ბალანჩივაძე

l.balanchivadze@gtu.ge ; ტელ: +995 599 280 097

ანოტაცია

მაღლივი შენობების დაპროექტების თავისებურებებს წარმოადგენს მზიდ კონსტრუქციებზე და ფუძე-გრუნტებზე, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვების გაზრდილი მნიშვნელობები, რომელიც გამოწვეულია საკუთარი წონის, ბუნებრივი (სეისმური, ატმოსფერული, აეროდინამიკური) და ტექნოგენური (ვიბრაცია, ხმაური, ავარია, ხანძარი, დივერსიული აქტები ლოკალური დაზიანება) ხასიათის ზემოქმედებებით. ეს თავისებურებები აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას შენობის კონსტრუქციული სქემის არჩევის და მზიდი კონსტრუქციების დაპროექტების დროს.

მაღლივი შენობების დაპროექტების ერთ-ერთ ძირითად მოთხოვნად ითვლება, მის მზიდ კონსტრუქციებზე მოსული ჰორიზონტალური დატვირთვებით გამოწვეული გადაადგილების შეზღუდვა. ასეთი გადაადგილებების მნიშვნელობები სამშენებლო ნორმებით შეზღუდულია.

მსოფლიოში არსებული სამშენებლო ნორმები, რომლებიც დაპროექტების მაღალი უსაფრთხოების სტანდარტებით გამოირჩევა, კონსტრუქციულ დაგეგმარებას პრინციპულ მნიშვნელობას ანიჭებენ.

დატვირთვების ქვეშ კონსტრუქციული ელემენტების ქცევა საკმაოდ განსხვავებულია, შენობის დაგეგმარების სხვადასხვა შემთხვევებისას, სიხისტეების ხელსაყრელი და არახელსაყრელი განლაგებით, რასაც

ადასტურებს, უკანასკნელ დროს ჩატარებული არაერთი კვლევა. მარტივი კონფიგურაციის შენობებშიც კი სიხისტეების არათანაბარი განაწილება იწვევს დამატებით მგრები მომენტების განვითარებას და ცალკეული ელემენტების მზიდუნარიანობის მკვეთრ შემცირებას.

წარსულში შენობის სტრუქტურად მიიჩნევდნენ სიმეტრიულ ფორმებს, როგორცაა გეგმით კვადრატი ან მართკუთხედი, მაგრამ სამშენებლო კონსტრუქციების გაანგარიშების თეორიებისა და ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად არქიტექტორებს მიეცათ საშუალება, უარი თქვან მსგავსი მარტივი, რეგულარული ფორმების გამოყენებაზე, ამიტომ თანამედროვე არქიტექტურაში, დღესდღეობით შენობის არარეგულარობა გამორჩეული კონცეფციაა, რომელსაც საკმაოდ ხშირად იყენებენ ასევე სამშენებლო ინდუსტრიაში.

საკვანძო სიტყვები: სეისმური, ატმოსფერული, აეროდინამიკური, კონსტრუქციული სქემა, სიხისტე, სიხისტის დიაფრაგმა.

Abstract

Features of the design of high-rise buildings are the increased values of horizontal and vertical loads on load-bearing structures and foundations, caused by the effects of their own weight, natural (seismic, atmospheric, aerodynamic) and technogenic (vibration, noise, accident, fire, sabotage acts, local damage) . These features must be taken into account when choosing the construction scheme of the building and designing the load-bearing structures.

The existing building norms in the world, which are distinguished by high design safety standards, attach fundamental importance to structural planning.

The behavior of structural elements under loads is quite different, in different cases of building planning, with favorable and unfavorable arrangement of

stiffnesses, which is confirmed by a number of recent studies. Even in buildings with a simple configuration, the uneven distribution of stiffness leads to the development of additional twisting moments and a sharp decrease in the carrying capacity of individual elements.

In the past, symmetrical shapes such as a square or rectangle in plan were preferred as a building structure, but with the development of building construction calculation theories and technologies, architects have been allowed to abandon the use of such simple, regular shapes, so in modern architecture, the irregularity of the building is now a prominent concept that is quite often used as well. in the construction industry.

Key words: Seismic, atmospheric, aerodynamic, structural scheme, stiffness, stiffness diaphragm.

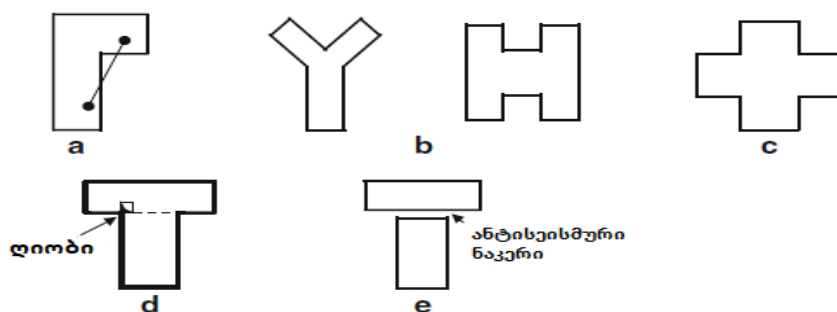
შესავალი

მრავალწლიანი დაკვირვების შემდეგ შემუშავდა რეკომენდაციები, რომ მაღლივი შენობის სტრუქტურა უნდა იყოს მარტივი, რეგულარული, ხოლო კონსტრუქციულ ელემენტებს უნდა გააჩნდეთ გამოკვეთილად განსაზღვრული დატვირთვის კვალი. შეძლებისდაგვარად არ უნდა იყოს გამოყენებული სისტემის ისეთი კონფიგურაცია და გეომეტრია, რომელიც გაართულებს შენობის ქცევას და შედეგად მის გაანგარიშებას (სურ.1).



სურ.1.

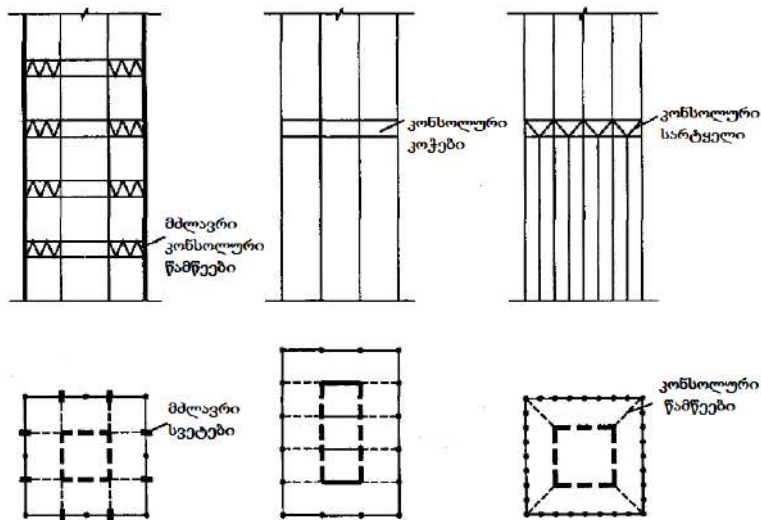
ხშირად მიმართავენ შენობების ისეთ ფორმებს, როგორიცაა გეგმით L,H,T, ასევე არარეგულარულ სართულის სიმაღლეს, სართულის შეჭრებს და სხვა მრავალ მოდიფიკაციას, მაგრამ მსგავსი ტიპის შენობები და გადაწყვეტები ხასიათდება რთული ქცევით (ნახ.1).



ნახ.2. გეგმაში არარეგულარობა

ძირითადი ნაწილი

ამიტომ მსგავსი პრობლემის გადასაჭრელად გადამწყვეტ როლს თამაშობს შენობაში სიხისტეების განაწილება. ისეთ კონსტრუქციული ელემენტებს, როგორებიცაა სიხისტის დიაფრაგმა, მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს შენობის სიხისტესა და მდგარადობის შესანარჩუნებლად, ამიტომ მათი განაწილება მეტად მნიშვნელოვანია. თუმცა დიაფრაგმა, რომელიც წარმოადგენს ვეტიკალურ მონოლითურ ელემენტს, არქიტექტორების დიდი მოწონებით არ სარგებლობს, რადგან მისმა განლაგებამ შეიძლება როგორც ინტერიერში, ასევე ექსტერიერში - მნიშვნელოვანი ცვლილება გამოიწვიოს (ნახ.3).



ნახ.3 შენობის არასიმეტრიული კონსტრუქციული სქემები

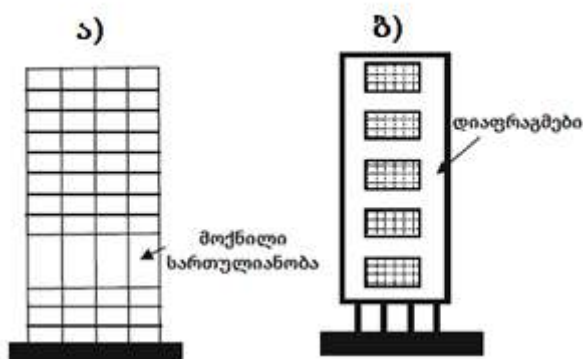
პროექტირების დროს არქიტექტორმა და ინჟინერ-კონსტრუქტორმა უნდა შეარჩიონ სიხისტის ელემენტების განაწილების ისეთი ოპტიმალური ვარიანტი, რომელიც უკეთესი იქნება საერთო სტრუქტურისთვის. ჩვეულებრივ, არქიტექტორები უპირატესობას

ანიჭებენ შენობების რთულ და მრავალფეროვან ფორმებს, ვიდრე ერთგვაროვან და თანმიმდევრულს. ამის საპირისპიროდ, ინჟინერ-კონსტრუქტორები თვლიან, რომ შენობის მარტივი მოხაზულობა უფრო ეფექტურია მასების და სიხისტის განაწილებაში, მასების განაწილებასა და, ასევე, წინაღობისა და სიხისტის განაწილებას შორის მჭიდრო კავშირი გამორიცხავს დიდ ექსცენტრისიტეტებს მასასა და სიხისტეს შორის. თანაბრად განაწილებული კონსტრუქციული ელემენტების გამოყენება ზრდის მარაგს, ითვალისწინებს ზემოქმედების ეფექტების უფრო ხელსაყრელ გადანაწილებასა და, ასევე, ენერგიის ფართო განბნევას მთლიან კონსტრუქციაში.

შენობის ყველაზე ეფექტური კონფიგურაცია მაშინ მიიღწევა, როდესაც შენობის ჩარჩო/კარკასი არის მარტივი, რეგულარულია გეგმასა და სიმაღლეში. ასევე - როდესაც მთლიანი შენობა თავისი ქვესისტემებთან ერთად სიმეტრიულია ორივე ორთოგონალური ღერძის მიმართ.

კონცეპტუალური დაპროექტების ძირითადი პრინციპების მკაცრმა დარღვევამ შეიძლება მიგვიყვანოს შენობის სერიოზულ დაზიანებამდე, ნგრევამდე და ყველაზე ცუდ შემთხვევაში - ადამიანის მსხვერპლამდეც კი.

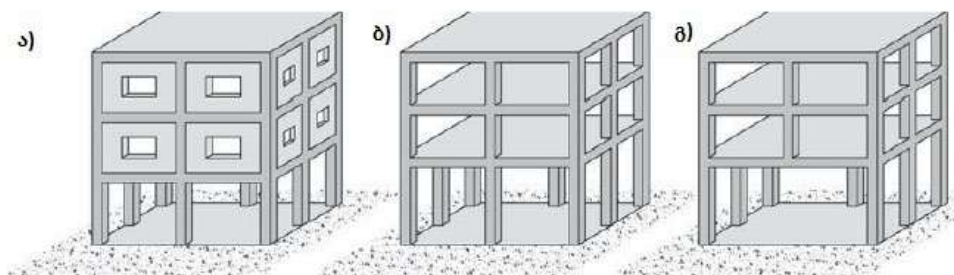
შენობის რეგულარულობასთან დაკავშირებით ინჟინერ-კონსტრუქტორებს განსხვავებული მიდგომა გააჩნიათ. ინჟინერისთვის უმჯობესია შენობას ქონდეს შენარჩუნებული სიმარტივე და სიმეტრია. ასევე უპირატესობა ენიჭება დიაფრაგმას პირველი სართულიდან).



ნახ.3. მრავალსართულიანი შენობის კონსტრუქციული
სქემები: ა) მასების არარეგულარობა; ბ)სართული;
ვ) დიაფრაგმების წყვეტადობა.

მოქნილი სართულები ასევე გამოწვეულია სხვადასხვა კონფიგურაციების დარღვევით, როგორც ეს ნახ.4-ზე არის ნაჩვენები.

დიაფრაგმების ძირითადი დანიშნულებაა, გადასცეს შიგა ძალები გრუნტს, დიაფრაგმების შუაში მოწყობის შემთხვევა კი ეწინააღმდეგება ამ მოსაზრებას. (ნახ.3 ა) როდესაც დიაფრაგმები გაწყვეტილია და არ იწყება საძირკვლიდანვე (იწყება ზედა სართულიდან).



ნახ.4 მოქნილი სართულების სხვადასხვა კონფიგურაციები: ა)ხისტი ზედა სართულები ბლოკის შემავსებლის გამო; ბ)პირველი სართულის სვეტი მაღალია ვიდრე ზედა სართულის; გ)უწყვედი სვეტები.

დასკვნები

ხშირად შენობის კონფიგურაციის შერჩევისას სასურველ პირობად მოითხოვება, დაცული იქნას შენობის გეომეტრიული თვისება-“სიმეტრია”. შენობა ან ნაგებობა, ითვლება გეგმაში სიმეტრიულად ორი ღერძის მიმართ, თუ მისი გეომეტრიული პარამეტრები იდენტურია განსახილველი ღერძის თითოეული მხრიდან. შენობის სიმეტრიულობა შეიძლება იყოს ერთი ღერძის გასწვრივაც. კონსტრუქციული სიმეტრია კი ნიშნავს სიმძიმის ცენტრისა და სიხისტის ცენტრების ადგილმდებარეობის თანხვედრას. შენობაში მასათა არათანაბარი გადანაწილების გამო, მაშინაც კი, როდესაც სიმეტრიულია ნაგებობა შესაძლებელია წარმოიშვას გრეხის მომენტი, რომელიც ამცირებს მის მდგრადობას და ზიდვის უნარს.

ლიტერატურა

1. ლ. კახიანი, ლ. ავალიშვილი; ლ. ბალანჩივაძე რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტება ევრონორმების მიხედვით. თბილისი: სტუ, 2017. – 226გვ.
2. Manual for the seismic design of steel and concrete buildings to Eurocode 8 May 2010. 2010 The Institution of Structural Engineers and Association Française du Génie Parasismique
3. Reinforced Concrete Design to Eurocode 2, seventh edition Billy Mosley, John Bungey, Ray Hulse. First published 2012 by PALGRAVE MACMILLAN.
4. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004.

თანამედროვე შენობა-ნაგებობების დეტალიზება და სტრუქტურული ანალიზი ევროკოდების მიხედვით

დოქტორანტი გიორგი გოქსაძე, II კურსი
goksadze@yahoo.com, ტელ: +995 555 94 24 94
ხელმძღვანელი პროფესორი ლია ბალანჩივაძე
l.balanchivadze@gtu.ge ; ტელ: +995 599 280 097

ანოტაცია

უკანასკნელ დროს ხშირად ისმის განხილვები იმის შესახებ, რომ ქვეყანას სამშენებლო დარგში აქვს პრობლემები, რომ მოქმედი ნორმები დაძველდა და საჭიროა ახალი სტანდარტების შემუშავება.

ევროკოდები არის ევროპული სტანდარტი (ჰარმონიზებული ტექნიკური წესები), რომელიც წარმოადგენს შენობა-ნაგებობების კონსტრუქციული (სტრუქტურული) გაანგარიშების და დაპროექტების წესებს. მისი მიზანია დაადგინოს ერთიანი წესები მშენებლობისა და პროექტირებისთვის.

პრაქტიკულად ყველა ავტორი თანხმდება შემდეგზე: რომ მშენებლობის ნორმატიული ბაზა ესაა საფუძველი, რომელსაც ეყრდნობა მთლიანად მშენებლობა. ევროკოდების მოხმარება არ შეიძლება მოხდეს პირდაპირი გზით, არამედ ქვეყანამ უნდა შეიმუშავოს ეროვნული სტანდარტები, რომლებიც შესაბამისობაში უნდა იქნას მოყვანილი ევროპულ ნორმებთან.

ქვეყანაში, სადაც იგეგმება ან ევროკოდების დანერგვის პროცესშია, აუცილებელია ეროვნული პარამეტრების (NDP) განსაზღვრა, რომელთა დადგენა-მიღება ხდება თითოეული ქვეყნის მიერ საიმედოობის, უსაფრთხოების, ადგილობრივად ხელმისაწვდომი მასალების სპეციფიკიდან გამომდინარე. თავად ევროკოდები კი იძლევა ყველა

პარამეტრისთვის რეკომენდებულ მნიშვნელობებს ან მნიშვნელობათა შუალედს.

ევროკოდების საფუძველზე ანგარიშების შესრულების რაპორტი მნიშვნელოვან ინფორმაციას მოგვაწვდის კვლევის ძირითად საკითხებზე. აღნიშნული სტატიის მიზანს წარმოადგენს ფოლადის საფეხმავლო (გეგმაში 24 მეტრი) ხიდის საანკერე მასივების გაანგარიშება წაცურებაზე, ამობრუნებაზე და კონსტრუქციულ ელემენტებში კრიტიკული ძაბვებისა და დეფორმაციების განსაზღვრა.

საკვანძო სიტყვები: ევროპული სტანდარტი, საიმედოობა, უსაფრთხოება, საანკერე მასივი, წაცურება, ამობრუნება.

Abstract

Detailing and structural analysis of modern buildings according to Euro codes

Lately, discussions are often heard about the fact that the construction sector of the country has problems, that the current norms are outdated, and new standards need to be developed.

Euro codes are the European standard (harmonized technical rules), which represent the rules for the construction (structural) calculation and design of buildings. Its purpose is to establish uniform rules for construction and design.

Practically all authors agree on the following: that the normative base of construction is the basis on which the entire construction rests. The consumption of Eurocodes cannot be done in a direct way, but the country must develop national standards that must be brought into line with European norms.

In the country where it is planned or in the process of implementing

Eurocodes, it is necessary to determine the National Parameters (NDP), which are determined and adopted by each country based on the specifics of reliability, safety, locally available materials. Eurocodes themselves provide recommended values or ranges of values for all parameters.

The report on the performance of reports based on Eurocodes will provide significant information on the main issues of the study. The purpose of this article is to calculate the anchoring arrays of the steel footbridge (24 meters in plan) on sliding, overturning and determining the critical stresses and deformations in the structural elements.

Key words: European standard, reliability, safety, anchor array, sliding, tipping.

შესავალი

ამჟამად, კომპიუტერული ტექნოლოგიები მოიცავს ყველაფერს არქიტექტურული და სამშენებლო კონსტრუირების სფეროებს.

პროექტის არქიტექტურული ნაწილის ავტომატიზაციას უზრუნველყოფს ისეთი

პროგრამული სისტემები, როგორიცაა SAPPHIRE, ArchiCAD, REVIT, Allplan და ა.შ.

კონსტრუქტორებს აქვთ პროგრამული უზრუნველყოფის ფართო სპექტრის

კომპლექსები, როგორიცაა LIRA-SAPR, MONOMACH-SAPR, SCAD, STARK, MicroFE, ROBOT, SAP2000, STRAP, ANSYS და ა.შ.

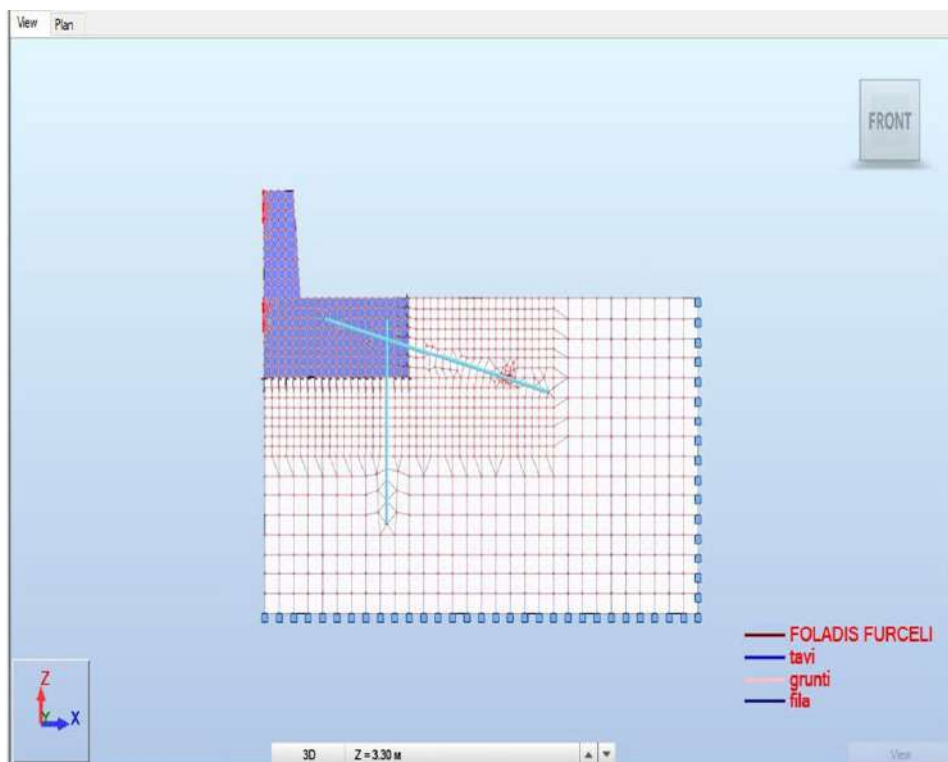
ეს პროგრამები ეფუძნება ნახაზის საანგარიშო მოდელს და არა ობიექტის რეალურ მოდელს. სანამ ეს საანგარიშო მოდელები აღწერენ სისტემის ვიწრო პრობლემებს, მანამ კონსტრუქციის რეალური ქცევა

დატვირთვების ქვეშ არ იქნება გათვალისწინებული. კომპიუტერული მოდელები სინთეზირებულია არქიტექტურული პროგრამული სისტემებთან და ძირითადად შეიცავს პროექტის არქიტექტურული ნაწილის ელემენტებს - კედლების ფორმა და მდებარეობა, სვეტები, კიბეები, ფანჯრები, კარები, ტიხრები, იატაკი, და ა.შ. კონსტრუქციული სისტემებით სინთეზირებული კომპიუტერული მოდელები, ბუნებრივად შეიცავს ავტომატიზირებისთვის საჭირო ელემენტებს კონსტრუქციების გაანგარიშებას და დაპროექტებას - ელემენტების ტოპოლოგია და გეომეტრია, მზიდი კონსტრუქციული სისტემები და მასალა, ღირებულება და დატვირთვების ხასიათი, დამხმარე პირობები და ა.შ.

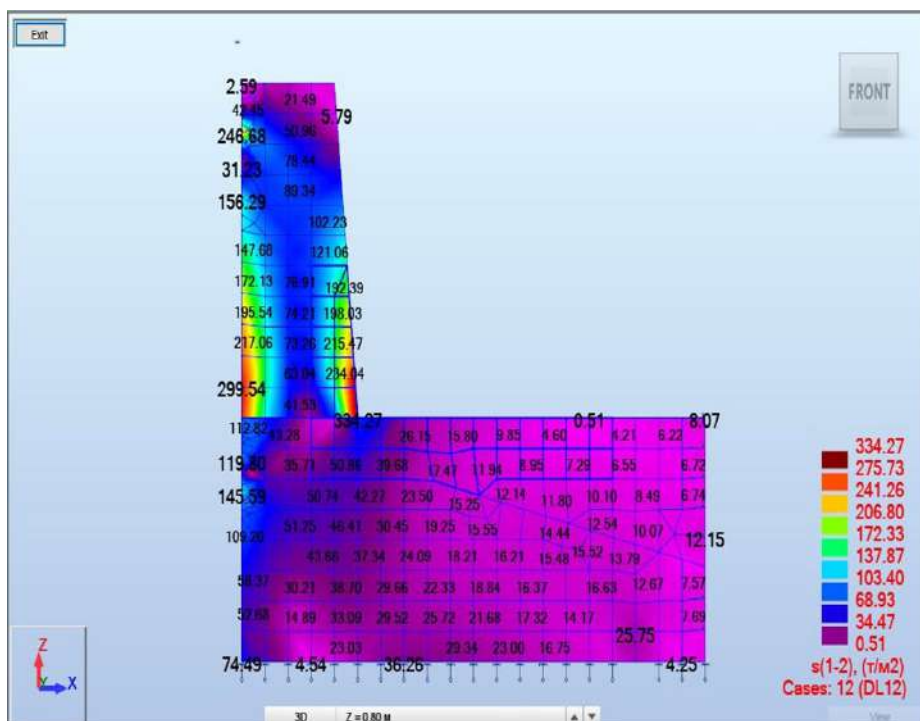
ძირითადი ნაწილი

სტატიაში განხილულია ფოლადის საფეხმავლო (გეგმაში 24 მეტრი) ხიდის საანკერე მასივების გაანგარიშება წაცურებაზე, ამობრუნებაზე და ასევე კონსტრუქციაში არსებული მასალების გაანგარიშება კრიტიკულ ძაბვებსა და დეფორმაციებზე.

მოდელით აწყობილია როგორც ფოლადის და რკინამეტონის ელემენტები, ასევე გრუნტის მასივიც.



ნახ.2. მასივის საანგარიშო მოდელი



ნახ. 3 რკინაბეტონის საანკერე მასივში აღძრული მთავარი ძაბვების (S1-2) მნიშვნელობები

დასკვნა

ბეტონის კედელში აღძრული მთავარი ძაბვების მაქსიმალური მნიშვნელობა ($S_{MAX} = -684 \text{ ტ/მ}^2$) არ აღემატება B35 ბეტონის საანგარიშო წინაღობას კუმშვაზე $R_B = 1990 \text{ ტ/მ}^2$. (65% მარაგი); ფოლადის ანკერებში აღძრული მაქსიმალური გამჭიმავი ძაბვა (3437 ტ/მ^2) არ აღემატება ანკერის საანგარიშო წინაღობას გაჭიმვაზე (45900 ტ/მ^2) (92% მარაგი). მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილება არის 0.5 მმ რაც გამოწვეულია საანკერე მასივის ღუნვით, რაც შეეხება საძირკვლის გრუნტთან შეხების ადგილას ჰორიზონტალურ გადაადგილებას, ფაქტობრივად ნულს უტოლდება, რაც გვაძლევს საფუძველს გავაკეთოთ დასკვნა, რომ კონსტრუქცია მდგრადია

წაცურების მიმართ. მაქსიმალური ვერტიკალური გადაადგილება გრუნტთან შეხების ადგილას უტოლდება ნულს, რაც გვადლევს საფუძველს გავაკეთოთ დასკვნა, რომ კონსტრუქცია მდგრადია ამოზრუნების მიმართ.

ლიტერატურა

1. How to Design Concrete Structures using Eurocode 2- A J Bond; O Booker; A J Harris 2012;
2. MANUAL FOR DETAILING REINFORCED CONCRETE STRUCTURES TO EC2; Jose Calavera; 2012.
3. Computational Modeling of Concrete Structures; Bernhard Pichal; Jan G.Rots; Austria; 2010;
4. Design of Reinforced Concrete; Jack C. McCormac; 2008;
5. სამშენებლო ნორმები და წესები „სეისმომედეგი მშენებლობა“ პნ 01.01.-09
6. ბეტონის და რკინაბეტონის კონსტრუქციები პნ. 03.01.-09

თანამედროვე მეთოდებით სამუშაოთა წარმოება სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობაში

ბაკალავრიატის სტუდენტი ლუკა გულუა, III კურსი ჯგ:1005

Gulua.l@gtu.ge, ტელ: +995 568 250 590

ხელმძღვანელი ასოცირებული პროფესორი მარინა გრძელიშვილი

m.grdzelishvili@gtu.ge, ტელ +995 593 321 408

ანოტაცია

სტატიაში განხილულია გვირაბის გაყვანის ნახევრად დახურული მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ვაწარმოოთ მეტროსადგურის მშენებლობა ღია წესით ხოლო გადასარბენი გვირაბებისა ახალავსტრიული მეთოდით, რომელიც კარგად ადაპტირდება ნებისმიერ გეოლოგიურ პირობებთან და არსებული გამოცდილება ამ მიმართულებით.

აგრეთვე განხილულია გვირაბის წყლისგან დაცვის მემბრანული მეთოდი, რომელიც განკუთვნილია გვირაბის ახალავსტრიული (NATM) მეთოდით გაყვანისთვის.

საკვანძო სიტყვები: გვირაბი, სატრანსპორტო გვირაბი, ნაშხეფბეტონი, ახალავსტრიული მეთოდი, ჰიდროიზოლაცია

Abstract

The article deals cut and cover tunneling, which allows to construct metro Station open manner and the passing tunnel with NATM (New Austrian Tunneling Method), which has good ability to adapt to every geological conditions and existing experience in this direction. Repairable waterproofing solutions fot a NATM tunnel

Key words: tunnel, traffic tunnel, shotcrete, The New Austrian Method (NATM), waterproofing

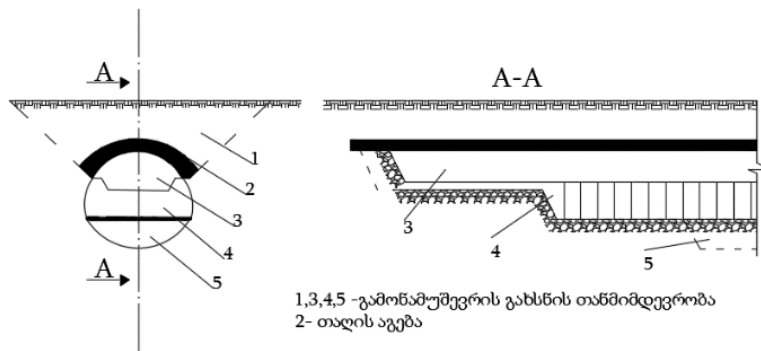
ძირითადი ნაწილი

ქვეყანაში მზარდმა ურბანიზაციამ და არათანაბარმა განაშენიანებამ გაზარდა მოთხოვნა საიმედო მიწისქვეშა ინფრასტრუქტურაზე. ახალი მეტროსადგურების დამატებით შესაძლებელი გახდება ქალაქის განტვირთვა საცობებისგან პიკის საათის პერიოდში.

გვირაბები ურბანულ გარემოში ჩვეულებრივ მცირე სიღრმეზე გაიყვანება რბილ გრუნტში და სხვადასხვა კონსტრუქციების ქვეშ. გვირაბის გაყვანა მოითხოვს გრუნტის მცირე დეფორმაციებს, ამის გამო მისი დიზაინი და კონსტრუქცია ერთ-ერთ გამომწვევ საკითხად რჩება.

ბოლო წლებში, მსოფლიოში მეტროპოლიტენების მშენებლობაში, ფართოდ გავრცელდა მშენებლობის ნახევრად დახურული ხერხი, როცა გადასარბენი გვირაბები იგება დახურული წესით, ხოლო სადგურის კომპლექსი ღია ქვაბულებში.

გვირაბის გაყვანის ღია ხერხი. ასეთ მეთოდს მაშინ მიმართავენ, როცა საჭიროა აიგოს მცირედ ჩაღრმავებული გვირაბი ქალაქის პირობებში. ეს არის ერთი შეხედვით მარტივი გზა გვირაბის გაყვანისა, თუმცა მას მთელი რიგი ნაკლოვანებები გააჩნია, გვირაბების მექანიზირებული ფართი გაყვანის შემთხვევაში საჭირო ხდება მისი პერიოდული დემონტაჟი, რადგან აქ ნაგებობის აგება უკვე ღია წესით ხდება. ეს პროცესი არამარტო აფერხებს მშენებლობას არამედ ნეგატიურად აისახება ქალაქის ცხოვრებაზე. მშენებლობის ასეთი სქემის დროს, როცა მშენებარე ხაზზე ხდება რამდენიმე სადგურის აგება, ეს იწვევს დიდი რაოდენობით მასალებისა და შრომით რესურსების ხარჯვას.



ნახევრად დახურული ხერხი გულისხმობს თავდაპირველად აიგოს 50-100 მ სიგრძის თაღოვანი ან ბრტყელი გადახურვა, რომელიც ეყრდნობა ქანს და შემდეგ გვირაბის გაყვანა გაგრძელდეს ახალავსტრიული ხერხით ახალავსტრიული მეთოდი, (NATM) New Austrian Tunneling Method, ეფექტური, ფართოდ გავრცელებული და წარმატებით აპრობირებულია რბილ და კლდოვან გრუნტში, ურბანულ პირობებში, მცირე სიღრმეზე გვირაბების გასაყვანად . ეს მეთოდი გვამღევს საშუალებას წარვმართოთ მშენებლობა შედარებით მარტივად, მოქნილად და ეკონომიურად, თუმცა ამ მეთოდის მაღალი ტექნოლოგიური მოთხოვნილებები გააჩნია

გვირაბის პირველად საყრდენად გამოყენებულია ნაშხეფბეტონი არმატურის ბადით. სწორედ ამ კომპონენტებს ემყარება ახალავსტრიული მეთოდი. გვირაბის შემდგომი გამართული ექსპლუატაცია ნაშხეფბეტონის ხარისხზეა დამოკიდებული. გვირაბის გაყვანის განმავლობაში მუდმივად ხდება გრუნტსა და სამაგრებზე დაკვირვება შემდეგ კი დაკვირვების შედეგების შედარება საპროექტო მონაცემებთან. აქედან გამომდინარე ამ მეთოდს გააჩნია რიგი უპირატესობები:

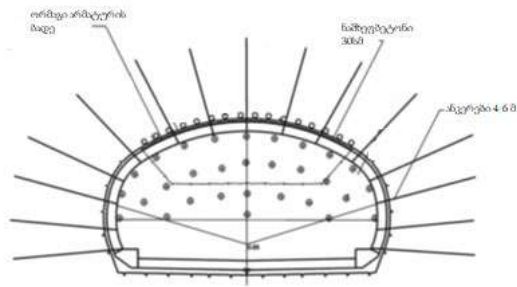
- გვირაბის გარემომცველი ქანების სიმტკიცის გამოყენება გვირაბის ჩამონგრევისგან დასაცავად

- გეოლოგიურ პირობებთან ადაპტაცია
- ნაშხეფბეტონის გამოყენება გვირაბის პირველად სამაგრად
- პირველადი ნაშხეფბეტონის თხელი ფენის გამაგრება ანკერჭანჭიკებით და არმატურის ბადით.
- გვირაბის დეფორმაციებზე მუდმივი დაკვირვება თანამედროვე აპარატურის საშუალებით

ახალავსტრიული მეთოდის გამოყენება რბილ გრუნტებში რისკის შემცველია, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც გვხვდება ქვიშნარი ან არსებობს წყლის დიდი რაოდენობით მოვარდნის საშიშროება. აქედან გამომდინარე ახალავსტრიული მეთოდის განვითარება პირდაპირ კავშირშია ტორკრეტირების სისტემის განვითარებასთან, მაღალი საწყისი და გრძელვადიანი სიმტკიცით.

თვალსაჩინოებისთვის განვიხილავთ იზმირის მეტროს მაგალითს, სადაც მშენებლობა ახალავსტრიული მეთოდით მიმდინარეობდა რბილი ქანების პირობებში. გეოლოგიური პირობების მიხედვით აქ გაყვანილ იქნა რამდენიმე ტიპის გვირაბი.

ერთ-ერთი გვირაბის ჭრილი (სურ.1), სადაც კრიტიკულ ზონაში გამოყენებულ იქნა დამატებით ქვის ანკერჭანჭიკები სიგრძით 4-6მ,რომელიც გრუნტში კომპრესიულ ძალას ზრდის ,არმატურის ბადე და ნაშხეფბეტონი სისქით 30 სმ



სურ.1 იზმირის მეტროს რღ ზონაში გაყვანილი გვირაბის ჭრილი

გვირაბების გაწყლოვანება დიდ დაბრკოლებას წარმოადგენს მათი ნორმალური ექსპლუატაციისა და ხანგამძლეობის უზრუნველსაყოფად, ამიტომ გვირაბმშენებლების უმთვრესი ამოცანაა შეიქმნას სრულიად წყალგაუმტარი სამაგრის კონსტრუქციები. ჯერჯერობით კი არ არის გამორიცხული გვირაბის სამაგრში წყლის მოხვედრა. გვირაბში შესული მიწისქვეშა წყლები მავნე ზეგავლენას ახდენს კონსტრუქციებსა და მოწყობილობებზე, ეს მავნე მოქმედება მით ძლიერია, რაც უფრო დიდია წყლის მოდინება და რაც მეტ აგრესიულ მინარევებს შეიცავს იგი. მაშასადამე, გვირაბის მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლებისგან დაცვა მეტად მნიშვნელოვანი ღონისძიებაა.

ერთ ერთი გვირაბიდან წყლის მოცილების მეთოდი, რომელიც განკუთვნილია მცირედ ჩაღმავებული გვირაბების ჰიდროსაიზოლაციოდ სადაც მაღალი ჰიდროსტატიკური წნევაა.



- 1.ნაქსოვი გეოტექსტილი
- 2.პოლივინილქლორიდის მემბრანა
- 3.პოლივინილქლორიდის ქუდი (სახშობი)
- 4.წყალგამყოფი
- 5.მემბრანა
- 6-7.სადრენაჟე მიწები

აღდგენადი (შეკეთება) ჰიდროსაიზოლაციო გადაწყვეტა გამოიყენება მცირედ ჩაღრმავებული გვირაბების მონოლითური კონსტრუქციის დასაცავად, მიწისქვეშა წყლების დროებითი და მუდმივი ზემოქმედებისგან, ამასთან სისტემის ინსტალაცია მარტივადაა შესაძლებელი.



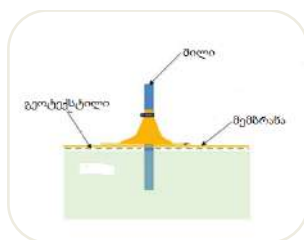
(1)



(2)



(3)



(4)

იგი შედგება პოლივინილქლორიდის მემბრანისგან (1) , მემბრანის გადაბმა ხდება ცხელი აირით, მასზეა გადაკრული ასევე მეორე სახის მემბრანა რომელსაც გააჩნია მაღალი სიმტკიცე სიხისტე და მაღალი ქიმიური რეზისტენტულობა წყალგაუმტარი ფენის დასაცავად, გადაბმა

აქაც ხდება ცხელი აირით. ეს ყველაფერი ორივე მხრიდან დაცულია ნაქსოვი (2) გეოტექსტილით, რომლის სიმკვრივეა 500 გ/მ^2 , რაც შეეხება მის მოხერხებულობას, იგი არ მოითხოვს მუშახელის დიდ რესურსს, რაც გვეხმარება პარალელურად სხვა პროცესები შეუფერხებლად გაგრძელებაში.

მისი აღდგენადობა გულისხმობს წყალგაუმტარი ფენის დაყოფას (3)წყალგამყოფით არაუმეტეს 150 კვ.მ და საინექცო სისტემას, რომელიც ამ სეგმენტებთან დაკავშირებულია (4)მილებით. დანაწევრება ხელს უშლის მიწისქვეშა წყლების შეღწევადობას ჰიდროსაიზოლაციო ფენასა და გვირაბის კონსტრუქციას შორის, დაზიანების შემთხვევაში. შეკეთება მშენებლობის ნებისმიერ ეტაპზე შესაძლებელი მილებში პოლიმერული მასალების შეყვანით.

მიწისქვეშა მშენებლობის სამამულო და საზღვარგარეთული გამოცდილების ანალიზის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბევრ ქვეყანაში ფართოდ ინერგება სამთო ხერხით სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობის თანამედროვე მაღალი ტექნოლოგიები. მძლავრი მობილური აღჭურვილობა, ანკერებთან და გისოსოვან თაღებთან შეხამებული ნაშხეფებტონის კონტურული სამაგრი და სამუშაოთა მკვეთრად ჩამოყალიბებული ორგანიზაცია უზრუნველყოფენ 60-100 კვ.მ ფართობის განივკვეთის გვირაბების გაყვანის მაღალ ტემპებს რბილ და ნახევრადკლდოვან ქანებში (არანაკლებ 120 მ/თვეში)

გვირაბმშენებლობის პრაქტიკაში ახალავსტრიული ხერხის დანერგვამ გამოავლინა ნაშხეფებტონის და ანკერების გამოყენებით აგებული ეკონომიური დამყოლი სამაგრეების უპირატესობანი და ხელი შეუწყო მათ განვითარებას როგროც მასალისა და კონსტრუქციების, ისე ტექნოლოგიისა და ტექნოლოგიური აღჭურვილობის თვალსაზრისით

გვირაბმშენებლობაში ნაშხეფბეტონის დანერგვის პრაქტიკული გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მასალის მაღალი სიმტკიცის მაჩვენებლების, დატანის ტექნოლოგიის და სამუშაოთა სრული მექანიზაციის შესაძლებლობიდან გამომდინარე უყალიბო დაბეტონების ეს ხერხი უზრუნველყოფს მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს სამუშაოთა შრომატევადობის შემცირებასთან ერთად

ლიტერატურა

1. გ. ჭოხონელიძე, დ. კვაჭაძე, გ. ლუტიძე, ი. მშვიდლობაძე-საინჟინრო ნაგებობები
2. 2018 International Conference on Civil, Architecture and Disaster Prevention, A Review of Metro Tunnel Construction Methods
3. <https://technicol.in/solutions/tunnel-solutions/repairable-waterproofing-solution-for-a-natm-tunnel-with-pvc-membrane.html>
4. <https://bestsupportunderground.com/natm-shotcrete/?lang=en>

ვირაჟები და გაგანიერებები საავტომობილო გზებზე

ბაკალავრიატის სტუდენტი ნოე ნიკა დეკანოსიძე IV კურსის, ჯგ. N1970

dekanosidze.nika@mail.ru ტელ: +995 558 556 589

ხელმძღვანელი პროფესორი კონსტანტინე მჭედლიშვილი

Mtchedlishvilikonstantine01@gtu.ge ტელ: +995 577 787 540

ანოტაცია

სტატიაში განხილულია საავტომობილო გზის მრუდე მონაკვეთებზე ვირაჟებისა და გაგანიერებების მოწყობის სტანდარტები და მათი აგების აუცილებლობა, განსაკუთრებით რთული რელიეფის პირობებში. ასევე, განხილულია ავტომობილზე მოქმედი ძალები გზის მრუდე მონაკვეთზე მოძრაობისას და წარმოდგენილია თბილისის ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთის შემოვლითი გზის გამოკვლევის შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: გზის მრუდე მონაკვეთი, მცირერადიუსიანი მრუდები, ვირაჟი, გზის გაგანიერება, გზის ტრასა, გრძივი და განივი პროფილის ელემენტები.

Abstract

The article discusses the standards for the arrangement of curves and widenings on the curved sections of the highway and the necessity of their presence, especially in the conditions of difficult terrain. Also, the physical forces acting on the vehicle while moving on the curved section of the road are displayed, and in the final part, the results of the investigation of the North-East bypass of the Tbilisi Sea are illustrated.

Key words: curved section of the road, small-radius curves, road superelevation, widening of the road, alignment, alignment and section profiles.

შესავალი

საავტომობილო გზების პროექტირების პროცესში ინჟინერს მრავალი გადაწყვეტილების მიღება უწევს, მათ შორის, ტრასისა და განივი პროფილის რელიეფში ჩაწერის საკითხი. რთული რელიეფის პირობებში გზის განივი პროფილის ელემენტებს შორის განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მრუდებზე ვირაჟებისა და გაგანიერებების მოწყობას. ვირაჟების მოწყობა საავტომობილო გზებზე იმგვარად უნდა ხდებოდეს, რომ გზის ექსპლუატაციის პირობებში დაცული იყოს მგზავრების უსაფრთხოება და კომფორტი. ვირაჟების შესწავლა, მათზე ინფორმაციის მოძიება-დამუშავება და მათი საჭიროების აუცილებლობა საგზაო საინჟინრო საქმიანობაში ძალზედ საინტერესო საკითხია. თანამედროვე სტანდარტებით მოწყობილი გზის ტრასა და კონსტრუქცია იძლევა, როგორც დიდ ეკონომიურ, ასევე სოციალურ ეფექტს, ისეთი რთული რელიეფისა და მრავალფეროვანი ბუნებრივი პირობების მქონე ქვეყნისათვის, როგორც საქართველოა სასიცოცხლოდ აუცილებელია გამართული საგზაო ქსელი.

ჩვენი ნაშრომის ძირითად საკითხებს წარმოადგენს:

- ავტომობილზე მოქმედი ძალები მრუდე მონაკვეთზე მოძრაობისას და ვირაჟის მოწყობა.
- გაგანიერებების მოწყობა მცირე რადიუსიან მრუდებზე.
- ორმხრივი განივი პროფილიდან ცალმხრივზე გადასვლის სქემა.
- ვირაჟების მოწყობის სტანდარტები და მათი გაანგარიშება.
- თბილისის ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთ შემოვლით გზაზე მისი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო თვისებების გამოკვლევა, დაშვებული საინჟინრო შეცდომები და მათი გამოსწორების ღონისძიებები.

ძირითადი ნაწილი

გზების ისტორია უამრავ ათას წელს ითვლის, კერძოდ, იმდენივეს, რამდენიც თავად ადამიანის ისტორიაა. გამართული დამაკავშირებელი გზები განაპირობებდა ჩვენთვის უძველესი სახელმწიფოების ეკონომიკური პოტენციალის ზრდის წყაროს. შიდაწვის ძრავების გავრცელებასა და მომძლავრებულ ურბანიზაციასთან ერთად იმატა ავტოსატრანსპორტო საშუალებათა რიცხვმაც. ავტომობილებისა და მათთან ერთად მგზავრების მოძრაობის უზრუნველსაყოფად საჭირო გახდა გზების ტრასირების თანამედროვე მეთოდების შემუშავება.

საავტომობილო გზებმა უნდა უზრუნველყონ მგზავრების უსაფრთხო და კომფორტული გადაადგილება ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში. ერთი შეხედვით ამ მოთხოვნათა სრული დაკმაყოფილება შეუძლია ისეთ საავტომობილო გზას, რომელიც აგებულია სწორ ხაზზე და უშუალოდ აერთებს მოცემულ წერტილებს. მაგრამ, უმოკლესი მიმართულებით გზის აგებას აფერხებენ რელიეფის ისეთი ელემენტები, როგორებიცაა მთები და ხრამები, ასევე, წყლისაგან შექმნილი დაბრკოლებები - მდინარეები, ტბები, ჭაობები.

ავტომობილების უსაფრთხო და კომფორტული მოძრაობისათვის გზის გეგმის ტეხილ ხაზს არბილებენ მის კუთხეებში წრის რკალებისა და თანდათანობით ცვალებად რადიუსიანი ე.წ. გარდამავალი მრუდების ჩაწერით.

მრუდის გავლისას, ცენტრიდანული ძალის ზემოქმედების შედეგად ავტომობილების მდგრადობა მცირდება. რაც უფრო მცირეა მრუდის რადიუსი, მით უფრო ინტენსიურია ცენტრიდანული ძალის ზემოქმედება. დიდი რადიუსიანი მრუდების მოწყობის შესაძლებლობას რელიეფი ყოველთვის არ იძლევა, ამიტომ ავტომობილის მდგრადობის

ასამაღლებლად მცირე რადიუსიან მოსახვევებში აწყობენ ცალმხრივად დაქანებულ განივ პროფილს ე.წ. ვირაჟს სადაც სავალი ნაწილისა და გვერდულის ქანობი მიმართულია მრუდის ცენტრისაკენ. გარდა ამისა, მცირე რადიუსიან მრუდებზე ავტომობილები იჭერენ სავალი ნაწილის უფრო მეტ ფართობს ვიდრე სწორზე ან დიდ რადიუსიან ($>3000\text{მ}$) მრუდზე მოძრაობისას, ამიტომ, აუცილებელია სავალი ნაწილის გაგანიერების მოწყობა ნორმატივების მოთხოვნათა შესაბამისად. ვირაჟების არქონისას მრუდში მოძრაობის სიჩქარე ეცემა. ამიტომ დღევანდელ პირობებში მაღალი კატეგორიის გზებზე ვირაჟებს აწყობენ მრუდებზე, რომელთა რადიუსი ნაკლებია 3000 მ-ზე ხოლო ყველა დანარჩენი კატეგორიის გზებზე 2000 მ-ზე ნაკლებზე

თუ მცირე რადიუსიანი მრუდები გათვალისწინებულია დიდი სიჩქარით მოძრაობისათვის მათზე განლაგებულ ვირაჟებზე, განივი ქანობის საანგარიშო სიდიდეები შეიძლება გამოვიდეს საკმაოდ მნიშვნელოვანი, $8-12\%$ ან უფრო მეტი. ასეთ ვირაჟებს აწყობენ ავტოდრომებზე და ავტორალისათვის განკუთვნილ გზის სპეციალურ მონაკვეთებზე.

ავტომობილზე მოქმედი ძალები მრუდე მონაკვეთებზე მოძრაობისას და ვირაჟის გაგანიერების მოწყობის სქემა

ავტომობილის მოძრაობის პირობები გზის მრუდე მონაკვეთებზე მნიშვნელოვნად განსხვავდება სწორხაზოვან მონაკვეთზე მოძრაობისაგან. მრუდხაზოვან მონაკვეთებზე ავტომობილზე მოქმედებს ცენტრიდანული ძალა C . მისი სიდიდე მრუდის რადიუსზეა დამოკიდებული იგი ცდილობს ააყიროს ან მოაცუროს ν სიჩქარით მოძრავი m მასის მქონე ავტომობილი.

რაც უფრო პატარაა მოხვევის რადიუსი ერთსა და იმავე სიჩქარისას, მით უფრო მეტია ცენტრიდანული ძალა. აქედან გამომდინარე, მრუდზე უსაფრთხო მოძრაობის სიჩქარისათვის v და გზის სავალი ნაწილის განივი ქანობის i (ვირაჟის ქანობის) მიხედვით განსაზღვრავენ მოხვევის რადიუსს ფორმულით:

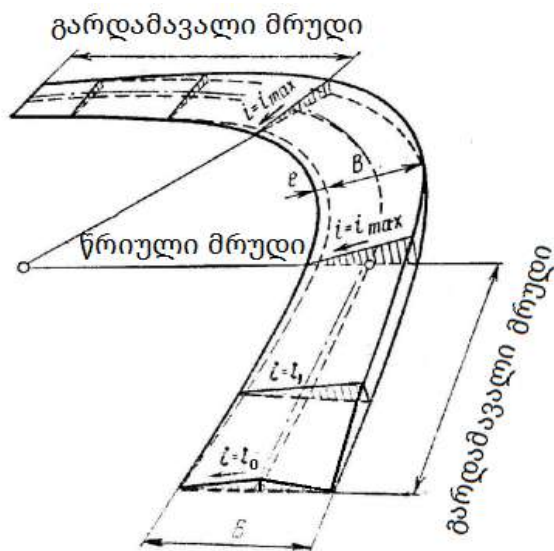
$$R \geq \frac{v^2}{127(0.3\varphi \pm i)}$$

სადაც: v - მოძრაობის სიჩქარეა, კმ/სთ; i - სავალი ნაწილის განივი ქანობი, ერთეულებში; φ - შეჭიდულობის კოეფიციენტი

ტექნიკური მოთხოვნების მიხედვით დაბალი და მაღალი კატეგორიის გზებისათვის მოხვევის რადიუსის მინიმალური მნიშვნელობა შესაბამისად აიღება 125-1000 მ ვაკეზე და 60-600 მ მთაგორიან რელიეფზე. ავტომობილის მოძრაობისას მრუდზე v სიჩქარით წარმოიქმნება განივი ძალები.

სიჩქარე, რომლის დროსაც შესაძლებელია უსაფრთხო მოძრაობა R რადიუსიან მრუდზე შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით.

$$v \leq \sqrt{127R(0.3\varphi \pm i)}$$



ნახ.1 ვირაჟის მოწყობის სქემა.

თბილისის ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთ შემოვლითი გზის გამოკვლევა.

მთავარმა ინჟინერმა უნდა მიიღოს ისეთი გადაწყვეტილება, რომელიც საავტომობილო გზას მაქსიმალურად უსაფრთხოა და კომფორტულს გახდის, ვირაჟების მოწყობის საკითხის უგულვებელყოფამ ან მათმა არასწორმა დაპროექტებამ შესაძლოა გზის მონაკვეთი ძალიან სახიფათო გახადოს მგზავრთა და ტვირთთა გადაადგილებისათვის. საავტომობილო გზებზე, სადაც ვირაჟები არასწორად ან საერთოდ არ არის მოწყობილი, ხშირია ავტოსაგზაო შემთხვევათა რიცხვი.

საავტომობილო გზის მონაკვეთები, სადაც ავტოსაგზაო შემთხვევათა რიცხვი მომატებულია ვირაჟების არარსებობის გამო, თბილისშიც გვხვდება. ასეთი გზის ნათელი მაგალითია თბილისის ზღვის ჩრდილოეთით მდებარე, ნუგზარ შანავასა და რაჭას ქუჩის დამაკავშირებელი შემოვლითი გზა, რომლის სიგრძეც 10.15 კილომეტრს

შეადგენს და მასზე ვირაჟები, საერთოდ არ გვხვდება (ნახ.2). აღნიშნულ მონაკვეთის დაპროექტება-მშენებლობის განხორციელებისას დაშვებული იქნა პრინციპული სახის შეცდომა, რაც, სამწუხაროდ, ახასიათებს ჩვენი საგზაო მშენებლობის სინამდვილეს.



ნახ.2 თბილისის ზღვის შემოვლითი გზა.

თანამედროვე საგზაო სამოსი, საგზაო ნიშნები, საგზაო მონიშვნა და მოწყობა-გაფორმების დანარჩენი ელემენტები ხორციელდება თანამედროვე ნორმატივების მოთხოვნების შესაბამისად. გზის ზემოთ ჩამოთვლილი ელემენტები საშუალებას აძლევენ მძღოლებს განავითარონ მაღალი სიჩქარე, იმავდროულად, ტრასა, მისი გეგმა და გრძივი პროფილი, ასევე, განივი პროფილის ელემენტები და მხედველობის მანძილი რჩება თავდაპირველ მდგომარეობაში.

ეს ყოველივე იწვევს ასეთ საგზაო გადაადგილების პირობებში მაღალ ხიფათიანობას, ვინაიდან ცალკეულ მონაკვეთებში

განვითარებული მაღალი სიჩქარე უნდა მკვეთრად შემცირდეს ძველი პარამეტრებით დაპროექტებული მონაკვეთების გავლისას. როგორც ცნობილია, სიჩქარეთა მკვეთრი სხვაობა ინტენსიობისას მაშინ, როდესაც ასეთი მონაკვეთები ხშირია და გაქანება-დამუხრუჭება გარდაუვალია, შესაბამისად, ავტოსატრანსპორტო შემთხვევათა წარმოშობის ალბათობა დიდია. ასეთი მონაკვეთების მაგალითებია ვაზიანი-გომბორი-თელავისა და ჩვენ მიერ განხილული თბილისის ზღვის შემოვლითი წრიული საავტომობილო გზის ჩრდილო-აღმოსავლეთ მონაკვეთი. მაღალი ინტენსიობის მოძრაობა (12-15 ათასი ავტომობილი/დღე), და ვირაჟების არარსებობა უფრო მეტად აძლიერებს ამ გზის ხიფათიანობას, ვინაიდან ეს მონაკვეთი თავისი დანიშნულებით საქალაქო მნიშვნელობის მაგისტრალური ქუჩაა.

თბილისის ზღვის შემოვლით გზაზე ხშირად შევხვდებით ლითონის დეფორმირებად ჯებირებს, რომლებიც ავტოსატრანსპორტო საშუალებათა მართვის დაკარგვის შედეგადაა რიგ შემთხვევებში დაზიანებული, ზოგიერთ შემთხვევაში კი სრულიად გადანგრეულია და მიტოვებულია აღდგენის გარეშე.

თბილისის ზღვის შემოვლითი გზის ტრასა იმეორებს თბილისის ზღვის კონტურს და მიჰყვება რელიეფის უმცირეს ფორმებსაც კი. არცერთ მრუდზე არ არის ვირაჟი და ასეთ მონაკვეთებზე, როგორც წესი, მრავალჯერ არის დაზიანებული ლითონის დეფორმირებადი ბარიერები. ხშირია ბარიერის დაზიანებები მრუდის განაპირა მონაკვეთებზე, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ წრიული მრუდე გარდამავალი სიმრუდის მონაკვეთების გარეშეა აგებული და შედეგად ავტომობილის მოძრაობის ტრაექტორია არ ემთხვევა სავალი ზოლის ღერძის მოხაზულობას. ზოგიერთ მონაკვეთზე იმის მაგივრად, რომ მოსახვევებში მოწყობილი

იყოს გზის გაგანიერება, დაზიანებულია ასფალტ-ბეტონის საფარი, რაც ზრდის ავტოსაგზაო შემთხვევათა რისკს აღნიშნულ მონაკვეთზე.



ნახ.3 თბილისის ზღვის შემოვლითი გზაზე დაზიანებული ასფალტ-ბეტონის საფარი მრუდე მონაკვეთზე, რომელიც განსაკუთრებული ხიფათის წყარო შეიძლება იყოს.

აღნიშნულ გზის მონაკვეთზე, აგრეთვე, დაშვებულია პრინციპული სახის შეცდომა, კერძოდ, რამდენიმე მონაკვეთზე შებრუნებული ორი წრიული მრუდია მოწყობილი და მათ შორის მცირე ზომის სწორი მონაკვეთია ჩასმული და, ამავდროულად, არც გარდამავალი მრუდებია მოწყობილი, არც გზის გაგანიერება და არც ვირაჟები.



ნახ.4 თბილისის ზღვის შემოვლითი გზაზე მოწყობილი შებრუნებული ორი მრუდი და მათ შორის მცირე ზომის სწორი მონაკვეთი (ვირაჟებისა და გაგანიერების გარეშე)

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ თბილისის ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთით მდებარე შემოვლით გზაზე გვერდული მხოლოდ ცალ მხარესაა მოწყობილი, რაც მიუღებელია საქალაქო მნიშვნელობის მაგისტრალურ გზაზე

დასკვნა

რთული რელიეფის პირობებში საავტომობილო გზებზე აუცილებელია ტრასის გაუმჯობესება და ძველი სტანდარტებით მოწყობილი გზების ახლით ჩანაცვლება, ასევე, ტრასისა და განივი პროფილის პარამეტრების მოწესრიგება თანამედროვე მოთხოვნების მიხედვით. თუ ტრასა ძველი ნორმატივებით არის დაპროექტებული არ შეიძლება გზის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო გაუმჯობესება

თანამედროვე საგზაო სამოსებისა და მოწყობა-გაფორმების ელემენტების დატანით. რაც შეეხება თბილისის ზღვის შემოვლითი გზის გამოკვლეულ მონაკვეთს აუცილებელია ჰორიზონტალური რადიუსების მკვეთრი გაზრდა და შესაბამისი სიდიდით გაგანიერებათა მოწყობა. რთულ რელიეფურ პირობებში, მაღალმთიან ადგილებში, მთის ფერდობებზე, დასახლებულ პუნქტებში და ა.შ მათემატიკური გამოთვლებითა და ბუნებრივი პირობების შესწავლის შემდეგ დამპროექტებლებმა არ უნდა დაუშვან ისეთი პრინციპული შეცდომები, როგორებიც ზემოთ აღწერილ გზაზე გვხვდება.

თბილისის ზღვის გასწვრივ მონაკვეთის გაუმჯობესების ღონისძიებები შეიძლება გამოვყოთ ორ ეტაპად: პირველ ეტაპზე - აუცილებელია განივი პროფილის მოწესრიგება, კერძოდ, მოსახვევებში გაგანიერებისა და ვირაჟების მოწყობა განივი ქანობით არაუმეტეს 2%-ისა და დარჩენილი ცენტრიდანული ძალის ხორკლიანი ზედაპირის მოწყობით კომპენსირება.

მეორე ეტაპზე მიზანშეწონილია ზოგ მონაკვეთზე საშუალო 6-12 მეტრის ჭრილებისა, ნახევარ-ყრილებისა და ნახევარ-ჭრილების მოწყობით. შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გაიზარდოს მოძრაობის უსაფრთხოებაც ზოგიერთ მონაკვეთზე მოკლე გვირაბების ღია წესით მოწყობითაც.

ტიპური შეცდომაა, როდესაც ძველი პარამეტრებით დაპროექტებულ ტრასაზე აწყობენ თანამედროვე საგზაო სამოსსა და მოწყობის ელემენტებს, შესაბამისი გზის მაგალითია თბილისის ზღვის გამოკვლეული მონაკვეთი, აგრეთვე, ვაზიანი-გომბორი-თელავის საუღელტეხილო მონაკვეთი. ეს ყოველივე ქმნის საშიშროების წარმოქმნის წინაპირობებს, აუცილებელია ტრასა, განივი პროფილი და სამოსის

საექსპლუატაციო მახასიათებლები შეესაბამებოდნენ ერთმანეთს.

ლიტერატურა

1. Дубелир Г.Д Проектирование автогужевых дорог. 1934 г.
2. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог.
3. Lorenz H. Trassierung, Gestaltung von Strassen, Autobahnen, Wiesbaden: Bauverlog, 1971, p.467.
4. მჭედლიშვილი კ., ბურდულაძე ა., საავტომობილო გზების დაპროექტების საფუძვლები, თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2016, გვ., გვ.287.
5. Хяркянен К. Развитие методов Проектирования трассы автомобильных дорог в финляндии. Труды МАДИ, методы реконструкции автомобильных дорог. М. 1989 г. с.127

მაღლივი შენობების დაპროექტების თავისებურება

ბაკალავრიატის სტუდენტი ლაშა დემეტრაშვილი, III კურსი,

demetrashvilil@gmail.com, ტელ: +995 598 431 072

ხელმძღვანელი პროფესორი მაია ჭანტურია

m.chanturia@gtu.ge ტელ: +995 555 555 934

ანოტაცია

მაღლივი შენობები არქიტექტურული, კონსტრუქციული, მშენებლობის ტექნოლოგიით, ექსპლუატაციითა და საიმედოობის თვალსაზრისით განეკუთვნებიან უნიკალურ ნაგებობებს და წარმოადგენენ ქვეყნის სიმდიერისა და ტექნოლოგიური პროგრესის სიმბოლოს. ერთიანი ცნება „მაღლივი შენობა“ დღეისათვის არ არსებობს. ამ ცნებას სხვადასხვა დროს სხვადასხვა მნიშვნელობა ჰქონდა და უნდა ვივარაუდოთ, რომ სამომავლოდაც შეიცვლება სართულიანობის ზრდასთან ერთად. 1971წ. პირველ საერთაშორისო სიმპოზიუმზე შემოთავაზებული იყო აზრი, რომ მაღლივად ჩათვლილიყო 30 სართულიანი, ან 100მ-ის სიმაღლის შენობა. საქართველოში მაღლივი შენობების კლასს მიეკუთვნება 75მ-ის და მასზე მეტი სიმაღლის შენობა-ნაგებობები.

საკვანძო სიტყვები: მაღლივი შენობები, ხიმინჯოვანი საძირკველი, სეისმური ძალა, აეროდინამიკა.

Abstract

High buildings represent unique structures of architectural, structural engineering, construction technology, exploitation and reliability, and they symbolize the strength and the technological progress of the country. The definition of "high-rise building" does not exist at present. This definition had

different meanings at different times and we should assume that it will change with the growth of the floors in future. On the first international symposium in 1971, it was suggested that the building of a 30-storey or 100 meters height would be high building. For example the class of high buildings in Georgia starts from 75 meters.

Key words: High buildings, Limestone foundation, seismic force, aerodynamics

შესავალი

მაღლივი შენობები მთელ მსოფლიოში განეკუთვნებიან ისეთ ობიექტებს, რომელთაც გააჩნიათ ყველაზე მაღალი დონე პასუხისმგებლობისა და საიმედოობის კლასის მიხედვით. მათი მშენებლობის მოცულობითი ღირებულება მნიშვნელოვნად აჭარბებს ვიდრე ჩვეულებრივი შენობებისა. ეს განპირობებულია არა მარტო ტექნოლოგიური, კონსტრუქციული, და სხვა ფაქტორებისაგან, არამედ მნიშვნელოვან წილად უსაფრთხოების კომპლექსური მიდგომებიდან, რომელიც მიიღება მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ყველა ეტაპზე. პროექტირებისას არქიტექტორების მიერ შენობა განხილული უნდა იქნას, როგორც ერთიანი მთლიანი სისტება, რომელშიც ძირითადი მზიდი კონსტრუქციები და საინჟინრო სისტემები განიხილება არა როგორც ცალკე პროექტი, არამედ როგორც შენობის საერთო ფუნქციონალური სქემის ორგანული ნაწილი, რომელიც ყალიბდება პროექტის შედგენისას. მაღლივი შენობების პროექტირება და მშენებლობა მჭიდროდ არის დაკავშირებული ეკონომიკური და სამეცნიერო ტექნოლოგიების განვითარებასთან. ასეთი ტიპის შენობების დაპროექტების დონე დღეისათვის საკმარისად მაღალია, თუმცა მათ გააჩნიათ არსებითი თავისებურებანი, რომლებიც გამოარჩევენ მათ ტრადიციული სახლების დაპროექტებისაგან. კერძოდ საგრძნობლად იზრდება დატვირთვები

შენობის მზიდ კონსტრუქციებზე და სამირკველზე. შენობის სიმაღლე განაპირობებს საინჟინრო სისტემებისა და კომუნიკაციების სირთულეს. წაყენება გაძლიერებული მოთხოვნები სახანძრო და უსაფრთხოების ზომების მიმართ. ყოველივე ეს არსებით გავლენას ახდენს არქიტექტურული და კონსტრუქციულ გადაწყვეტათა შერჩევაზე ისევე, როგორც რიგი ბუნებრივი და ტექნოგენური ფაქტორები, როგორიცაა - სეისმური, ატმოსფერული, აეროდინამიკური, ვიბრაციული. ასევე გასათვალისწინებელია ავარიული, ხანძრის, დივერსიული აქტების, ლოკალური დაზიანების შესაძლებლობები. უძველეს დროში ყველა მაღლივი ნაგებობის (ბაბილონის გოდოლი, ალექსანდრიის შუქურა, პირამიდები ეგვიპტეში, მათ შორის ხეოფსის პირამიდა XIX საუკუნემდე მსოფლიოში ყველაზე მაღალ ნაგებობად ითვლებოდა, რომლის სიმაღლე 137მ-ის ტოლია) მზიდი კონსტრუქციები შესრულებულია ქვისაგან. სამაგისტრო ნაშრომი ეხება სწორედ ასეთ საკითხებს, სადაც განხილულია მაღლივი შენობების სეისმური ანგარიშის მეთოდები, ხიმინჯოვანი სამირკველების შემთხვევაში, მათი ფუძე-გრუნტთან დამყოლობის გათვალისწინებით, რომელიც გავლენას ახდენს შენობის დინამიკურ მახასიათებლებზე (საკუთარი რხევის ფორმებზე, პერიოდებზე), რომელიც თავის მხრივ აისახება სეისმური ძალების სიდიდეებზე.

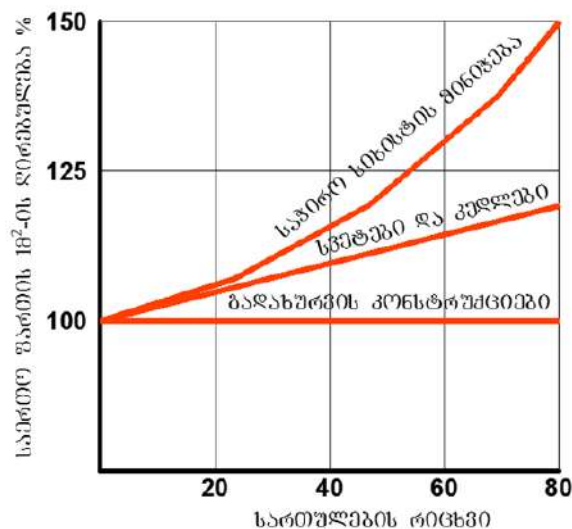
ძირითადი ნაწილი

მაღლივი შენობების დაპროექტებას გააჩნიათ თავისი სპეციფიკა, რომელიც თვისობრივად განსხვავდება ჩვეულებრივი შენობის დაპროექტებისაგან. მაღლივი შენობების დაპროექტების თავისებურებებს წარმოადგენს ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვების გაზრდილი მნიშვნელობები შენობის მზიდ კონსტრუქციებზე და ფუძე

გრუნტებზე, რომელიც გამოწვეულია შენობის საკუთარი წონის, ბუნებრივი (სეისმური, ატმოსფერული, აეროდინამიკური) და ტექნოგენური (ვიბრაცია, ხმაური, ავარია, ხანძარი, დივერსიული აქტები ლოკალური დაზიანება) ხასიათის დატვირთვების გაზრდილი მნიშვნელობებით. შენობის სიმაღლიდან გამომდინარე გართულებულია საინჟინრო სისტემებისა და კომუნიკაციების მონტაჟი, რომლებიც ხშირ შემთხვევაში მოითხოვს დამატებითი საინჟინრო კვანძების მოწყობას(ტექნიკური სართული).გასათვალისწინებელია აგრეთვე სახანძრო და სხვა სახის უსაფრთხოების მიმართ მკაცრი მოთხოვნები. ეს თავისებურებები აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას კონსტრუქციული სქემის არჩევისა და მზიდი კონსტრუქციების დაპროექტების დროს [1].

მაღლივი შენობების დაპროექტების ერთ-ერთ ძირითად მოთხოვნად ითვლება მის მზიდ კონსტრუქციებზე მოსულ ჰორიზონტალურ დატვირთვებისაგან გამოწვეული გადაადგილების შეზღუდვა. ასეთი გადაადგილებების მნიშვნელობები საამშენებლო ნორმებით შეზღუდულია. მაგალითად ა.შ.შ-სა და ევროკავშირის ნორმებით მათი მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს 1/500-ს, თუმცა ეს მნიშვნელობა ასეთი ტიპის შენობებისათვის გაცილებით ნაკლებია[5]. მაღლივი შენობის სიმაღლის თანაფარდობას გეგმაში მის უმცირეს გვერდთან უწოდებენ მოქნილობის კოეფიციენტს. როგორც მაღლივი შენობების დაპროექტების მსოფლიო პრაქტიკამ გვაჩვენა ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს 8-ს, წინააღმდეგ შემთხვევაში ან არ სრულდება შენობის სანიტარული ნორმები (მაღალ სართულებზე გადახურვის კონსტრუქციების რხევა აჭარბებს ნორმებით მოცემულს) ან საჭიროებს ძვირადღირებული ღონისძიებების გატარებას შენობის სიხისტის

გასაზრდელად. სურ. 1-ზე მოცემულ გრაფიკზე ნათლად ჩანს, თუ როგორ იზრდება დანახარჯები შენობის სართულიანობის გაზრდასთან ერთად მასზე აუცილებელი სიხისტის მისანიჭებლად. როგორც სურათზე მოცემულ გრაფიკებიდან ჩანს შენობის სიმაღლის ზრდა არ იწვევს გადახურვის კონსტრუქციებზე დანახარჯების ზრდას, ხოლო დანახარჯები ვერტიკალურ მზიდ კონსტრუქციებზე იზრდება წრფივად, რასაც ვერ ვიტყვით იმ დანახარჯებზე, რომელიც საჭიროა დამატებითი ღონისძიებებისათვის შენობის სიხისტის გასაზრდელად. მასზე დანახარჯების გრაფიკი ატარებს არაწრფივ ხასიათს.



სურ.1. დანახარჯების ზრდა შენობის აუცილებელი სიხისტის უზრუნველსაყოფად.

შენობის მზიდი კონსტრუქციების შემადგენელ ელემენტებს წარმოადგენს:

ხაზოვანი ელემენტები: სვეტები, რიგელები.

ბრტყელი ელემენტები: სიხისტის დიაფრაგმები, გადახურვის ფილები, წიბოვანი გადახურვა.

სივრცითი ელემენტები: სიხისტის ბირთვი, გარე სიხისტის გარსი ან

Figure 1 consists of four schematic diagrams (a, b, c, d) illustrating reinforced concrete structures. Diagram (a) shows a vertical wall section with horizontal reinforcement (red lines) and a central vertical reinforcement (blue line). Diagram (b) shows a vertical wall section with vertical reinforcement (blue lines) and a central vertical reinforcement (blue line). Diagram (c) shows a vertical wall section with diagonal reinforcement (red lines) and a central vertical reinforcement (blue line). Diagram (d) shows a vertical wall section with diagonal reinforcement (blue lines) and a central vertical reinforcement (blue line). The diagrams are labeled with text in Georgian, indicating the type of reinforcement and the structure being modeled.

ყურადღება გავამახვილოთ სიხისტის ბირთვიან შენობებზე. ბირთვი,

რომელიც დამონტაჟებულია შენობის მთელ სიმაღლეზე წარმოადგენს ძირითად მზიდ კონსტრუქციას ჰორიზონტალური და ნაწილობრივ ვერტიკალური დატვირთვების დროს. იგი თავისი მუშაობის ხასიათის მიხედვით წარმოადგენს საძირკველში ხისტად ჩამაგრებულ სივრცით კონსტრუქციას, რომელიც სართულის დონეზე ხისტად არის დაკავშირებული გადახურვის კონსტრუქციებთან. სიხისტის ბირთვის განივკვეთის ფორმა შეიძლება იყოს სხვადასხვაგვარი. შენობაში მათი განლაგება სასურველია იყოს სიმეტრიული სეისმური ზემოქმედების დროს დატვირთვების თანაბარი განაწილებისათვის და დამატებითი მგრეხი მომენტების თავიდან ასაცილებლად. სიხისტის ბირთვის შეხამებით სხვადასხვა კონსტრუქციულ ელემენტებთან შესაძლებელია მივიღოთ რამდენიმე ტიპის კონსტრუქციული სისტემა.

დასკვნა

სეისმურად აქტიურ რაიონებში მაღლივი შენობების დაპროექტებას და მშენებლობას სიხისტი ბირთვიანი სისტემებით მეტი უპირატესობა აქვს, ვიდრე უბირთვოს, რადგან სეისმური ზემოქმედებით მიღებულ ძალებს გადაანაწილებს ჰორიზონტალურ ელემენტებზე. ამდენად ისინი მეტად სეისმომდებნი არიან.

ლიტერატურა

1. ლ. კახიანი, ლ. ავალიშვილი; ლ. ბალანჩივაძე რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტება ევრონორმების მიხედვით. თბილისი: სტუ, 2017. – 226გვ.
2. მ. ჭანტურია, გ. მამარდაშვილი. ანტისეისმური პასიური და აქტიური სისტემები. ლექციების კურსი. ელ.ვერსია. 240 გვ. 2020წ. სტუ-ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა, CD-6416

3. საქართველოს რესპუბლიკის მოქმედი ნორმები „სეისმომედეგი მშენებლობა“(პ.ნ. 01.01.-09).

მეტალოგრაფიკა

მაგისტრი გიორგი დოლიაშვილი, II კურსი ჯგ. 122120

l.g.doliashvili@progresi.com.ge, ტელ: +995598996277

ხელმძღვანელი პროფესორი არჩილ ჩიქოვანი

a.chikovani@gtu.ge ტელ: +995 555105000

ხელმძღვანელი პროფესორი გინა გურეშიძე

g.gureshidze@gtu.ge ტელ: +995 5911703010

ანოტაცია

ერთ-ერთი უძველესი სახურავის მასალაა კრამიტი, რომელსაც ჩვენი წინაპრები ათასწლეულების წინათ იყენებდნენ. კერამიკულ კრამიტს ბევრი დადებითი თვისებებთან ერთად აქვს ნაკლოვანებებიც, კერძოდ დიდი მასა, რაც განაპირობებს სახურავის გაძლიერებული კონსტრუქციის მოწყობის აუცილებლობას. ტექნოლოგიები ვითარდება და ამჟამად ბაზარზე გამოჩნდა მასალა, რომელიც თავისთავში შეიცავს კერამიკული კრამიტის ღირებულებებს და ამავე დროს ანიველირებს მის ნაკლოვანებებს. ასეთ მასალას წარმოადგენს ლითონური კრამიტი, რომელიც აერთიანებს ლითონის სიმტკიცეს, კერამიკული კრამიტის მდგრადობას აგრესიული გარემოსადმი, მაღალ ესთეტიკურ მაჩვენებლებს, არის მსუბუქი და მისი მონტაჟი ისეთივე ან უფრო იოლი, ვიდრე კერამიკულის.

საკვანძო სიტყვები: ლითონური კრამიტი, სახურავი, ქანობი, მონტაჟი, პოლიმერული საღებავი, თუთია, მოპირკეთება, ესთეტიკა, ეკოლოგია.

Abstract

One of the oldest roofing materials is a tile, which was being used by our ancestors thousands of years ago. Along with many positive properties, ceramic tiles have some drawbacks, in particular, a large mass, which makes it necessary to arrange a reinforced roof structure. As technologies develop new materials are innovated. One such material, which contains the values of ceramic tiles and at the same time compensates for its shortcomings is a metal tile, which combines the strength of metal, resistance of ceramic tile to an aggressive environment, high aesthetic indicators, is light and its installation is the same or easier than that of ceramic.

Key words: metal tile, roof, roofing, installation, polymer paint, zinc, finishing, aesthetics, ecology.

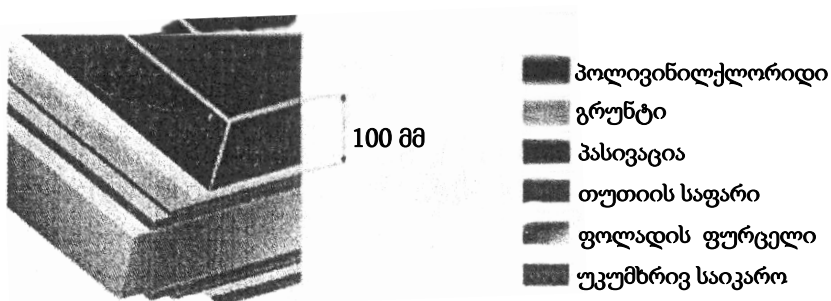
შესავალი

ნატურალური თიხის კრამიტი ყოველთვის ლიდერი იქნება სახურავი მასალების სიაში, თავისი ბუნებრივი სილამაზით და ხანმედეგობით და თუ თქვენთვის კერამიკული კრამიტი მიუწვდომელია, არის მშვენიერი ალტერნატივა – მეტალოკრამიტი. მისი ფასი ნაკლებია, ვიდრე კერამიკულის, ხარისხით კი მას არ ჩამოუვარდება. ფასში განსხვავება დაკავშირებულია მასთან, რომ ამ მასალას არ სჭირდება გამოწვა, ე.ი. მისი წარმოების პროცესი მნიშვნელოვნად მარტივდება, სამსახურის სავარაუდო ვადა 30 წელზე მეტია და იგი ეკოლოგიურად სუფთაა.

ძირითადი ნაწილი

მრავალი სახეობის მეტალოკრამიტიდან გამორჩეულია დიდი სიმტკიცის და ჰიპერსაიმედო „პლასტიზოლის“ საფარით. ამ მასალის ტექნიკური მახასიათებლები საშუალებას გვაძლევს იგი გამოვიყენოთ როგორც სახურავის საფარი, ისე მოსაპოვებელ მასალად.

პლასტიზოლი – ესაა დამცავი დეკორატიული საფარი, დამზადებული პოლივინილქლორიდის ბაზაზე, პლასტიფიკატორების დამატებით. გარეგნულად გამოიყურება როგორც თავისებური დამცავი აფსკი. ასეთ საფარიანი მეტალოკრამიტი წარმოადგენს გარე მხრიდან პოლიმერის ფენით დაფარულ ლითონის ფურცელს, რომელიც დამუშავებულია გრუნტით, თუთიით და პასივაციით. შიგა მხრიდან ფურცელი დაფარულია აგრეთვე თუთიით და სპეციალური ეპოქსიდური ფისით (ნახ. 1)



ნახ. 1

სხვა პოლიმერული საფარისგან განსხვავებით, როგორცაა პურალი, პოლიესთერი და მქრქალი პოლიესთერი, პლასტიზოლი უფრო სქელი და მტკიცეა, რაც ძალიან მოსწონს მომხმარებელს. საფარის სისქეა 200 მიკრონი. ეს 8-ჯერ მეტია, ვიდრე პოლიესთერის. ეს რიცხვი გვიჩვენებს კარგ სიმტკიცეს, რაც დატვირთვებისადმი მდგრადობის გარანტიას

იდლევა.

პლასტიზოლით დაფარული კრამიტი ცუდად უძლებს ტემპერატურის მკვეთრ ცვლილებას, მაგრამ საკმაოდ კარგად იტანს ამინდის სხვადასხვა პირობებს (წვიმა, თოვლი, ქარი და ა.შ.). მასალა მდგრადია მექანიკური დაზიანებისადმი, ის მწელად ზიანდება მონტაჟის დროს. ასეთი საფარის მეტალოკრამიტი არ ხუნდება და ინარჩუნებს გარეგნულ იერსახეს მრავალი წლის განმავლობაში, თუ დაცული იქნება ექსპლუატაციის წესები.

პლასტიზოლი არა მარტო დეკორატიული სახურავის მასალად, არამედ სხვა მიზნებისათვისაც გამოიყენება. მაგალითად, ამ პოლიმერის თვისება საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ წყალარინების სისტემებში, ასევე სხვადასხვა სახეობის გადამღობ და კედლის საფარად.

მეტალოკრამიტის ფერადი პალიტრა წარმოადგენილია ძალიან ფართო გამებში. ძირითადი ფერია წითელი, მწვანე და ყავისფერი. თუ პლასტიზოლის საფარს ვიყენებთ ცხელი კლიმატის რეგიონში, უმჯობესია არჩევანი გავაკეთოთ ღია ფერზე. ღია ფერი უკეთ აირეკლავს მზის სხივებს, შედეგად ნაკლებად გაცხელდება და ნაკლებად ამოიწვება. მასალის ექსპლუატაციური თვისებები შენარჩუნდება 60-70°C ტემპერატურამდე.

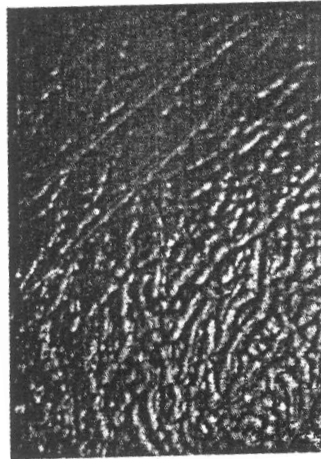
პლასტიზოლის ღირშესანიშნაობა შემდეგია:

1. სიმტკიცე – პლასტიზოლით დაფარული კრამიტი მძიმეა (ფოლადის ფურცლის სისქეა 0,2 მმ, პლუს ორივე მხრიდან დატანილი 0,1 მმ პლასტიზალის ფენა), რაც მას აძლევს სიმტკიცეს.
2. ანტიკოროზიული საფარი – მეტალოკრამიტს აქვს მაღალი კოროზიული მედეგობა.

3. თვითაღდგენის უნარი – ნაწიბურები და ნაკაწრები ზედაპირზე თვითონ იკვრება და მასალა მდგრადია მექანიკური დაზიანებებისადმი.
4. მიმზიდველი გარეგნული იერსახე – პლასტიზოლს აქვს ესთეტიკური გარეგნული სახე და ლოკონიური რელიეფური ზედაპირი, რომელიც იმიტირებს ნატურალურ კრამიტს. პლასტიზოლის გარე ფენა დატვიფრულია, რის შედეგად გამოიყურება როგორც ტყავი ან დაშტრიხული ნაჭდევი.
5. ხანმედეგობა – მასალის ექსპლუატაციის ვადა 5-დან 30 წლამდეა. საჭირო მოვლის და წმენდის შემთხვევაში მასალა გაძლებს გაცილებით მეტხანს.

პლასტიზოლს აქვს შედარებით დაბალი ატმოსფერომედეგობა. მას შეუძლია გაუძლოს მაქსიმალურ 70...80°C ტემპერატურას. მაგრამ ზოგიერთი მკვეთრკონტინტალური კლიმატის რეგიონებში ტემპერატურა უფრო მეტია და მისმა მკვეთრმა ცვლილებამ შეიძლება ცუდად იმოქმედოს სახურავის მასალაზე. ინტენსიური ულტრაიისფერი გამოსხივება ნაკლებად მოქმედებს პლასტიზოლის ფერზე, ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში. პლასტიზოლით დაფარული სახურავის პერიოდული მოვლაა საჭირო. მისი ფოროვანი ზედაპირი იწოვს მტვერს და ჭუჭყს და საჭიროებს დამატებით მოვლას. პლასტიზოლის სამსახურის ვადის გასახანგრძლივებლად სასურველია მისი გამოყენება ზომიერ კლიმატურ პირობებში, მაგალითად, საქართველოში. მეტალოკრამიტს სჭირდება მოვლა უკვე ერთი წლის ექსპლუატაციის შემდეგ. თუ პლასტიზოლს შევადარებთ მის უახლოეს კონკურენტებს, ისეთს მაგალითად, როგორიცაა პოლიესთერი, პლასტიზოლის ფასი გაცილებით მაღალია, რადგან მისი ხარისხობრივი

მაჩვენებლები უკეთესია. საფარი მზადდება სხვადასხვა ქვეყანაში, მისი ზედაპირი პრიალაა, დატვიფრული ნახატით (ნახ. 2). მწარმოებელი აკეთებს სხვადასხვა დატვიფრის ნახატს.



ნახ. 2. მეტალოკრამიტი
„პლასტიზოლი“

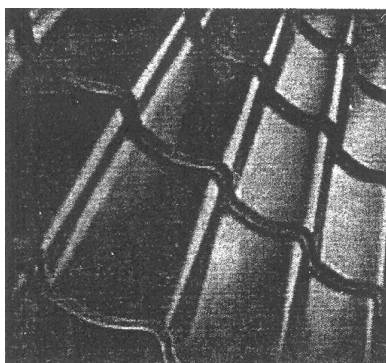
მეტალოკრამიტს ამ საფარით აწარმოებს შემდეგი ქვეყნები:

- ფინეთი-მარკით Takotta და Poimukate ძირითადად ყავისფერს, დატვიფრულს ტყავის იმიტაციით. საგარანტიო ვადაა 5 წელი.
- რუსეთი (Interprofil), გამოიყენება ბელგიური ფოლადი Arcelor. ძირითადი ფერია – წითელი, ყავისფერი, რუხი, მწვანე, დატვიფრული ტყავის იმიტაციით. საგარანტიო ვადაა 5 წელი.
- რუსეთი – გამოიყენება ინგლისური ფოლადი Corus. ძირითადი ფერია HPS-200, დატვიფრა – თოვლის იმიტაციით. საგარანტიო ვადაა 15 წელი.

მეტალოკრამიტ „პურალის“ ტექნიკური დახასიათება ასეთია:

პურალს აქვს შესანიშნავი ანტიკოროზიული თვისებები. ეს მასალა უძლებს დიდ ყინვას, ამიტომ ის პოპულარულია ჩრდილოეთის ქვეყნებში

და მთაში. მეტალოკრამიტის ფასი ნატურალურ კერამიკულზე გაცილებით დაბალია. ყველა სამონტაჟო სამუშაო ტარდება მოკლე დროში. მექანიკური დაზიანების შემთხვევაში ცალკეული ელემენტები ადვილად შეიძლება შევცვალოთ, მთელი სახურავის დემონტაჟის გარეშე. პურალის საფარი მზადდება პოლიურეტანის საფუძველზე. ეს საფარი დამუშავებულია ფინური Routaruukki კონცერნის მიერ 1999 წელს, სპეციალურად სახურავისათვის და ამჟამად არის საუკეთესო ამ ტიპის სახურავებში (ნახ. 3).



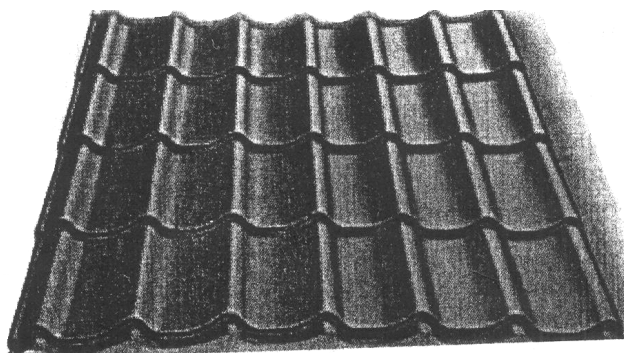
ნახ. 3. პურალის მეტალოკრამიტი.

მეტალოკრამიტი პურალი – ხანმედეგი საფარია:

- მაღალი მედეგობა აქვს გახუნებისადმი, კოროზიისა და სხვადასხვა მექანიკური დაზიანების მიმართ. პურალის საფარის სისქეა 0,05 მმ, მათგან 0,02 მმ მოდის გრუნტირებაზე. გრუნტირების სისქე გაცილებით აღემატება სხვა საგრუნტავი საღებავის სისქეს, ამიტომ მასში ანტიკოროზიული ელემენტი მეტია;
- ასეთი ფენით დაფარული ფურცელი ადვილად მუშავდება (მოლუნვის დროს არ უჩნდება მიკრობზარები და როცა მას ჭრიან) -15°C

ტემპერატურამდე. ეს გაცილებით ნაკლებია სხვა საფარიან ფურცლებზე. სახურავის ოსტატები და მეთუნეები ამ მასალას აძლევენ უპირატესობას, რადგან მას აქვს 15 წლიანი გარანტიის ვადა.

დიდი პოპულარობით სარგებლობს მქრქალი პურალი-ფერადი მქრქალი საფარით (ნახ. 4).



ნახ. 4. სახურავი მეტალოკრამიტით

მისი მდგრადობა და ტექნოლოგია ისეთივე კლასისაა როგორც ჩვეულებრივი პურალის. მაგრამ ეს საფარი ახალ შენობას აძლევს ელეგანტურ იერსახეს, რეკონსტრუირების დროს კი ეს მქრქალი მეტალოკრამიტი ჰარმონიულად ერწყმის ძველ ფასადს. Plural Matt გამოიყენება კლასიკური მოდულის სახურავისათვის და აქვს 34 მკმ სისქე, ხანმედგობის გარანტია კი ისეთივე აქვს როგორც ჩვეულებრივ პურალს – 15 წელი.

დასკვნა

მეტალოკრამიტი თავისი საიმედოობით, ხელმისაწვდომი ფასით და ესთეტიკით, წარმოადგენს ყველაზე პოპულარული სახურავის მასალას. ის მზადდება მაღალი მარკის ფოლადის ფურცლისაგან და შემდეგ იფარება სპეციალური პოლიმერული მასალის ფენით. ამის შედეგად მეტალოკრამიტი იძენს ძველ კრამიტის გარეგნულ სახეს. საფარის ეს მასალა მას ანიჭებს მდგრადობას სხვადასხვა აგრესიული გარემოს მიმართ. მაგრამ არსებობს სხვა სახის საფარიც და ამის შედეგად იცვლება მეტალოკრამიტის თვისებებიც. თუმცა რჩება სამსახურის გაზრდილი ვადა, ფუნქციონალური და ესთეტიკური მახასიათებლებით

ლიტერატურა

1. ა. ჩიქოვანი „ბეტონის ტექნოლოგია“. სტუ. 2015.
2. ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე. ა. ჩიქოვანი „ბეტონთმცოდნეობა“. სტუ, 2021.
3. Камсков В., Козлов В. Гидроизоляционные материалы. Москва, АСВ. 2015.
4. Барабанщиков Ю. Строительные материалы. Москва, КноРус, 2021.

თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშების თავისებურებანი

მაგისტრანტი მარი თებიძე, I კურსი, ჯგ. 122241

2maritebidze@gmail.com; ტელ: +995 577 302 448

მაგისტრანტი დავით არსენიშვილი, I კურსი, ჯგ. 122220

ელ-ფოსტა: dato2209@gmail.com; ტელ: +995 599 713 450

ხელმძღვანელი პროფესორი თამაზ ბაციკაძე

t.batsikadze@gtu.ge, ტელ: +995591191733

ანოტაცია

სამშენებლო პრაქტიკაში უფრო ფართოდ კი გემთმშენებლობაში, თვითმფრინავმშენებლობაში უკანასკნელ ათწლეულებში ფართოდ გავრცელდა ლითონის თხელკედლიანი კონსტრუქციები. მოხსენების თემას წარმოადგენს თხელკედლიანი ღია პროფილის კონსტრუქციათა ელემენტების გაანგარიშების თავისებურებები. ეს თავისებურებები მდგომარეობს ახალ გეომეტრიულ მახასიათებლების შემოღებაში. ასეთებია სექტორული გეომეტრიული მახასიათებლები. სექტორული ფართობი; სექტორული კოორდინატები; ღუნვის ცენტრი; შეზღუდული გრეხა; კვეთის დეპლანაცია და სხვა.

განხილულია ორი მაგალითი რომლებშიც ამოხსნილია წრიული ღია პროფილის თხელკედლიანი ღეროს ღუნვის ამოცანა და მეორე ზეტისებრ კვეთისათვის აგებულია სექტორული კოორდინატების ეპიურა და გამოთვლილია სექტორული ინერციის მომენტი, რის საფუძველზეც აგებულია მთავარი სექტორული ფართობის ეპიურა.

საკვანძო სიტყვები: ლითონის თხელკედლიანი კონსტრუქციები, ღუნვის ცენტრი; შეზღუდული გრეხა; კვეთის დეპლანაცია

Abstract

In construction practice, more widely in shipbuilding, aircraft construction has become widespread in the last decade, and metal thin-walled structures. The topic of the report is the peculiarities of calculation of thin-walled open profile constructions. These features consist in the introduction of new geometric features. Meeting geometric features. wide area; Georgian coordinates; bending center; total twist; Cross section deplaning and others.

Two examples are discussed, one solved for the bending structure of a thin-walled rod of circular profile and the other for a cross-section.

Key words: metal thin-walled structures, cross section deplaning, bending center, total twist

ძირითადი ტექსტი

ღია პროფილის თხელკედლიან ღეროების შეზღუდულ გრეხაზე ანგარიშის დროს გვხვდება კვეთის ახალი გეომეტრიული მახასიათებლები, რომლებიც დაკავშირებულია სექტორული ფართობის კანონთან.

მასალათა გამძლეობაში ცნობილ ბრტყელ ნაკვეთთა სტატიკურ და ინერციის მომენტებს ემატება თხელკედლიანი პროფილის სექტორული მახასიათებლები. თხელკედლიანი ღეროების კონტურის ნებისმიერი წერტილი ახალი თეორიის მიხედვით ხასიათდება არა ორი, არამედ სამი კოორდინატით: ორი ხაზოვანი x და y და ერთი სექტორული ω განზომილებით სმ^2 .

სექტორული გეომეტრიული მახასიათებლების გამოთვლისათვის

განვიხილოთ ნებისმიერი ღია პროფილის თხელკედლიანი ღეროს განივი კვეთი xoy კოორდინატების მიმართ (ნახ. 1).

თხელკედლიანი ღეროს კვეთი ხასიათდება შუა ხაზით, ამ ხაზზე რომელიმე M წერტილის მდებარეობა განისაზღვრება სწორხაზოვანი ან მრუდხაზოვანი კოორდინატებით.

მასალათა გამძლეობის თეორიიდან ცნობილია ნებისმიერი კვეთის გეომეტრიული მახასიათებლები:

$$\left. \begin{aligned} S_x &= \int_F y dF; S_y = \int_F x dF; S_{xy} = \int_F xy dF; \\ J_y &= \int_F x^2 dF; J_x = \int_F y^2 dF; J_\rho = \int_F \rho^2 dF; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

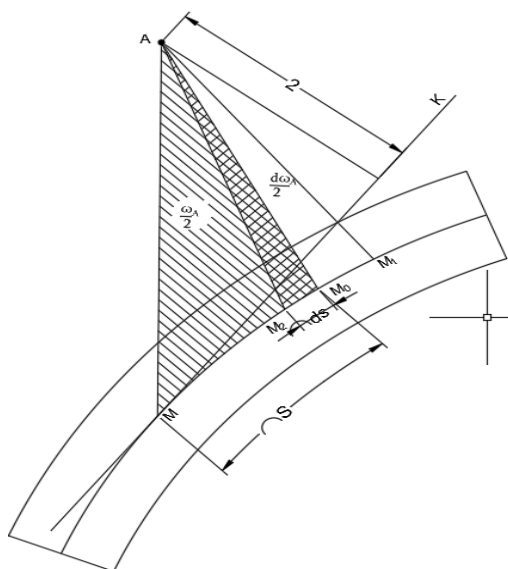
კერძო შემთხვევაში, როდესაც xoy ღერძები ცენტრალური მთავარი ღერძებია, მაშინ პირველი სამი გამოსახვა გახდება ნულის ტოლი:

$$S_x = \int_F y dF = 0; S_y = \int_F x dF = 0; S_{xy} = \int_F xy dF = 0; \quad (2)$$

თხელკედლიანი ღეროების დეპლანაციასთან დაკავშირებით საჭიროა შემოვიღოთ ახალი გეომეტრიული მახასიათებლები.

ავიღოთ xoy სიბრტყეზე ნებისმიერი A პოლუსი (ნახ. 1) და ამ პროფილის შუა ხაზზე s მანძილით დაშორებული ორი M_0 და M წერტილი, ამათგან M_0 მივიჩნიოთ საწყის წერტილად. პროფილის სიბრტყეზე მდებარე ნებისმიერი A პოლუსი შევუერთოთ M_0 და M წერტილებს, მივიღებთ AM_0 საწყისს და AM მიმდინარე (მოძრავ) რადიუს-ვექტორებს.

AM_0M სექტორის გაორკეცებულ ფართობს, რომელიც შემოფარგლულია საწყისი AM_0 და მიმდინარე AM რადიუსით და შუახაზით, ეწოდება M წერტილის სექტორული ფართობი; ის აღინიშნება ω_A -თი. AM_2 და AM_0 რადიუსებს და ელემენტარულ ds რკალით შემოფარგლულ AM_0M_2 სექტორის გაორკეცებულ ფართობს ეწოდება ელემენტარული სექტორული ფართობი და აღინიშნება $d\omega_A$ -თი (ნახ. 1).



ნახ. 1

თუ შევაჯამებთ ამ ელემენტარულ სექტორულ ფართობებს s რკალის გარკვეულ სიგრძეზე, მივიღებთ კონტურზე აღებული წერტილის სექტორულ ფართობს (სექტორულ კოორდინატს). ინტეგრალის ზღვრები დამოკიდებულია შუა ზედაპირზე მდებარე საწყის M_0 წერტილზე, საიდანაც ვიწყებთ ათვლას.

შუა ზედაპირზე მოცემული ნებისმიერი წერტილის სექტორული ფართობი A პოლუსით გამოითვლება ფორმულით:

$$\omega_A = \int_s d\omega_A \quad (3)$$

როგორც ვიცით

$$d\omega_A = \int_S r ds$$

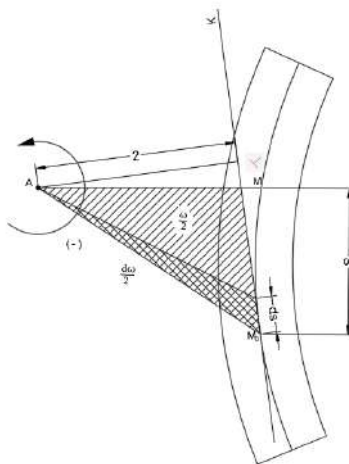
სადაც r არის A პოლუსიდან კონტურის M წერტილზე გავლებულ მხეზე დაშვებული მართობი;

ds – ელემენტარული რკალის სიგრძე

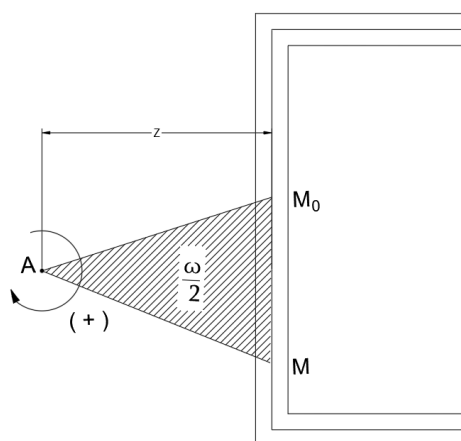
შევიტანოთ ეს გამოსახვები ω_A -ს ფორმულაში, მივიღებთ:

$$\omega_A = \int_S r ds \quad (4)$$

მრუდი მოხაზულობის კონტურის შემთხვევაში სექტორული ფართობი AMM_0 სექტორის გაორკეცებული ფართობის ტოლია (ნახ. 2).

**bsb. 2**

სწორხაზოვანი კონტურის შემთხვევაში კი, სექტორული ფართობი გარკვევებული AMM_0 სამკუთხედის ფართობის ტოლია (ნახ. 3)



ნახ. 3

თუ გამოვითვლით კვეთის ყველა წერტილისათვის სექტორულ ფართობს და გარკვეულ მასშტაბში გადავზომავთ კვეთის შუა ხაზის მართობად, მივიღებთ სექტორულ ფართობის ეპიურას, ე.ი. გრაფიკს, რომელიც მოგვცემს კვეთის კონტურზე სექტორული ω ფართობის ცვლილების სურათს (კანონს).

მრუდხაზოვანი კვეთის კონტურისათვის სექტორული ფართობის ეპიურა იქნება მრუდხაზოვანი. ტეხილხაზოვანი კვეთის კონტურისათვის სექტორული ფართობის ეპიურა იქნება ცალკეულ უბნებში სწორხაზოვანი. შევთანხმდეთ, რომ მოძრავი (მიმდინარე) რადიუსის საათის ისრის მიმართულებით ბრუნვით მიღებული სექტორული ფართობი მივიღოთ დადებითად (ნახ. 3) და საწინააღმდეგო მიმართულებით მიღებული სექტორული ფართობი უარყოფითად (ნახ. 2).

აქამდე სექტორული ფართობის აგებას ვახდენდით ნებისმიერი პოლუსით, ხოლო შემდეგისათვის პოლუსი მივიღოთ ღუნვის A ცენტრი, რომელსაც ეწოდება მთავარი სექტორული პოლუსი.

სექტორული ფართობის ათვლას ვიწყებთ ნებისმიერი ნულოვანი

წერტილიდან, შემდეგისათვის სექტორული ფართობის ათვლას დავიწყებთ გარკვეული წერტილიდან, რომელიც ყველაზე უფრო ახლოს იქნება ღუნვის ცენტრთან. ამ წერტილს ვუწოდოთ მთავარი სექტორული ნულოვანი წერტილი და რადიუსის მთავარი საწყისი რადიუსი. სექტორული ფართობის ეპიურას, რომელიც მთავარ პოლუსითა და მთავარ სექტორული ნულოვანი წერტილით არის აგებული ეწოდება მთავარი სექტორული ფართობის ეპიურა.

თხელკედლიანი პროფილების გეომეტრიული მახასიათებლები, რომლებიც ახასიათებს შეზღუდული გრეხით გამოწვეულ კვეთის დეპლანაციას, გამოითვლება შემდეგი სახის ინტეგრალებით:

კვეთის ფართობის სექტორული სტატიკური მომენტი გამოისახება ფორმულით:

$$S_{\omega} = \int_F \omega dF \quad (5)$$

რომლის განზომილებაა სმ^4 . სექტორული სტატიკური მომენტი შეიძლება იყოს დადებითი, უარყოფითი და ნულის ტოლი.

კვეთის სექტორული ხაზოვანი სტატიკური მომენტი x და y ღერძების მიმართ ზოგად შემთხვევაში გამოითვლება ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} S_{\omega z} &= \int_F \omega y dF \\ S_{\omega y} &= \int_F \omega x dF \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

სექტორული სტატიკური ხაზოვანი მომენტი x ღერძის მიმართ აღებული A პოლუსით გამოითვლება:

$$S_{\omega x} = \int_F \omega_A y dF \quad (7)$$

სექტორული სტატიკური ხაზოვანი მომენტი y ღერძის მიმართ აღებული A პოლუსით გამოითვლება:

$$S_{\omega y} = \int_F \omega_A x dF \quad (8)$$

სექტორული ხაზოვანი სტატიკური მომენტი (განზომილება სმ⁵) შეიძლება იყოს დადებითი, უარყოფითი და ნულის ტოლი.

კვეთის სექტორული ინერციის მომენტი, ღერძული ინერციის მომენტის მსგავსად, გამოითვლება ფორმულით:

$$J_{\omega} = \int_F \omega^2 dF \quad (9)$$

სექტორული ინერციის მომენტის განზომილებაა სმ⁶. სექტორული საწყისი ნულოვანი წერტილის მიღებისათვის საჭიროა ავიღოთ კვეთის სექტორული სტატიკური მომენტი მთავარი პოლუსით (ღუნვის A ცენტრის მიმართ) და გავუტოლოთ ნულს:

$$S_{\omega_A} = \int_F \omega_A dF = 0 \quad (10)$$

ამ გზით მივიღებთ არა ერთ, არამედ რამდენიმე სექტორულ საწყის ნულოვან წერტილს, ამათგან ღუნვის ცენტრთან უახლოეს წერტილს ეწოდება მთავარი საწყისი სექტორული ნულოვანი წერტილი.

როდესაც კვეთს აქვს ერთი სიმეტრიის ღერძი და მთავარი A პოლუსი ადებულია ამ ღერძზე, მაშინ მთავარი საწყისი სექტორული წერტილი მდებარეობს ამ ღერძისა და კვეთის შუახაზის გადაკვეთაზე. არასიმეტრიულ კვეთში მთავარი საწყისი სექტორული ნულოვანი წერტილის მონახვისათვის საჭიროა წინასწარ განვსაზღვროთ ღუნვის A ცენტრი; შემდეგ ავიღოთ კვეთის შუა ხაზის ნებისმიერ ადგილას ერთიმეორესაგან დაშორებული M_0 და M_1 საწყისი სექტორული ნულოვანი წერტილები. დავუშვათ, რომ M_0 წერტილი არის მთავარი საწყისი სექტორული წერტილი (ნახ. 1). რომელიმე M წერტილის სექტორული ფართობი, გამოთვლილი A პოლუსითა და M_0 საწყისი წერტილით,

აღვნიშნოთ $\omega_A^{M_0}$ -ით და ამავე M წერტილის სექტორული ფართობი, გამოთვლილი A პოლუსით და M_1 საწყისი წერტილით, აღვნიშნოთ $\omega_A^{M_1}$ -ით, მაშინ:

$$\omega_A^{M_0} = \omega_A^{M_1} - D \quad (11)$$

სადაც D არის $AM_0 M_1$ სექტორის გარკვევებული ფართობი. M_0 წერტილი იქნება სექტორული საწყისი ნულოვანი წერტილით, თუ დაკმაყოფილებული იქნება შემდეგი პირობა:

$$\int_f \omega_A dF = \int_f \omega_A^{M_0} dF = \int_f (\omega_A^{M_1} - D) dF = 0 \quad (12)$$

აქ D არის მუდმივ და ამიტომ ვიღებთ:

$$\int_F \omega_A^{M_1} dF - DF = 0 \quad (13)$$

აქედან

$$D = \frac{1}{F} \int_F \omega_A^{M_1} dF \quad (14)$$

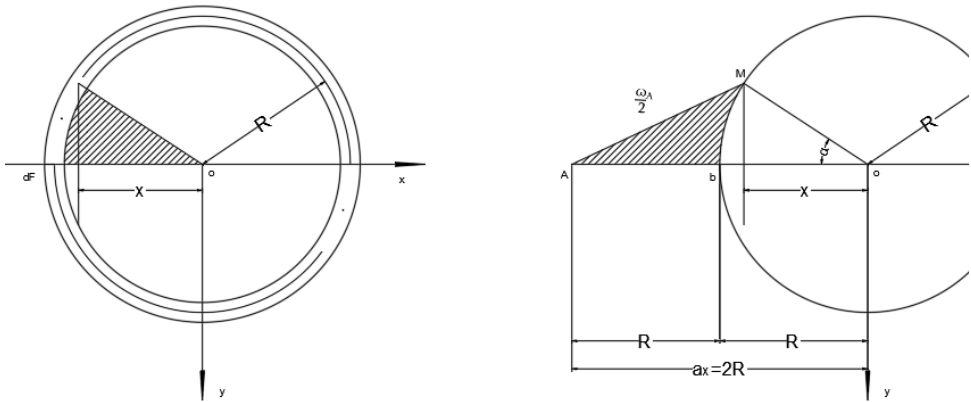
ამრიგად რომ მოვნახოთ საწყისი სექტორული ნულოვანი წერტილი, საჭიროა:

1. განვსაზღვროთ ღუნვის A ცენტრის მდებარეობა;
2. ავაგოთ ნებისმიერი M_1 საწყისი სექტორული ნულოვანი წერტილი M წერილისათვის სექტორული $\omega_A^{M_1}$ ფართობი;
3. განვსაზღვროთ (14) ფორმულით D მუდმივი;
4. შევასწოროთ $\omega_A^{M_1}$ სექტორული ფართობი, მისი ყოველი ორდინატიდან D მუდმივის გამოკლებით.

შესწორებული სექტორული ფართობის ეპიურაზე გვექნება რამდენიმე ნულოვანი წერტილი, ხოლო ამათგან უახლოესი ღუნვის ცენტრამდე იქნება მთავარი სექტორული ნულოვანი

წერილი და ის აღვნიშნოთ M_0 -ით.

მაგალითი 1. განვსაზღვროთ წრიული ღია პროფილის თხელკედლიანი ღეროს ღუნვის ცენტრის კოორდინატები და კვეთის სექტორული ინერციის მომენტი (ნახ. 4)

**bsb. 4**

ამოხსნა: კვეთს აქვს სიმეტრიის მხოლოდ ერთი Ox ღერძი და ღუნვის ცენტრი მდებარეობს ამ ღერძზე. ღუნვის ცენტრის კოორდინატების გამოთვლისათვის დამხმარე პოლუსს ვიღებთ სიმძიმის O ცენტრში, საწყის რადიუსს ვამთხვევთ Ox ღერძს, ამ შემთხვევაში სექტორული ფართობი შუა ხაზის (კონტურის) ნებისმიერი M წერტილისათვის იქნება:

$$\omega_0 = 2 \left(R \alpha \frac{R}{2} \right) = R^2 \alpha$$

OMK სამკუთხედიდან

$$y = -R\sin\alpha$$

ელემენტალური ფართობი

$$dF = Rds = R\delta d\alpha$$

ღუნვის ცენტრის კოორდინატები:

$\alpha_y = 0$, რადგან Ox ღერძი სიმეტრიის ღერძია,

$$\begin{aligned}\alpha_x &= \frac{\int \omega_0 y dF}{J_x} = -\frac{2 \int_0^\pi R^2 \alpha R \sin \alpha R d\alpha \delta}{J_x} = -\frac{2R^4 \delta \int_0^\pi \alpha \sin \alpha d\alpha}{J_x} = \\ &= -\frac{2R^4 \delta [\sin \alpha - \alpha \cos \alpha]_0^\pi}{J_x} = -\frac{2R^4 \delta \pi}{J_x}\end{aligned}$$

ინერციის x მომენტი ღერძის მიმართ იქნება:

$$\begin{aligned}J_x &= 2 \int_0^\pi y^2 dF = 2 \int_0^\pi R^2 \sin^2 \alpha R d\alpha \delta \\ &= 2R^3 \delta \int_0^\pi \sin^2 \alpha d\alpha = 2R^3 \delta \int_0^\pi \sin^2 \alpha d\alpha = 2R^3 \delta \left[-\frac{\sin 2\alpha}{4} + \frac{\alpha}{2} \right]_0^\pi \\ &= \pi R^3 \delta\end{aligned}$$

შევიტანოთ წინა ფორმულაში, მივიღებთ:

$$\alpha_x = -\frac{2R^4 \delta \pi}{J_k} = -\frac{2R^4 \delta \pi}{\pi R^3 \delta} = -2R$$

ამრიგად, თხელკედლიან მილებში, რომლებიც გრძივი მიმართულებით არიან გაჭრილი, ღუნვის ცენტრი მდებარეობს კვეთის გეომეტრიული O ცენტრიდან $2R$ მანძილზე გაჭრილი კვეთის საწინააღმდეგო მიმართულებით. მიღებული მინუსი კი ნიშნავს, რომ α_x საჭიროა ავიღოთ O წერტილიდან x ღერძის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

სექტორული ω_A ფართობის ეპიურას (იხილეთ დაშტრიხულ ფართობზე) გამოვთვლით ფორმულით:

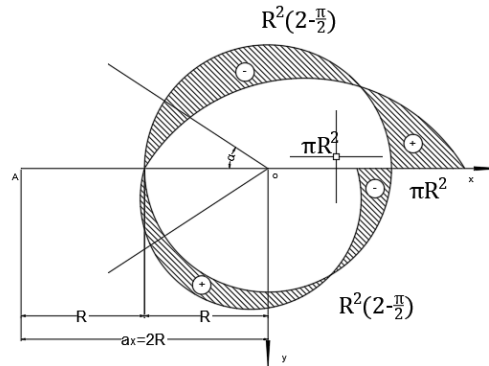
$$\omega_A = 2\Delta AMK - \text{ნახევარსეგმენტი}$$

$$MKb = 2 \frac{(R+R-x)y}{2} - \frac{2R^2\alpha-2xy}{2} = 2 \frac{(2R-x)}{2} R \sin\alpha - \frac{2R^2\alpha-2R\cos\alpha R \sin\alpha}{2} =$$

$$2R^2 \sin\alpha - R^2 \sin\alpha \cos\alpha - R^2\alpha + R^2 \sin\alpha \cos\alpha = 2R^2 \sin\alpha - R^2\alpha =$$

$$-R^2(2\sin\alpha - \alpha).$$

მიღებულ ფორმულაში α -ს სხვადასხვა მნიშვნელობის ჩასმის საფუძველზე ვაგებთ ω_A სექტორული ფართობის ეპიურას (ნახ. 5)



ნახ. 5.

მაგალითად: სიმეტრიის Ox ღერძის ზედა ნაწილისათვის:

როცა $\alpha = 0$, მაშინ $\omega_A = 0$;

როცა $\alpha = \frac{\pi}{2}$, მაშინ $\omega_A = -R^2 \left(2\sin\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} \right) = -R^2 \left(2 - \frac{\pi}{2} \right)$;

როცა $\alpha = \pi$, მაშინ $\omega_A = -R^2(2\sin\pi - \pi) = R^2\pi$;

სიმეტრიის Ox ღერძის ქვედა ნაწილისათვის:

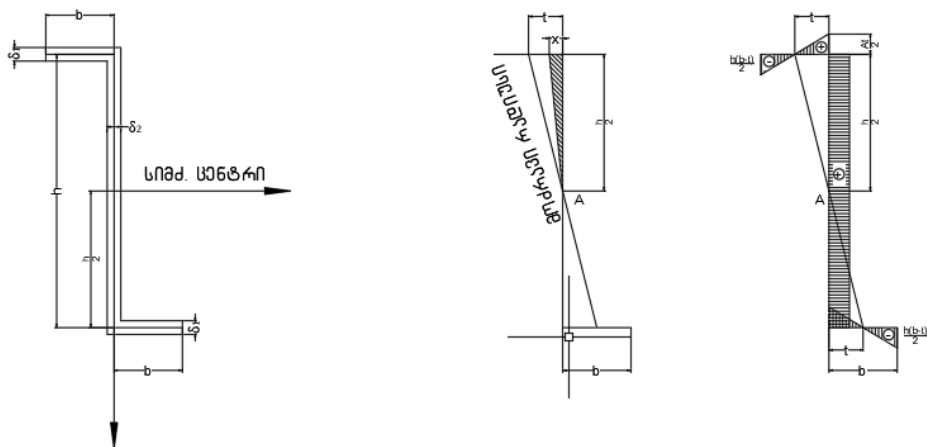
როცა $\alpha = \frac{\pi}{2}$, მაშინ $\omega_A = R^2 \left(2\sin\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} \right) = R^2 \left(2 - \frac{\pi}{2} \right)$;

როცა $\alpha = \pi$, მაშინ $\omega_A = R^2(2\sin\pi - \pi) = -R^2\pi$;

მიღებული მთავარი სექტორული ფართობის ეპიურის მიხედვით გამოვითვლით სექტორულ ინერციის მომენტს:

$$\begin{aligned}
J_{\omega} &= \int \omega^2 dF = \int_{-\pi}^{+\pi} [-R^2(2\sin\alpha - \alpha)^2 R d\alpha \delta] = \int_{-\pi}^{+\pi} R^4(2\sin\alpha - \alpha)^2 R d\alpha \delta \\
&= \delta R^5 \int_{-\pi}^{+\pi} (2\sin\alpha - \alpha)^2 d\alpha \\
&= \delta R^5 \int_{-\pi}^{+\pi} (4\sin^2\alpha - 4\sin\alpha * \alpha + \alpha^2) d\alpha \\
&= 4\delta R^5 \int_{-\pi}^{+\pi} \left[-\frac{2\sin\alpha}{4} + \frac{\alpha}{2} \right]_{-\pi}^{+\pi} - 4\delta R^5 [\sin\alpha - \alpha \cos\alpha]_{-\pi}^{+\pi} \\
&\quad + 4\delta R^5 \left[\frac{\alpha^3}{3} \right]_{-\pi}^{+\pi} = \frac{2}{3} R^5 \delta \pi (\pi^2 - 6).
\end{aligned}$$

მაგალითი 2. ნახაზზე 6-ზე მოცემული ზეტისებრი კვეთისათვის ავაგოთ სექტორული კოორდინატების ეპიურა და გამოვთვალოთ სექტორული ინერციის მომენტი.



ნახ. 6.

ამოხსნა: როგორც ვიცით, ამ პროფილის ღუნვის ცენტრი ემთხვევა კვეთის სიმბიძის ცენტრს და მდებარეობს ვერტიკალური კედლის შუაში.

გვაქვს არასიმეტრიული კვეთი, ასეთი კვეთისათვის საწყისი რადიუსის მიმართულებას ვარკვევთ ფორმულით:

$$S_{\omega} = \int_f \omega dF = 0$$

კერძო შემთხვევაში ეს ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\int \omega dF = 2 \int \omega_1 dF_1 + \int \omega_2 dF_2$$

სადაც $2 \int \omega_1 dF_1$ არის ზედა და ქვედა თაროების სექტორული სტატიკური მომენტი;

$\int \omega_2 dF_2$ - ვერტიკალური კედლის სექტორული სტატიკური მომენტი.

სექტორული ნულოვანი წერტილის დაშორება ღუნვის ცენტრიდან (ვერტიკალური კედლისა და თაროებისათვის) აღვნიშნოთ t -თი, მაშინ თაროს სექტორული ფართი $\omega_1 = \frac{h}{2}(t - x)$; კედლის სექტორული ფართი $\omega_2 = \frac{ht}{2}$; შევიტანოთ ω_1 და ω_2 -ის მნიშვნელობა წინა განტოლებაში მივიღებთ:

$$\int_0^b \frac{h}{2} (t - x) \delta_1 dx + \int_0^{\frac{h}{2}} \frac{h}{2} t \delta_2 dy = -\frac{h}{2} t \delta_1 b + \frac{h}{2} \delta_1 \frac{b^2}{2} - \frac{h}{2} t \delta_2 \frac{h}{2} = 0$$

ამრიგად, ღუნვის ცენტრამდე უმოკლესი t მანძილის საანგარიშო ფორმულა იქნება:

$$t = \frac{\delta_1 b^2}{2\delta_1 b + h\delta_2}$$

მთავარი სექტორული ფართობის ეპიურის აგებისათვის აუცილებელია პოლუსად ავიღოთ A ცენტრი, საწყის მთავარ ნულოვან წერტილად კი ღუნვის ცენტრთან უახლოესი სექტორული ნულოვანი წერტილი, ან უმოკლესი რადიუს ვექტორი.

მიღებული ეპიურის მიხედვით ვითვლით სექტორული ინერციის მომენტს:

$$\begin{aligned}
J_{\omega} &= \int_F \omega^2 dF = 2 \int_0^b \frac{h^2}{4} (t-x)^2 \delta_1 dx + 2 \int_0^{\frac{h}{2}} \left(\frac{ht}{2}\right)^2 \delta_2 dy \\
&= \frac{2\delta_1 h^2}{4} \left[t^2 x - tx^2 + \frac{x^3}{3} \right] + 2 \frac{h^2 t^2}{4} \delta_2 \frac{h}{2} \\
&= \frac{\delta_1 h^2 b}{2} \left(t^2 - tb + \frac{b^2}{3} + \frac{ht^2 \delta_2}{2\delta_1 b} \right) \\
&= \frac{h^2 b \delta_1}{6} (b^2 + 3t^2 - 3bt) + \frac{h^3 t^2 \delta_2}{4}
\end{aligned}$$

დასკვნა:

- რომ მოვწახოთ საწყისი სექტორული ნულოვანი წერტილი, საჭიროა:
 - განვსაზღვროთ ღუნვის A ცენტრის მდებარეობა;
 - ავაგოთ ნებისმიერი M_1 საწყისი სექტორული ნულოვანი წერტილი M წერილისათვის სექტორული $\omega_A^{M_1}$ ფართობი;
 - განვსაზღვროთ (14) ფორმულით D მუდმივი;
 - შევასწოროთ $\omega_A^{M_1}$ სექტორული ფართობი, მისი ყოველი ორდინატიდან D მუდმივის გამოკლებით.
- განხილულია ორი მაგალითი რომლებშიც ამოხსნილია წერილი ღია პროფილის თხელკედლიანი ღეროს ღუნვის ამოცანა და მეორე ზეტისებრ კვეთისათვის აგებულია სექტორული კოორდინატების ეპიურა და გამოთვლილია სექტორული ინერციის მომენტი, რის საფუძველზეც აგებულია მთავარი სექტორული ფართობის ეპიურა.

ლიტერატურა:

1. ბ. ა. ჯაფარიძე, თხელკედლიანი ღეროების სიმტკიცე და მდგრადობა, ბათუმი -1958.

რუსთაველის გამზირის გარდაქმნა საქვეითო ქუჩად და მასთან
დაკავშირებული პრობლემები

ბაკალავრიატის სტუდენტი დავითი კაპანაძე, IV კურსი

kapanadze58@gmail.com ტელ: +995 551 040 258

ხელმძღვანელი პროფესორი კონსტანტინე მჭედლიშვილი

mtchedlishvilikonstantine01@gtu.ge ტელ: +995 577 787 540

ანოტაცია

სტატიაში განხილულია რუსთაველის გამზირის საქვეითო ქუჩად გარდასაქმნელად რა ინფრასტრუქტურული ღონისძიებები და მოძრაობის ორგანიზაციის რომელი მეთოდები შიძლება გამოვიყენოთ, რათა სრულად იქნეს ათვისებული რუსთაველის გამზირის მიწისზედა პოტენციალი საქვეითოდ გადასაქცევად, ხოლო მიწისქვეშა სივრცე სატრანსპორტო ნაკადების გადასადგილებლად. ასევე სათანადოდ დადგინდეს არსებული ჰიდროლოგიური ქსელის საპროექტო პარამეტრები .

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროლოგიური ქსელი; კოლექტორი; მიწისქვეშა სივრცე; ავტომაგისტრალი.

Abstract

The article discusses what infrastructural measures and methods of traffic organization can be used to transform Rustaveli Avenue into a pedestrian street, in order to fully utilize the above-ground potential of Rustaveli Avenue for turning it into a pedestrian street, and the underground space to move traffic flows. The design parameters of the existing hydrological network should also be properly determined.

Key words: Hydrological network; Pipe; Underground space; Highway.

შესავალი

საქართველოს დიდ ქალაქებში მიწისქვეშა საავტომობილო მოძრაობისათვის შესანიშნავი შესაძლებლობები არსებობს. რუსთაველის გამზირის საქვეითოდ გადაკეთება და ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მიწისქვეშა გადაადგილება ამის შესანიშნავი მაგალითია, რომ სრულად იქნეს ათვისებული თბილისის სატრანსპორტო პოტენციალი. ეს იდეა გაჟღერდა ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 60-იან წლებში, ცნობილი არქიტექტორების ირაკლი ციციშვილი და თენგიზ კვირკველიას მიერ. მათი მოსაზრებით, სატრანსპორტო ნაკადები უნდა გადაადგილებულიყო რ. თაბუკაშვილისა და ჭონქაძე - ძმები კაკაბაძეების ქუჩის გავლით. ამ მიზნითვე მოხდა ივერიის მახლობლად თაბუკაშვილის ქუჩაზე მიწისქვეშა გზაგამტარის მოწყობა. შემდგომში აღნიშნული იდეა აღარ იქნა რეალიზებული.

ჩვენი კვლევის შედეგად დავადგინეთ, რომ თანამედროვე პირობებში რუსთაველის გამზირზე არსებული სატრანსპორტო ნაკადების მუდმივად გადართვა ზემოთ აღნიშნულ ქუჩებზე აღარაა მიზანშეწონილი, ამ ქუჩების დაბალი გამტარუნარიანობის გამო. ასეთი გადართვები ხდება ეპიზოდურად მხოლოდ სახალხო დღესასწაულების დღეებში.

რუსთაველის მიწისქვეშა სივრცის აქტიური გამოყენება საშუალებას გვაძლევს: მნიშვნელოვნად გავაუმჯობესოთ ქუჩის ზედა ნაწილის არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი სტრუქტურა; გავათავისუფლოთ სავალი ნაწილი მრავალი, დამხმარე ხასიათის ნაგებობებისაგან; ტერიტორია რაციონალურად გამოვიყენოთ მცირე გამწვანების ადგილების შესაქმნელად და ქვეითთა - ანუ „უავტომობილო“

ზონების მოსაწყობად.

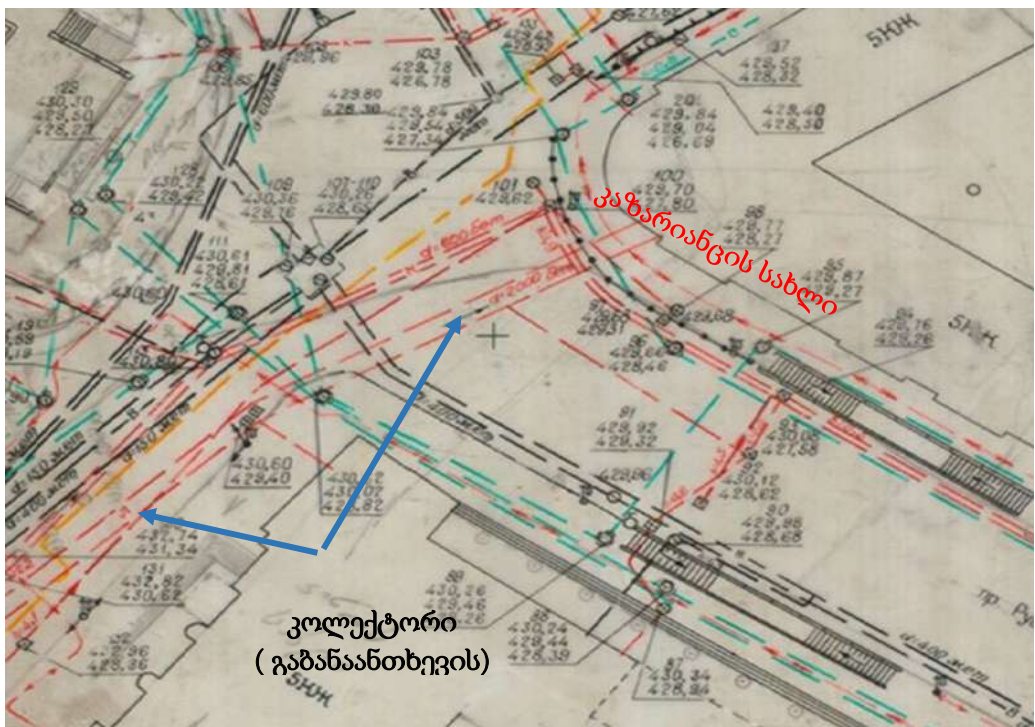
საქალაქო მიწისქვეშა სატრანსპორტო ნაგებობების დაპროექტებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ ტოპოგრაფიული და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, ქალაქმშენებლობისა და სატრანსპორტო ნაკადების მოძრაობის მოთხოვნები. ამავე დროს უნდა გავითვალისწინოთ მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტები და თანამედროვე მიღწევები მიწისქვეშა ობიექტების მშენებლობაში. მიწისქვეშა სატრანსპორტო ნაგებობებს ტექნიკურის გარდა ესთეტიკური მოთხოვნებსაც უყენებენ. გვირაბები თავისი პორტალებით ჰარმონიულად უნდა ეხამებოდნენ გარემოს ლანდშაფტსა და არსებულ განაშენიანებას, მინიმალურად იკავებდნენ და ხერგავდნენ ქალაქის ტერიტორიას.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაზე უაღრესად დიდ ზეგავლენას ახდენს მიწისქვეშა კომუნიკაციები, განსაკუთრებით ჰიდროლოგიური ქსელები, რომლებიც უნდა გავითვალისწინოთ გზებისა და ქუჩების საპროექტო პარამეტრების დადგენაში.

რუსთაველის გამზირის მიწისქვეშა პრობლემები

მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე არის რუსთაველის გამზირი, რომელიც საქართველოს დედაქალაქის უმნიშვნელოვანესი საავტომობილო მაგისტრალია. რუსთაველის გამზირის საპროექტო პარამეტრებზე დიდი გავლენა იქონია მთაწმინდის ფერდობმა, რომლიდანაც ჩამოედინებოდა მტკვრისკენ მიმდინარე ხევები, რომლებიც კვეთენ რუსთაველის გამზირის ტერიტორიას. აღნიშნული ხევები დღეს არსებული ქუჩების სავალი ნაწილის ზედაპირიდან 5-7 მეტრის სიღრმეზე XIX საუკუნის მეორე ნახევარში აგებული აგურის კოლექტორებშია მოქცეული.(იხ. ნახ N1 და ნახ.N2)

მათგან უნდა აღინიშნოს რუსთაველის ძეგლთან ჩამომავალი ძმები კაკაბაძეების ქუჩა აშენებულია XIX საუკუნის კოლექტორზე. ამ კოლექტორში გაედინება მდინარე გაბანაანთხევი, კოლექტორის დიამეტრია $\varnothing$ 2000 მმ. ნახ N1 -ში ჩანს ზემოთ აღნიშნული კოლექტორი და სხვა მრავალი კომუნიკაცია (წყალმომარაგების, წყალარინების და ელ.ქსელების), რომელიც მიუყვება კაკაბაძეების ქუჩას. ასევე, რუსთაველის თეატრის ქვეშ (ნახ. N 2) გადის კოლექტორი, რომლის კვეთი $\varnothing$ 4000 მმ რომელიც ატარებს მთაწმინდის ფერდიდან ჩამომავალ წყალს და შემდგომ კი უერთდება მტკვარს.



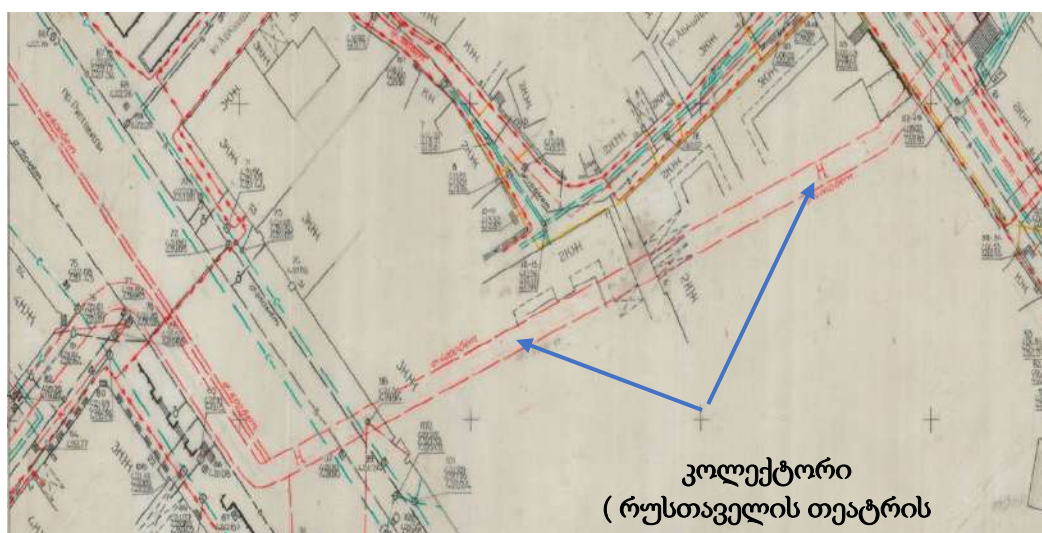
**ნახ. N1 რუსთაველის გამზირის (კაზარიანცის სახლიდან)
მიწისქვეშა კომუნიკაციები**

აღსანიშნავია აგრეთვე მდინარე გაბანაანთხევის წყალმოვარდნების

საფრთხეც, რადგან სანიაღვრე კოლექტორის სათავეში, ვაკეში ნ. ჟვანიას ქუჩის დასაწყისში ნახევრად არის ამოვსებული სამშენებლოდა საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით, ამის გამოც მან შესაძლოა შეუფერხებლად ვერ გაატაროს თავსხმა წვიმების დროს წარმოქმნილი ნიაღვარი და დატბოროს ქუჩები, აგრეთვე კოლექტორის მიმდებარე ტერიტორიები.

ასევე, არ არსებობს სრული ელექტრონული ბაზა საიდანაც მივიღებთ ძველი კომუნიკაციების შესახებ ინფორმაციებს და ახალი კომუნიკაციების კორდინატების დადგენაც პრობლემას წარმოადგენს.

კომუნიკაციებიდან უმრავლესობა არ არის დატანილი და შემატებული მუნიციპალიტეტის არქივებს, აღნიშნული კი პრობლემას წარმოადგენს, ამისთვის საჭიროა შეიქმნას ოფიციალური სახით დოკუმენტაციები.



ნახ. N2 რუსთაველის გამზირის ქვეშ Ø 4 მეტრიანი სანიაღვრე კოლექტორი.

რუსთაველის გამზირის მიწისქვეშა სატრანსპორტო მაგისტრალის დაპროექტება

საქალაქო მიწისქვეშა სატრანსპორტო ნაგებობების დაპროექტებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ ტოპოგრაფიული და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, ქალაქმშენებლობისა და სატრანსპორტო ნაკადების მოძრაობის მოთხოვნები.

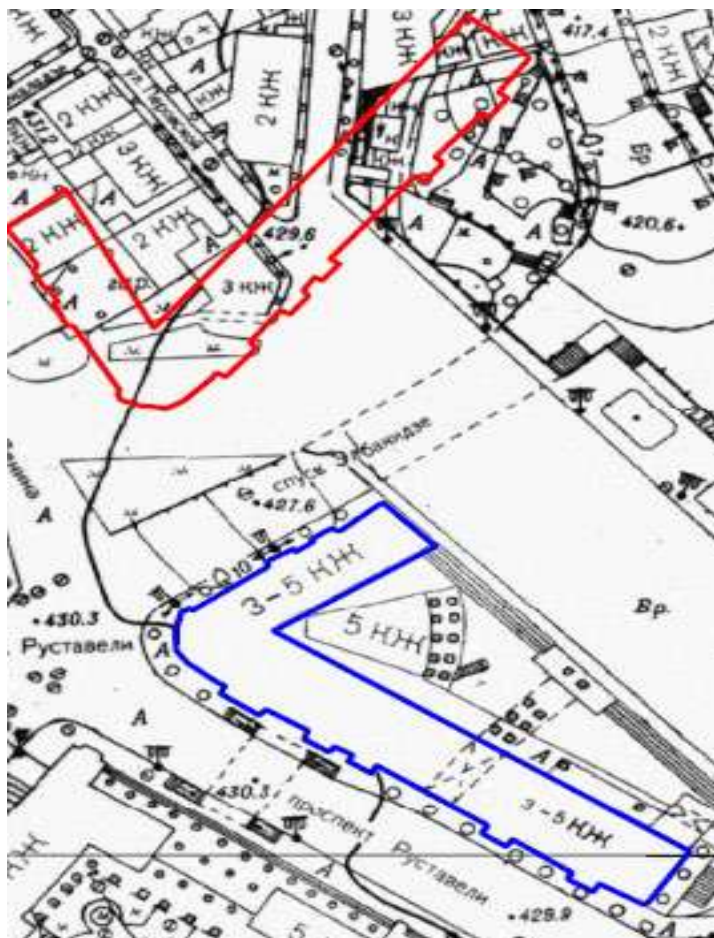
ჩვენი გათვლებით მიზანშეწონილია გამზირზე სატრანსპორტო ნაკადების მიწისქვეშა გადატანა ღია წესით აშენებულ მაგისტრალზე. -6 მ დონეზე შესაბამისი კომუნიკაციათა გადაწყობით და თავისუფლების მოედნის მიწისქვეშა სივრცისა და გამზირის საწყისი მონაკვეთის რეკონსტრუქციით (ე.წ. კაზარიანცის სახლის მიმდებარე ტერიტორიაზე).

მიწისქვეშა მცირე ჩაღრმავების გვირაბების გამტარუნარიანობა ისევე იანგარიშება, როგორც მიწისზედა მაგისტრალებისა. მხედველობაში მიიღება მოძრაობის ინტენსივობა, სიჩქარე, ინტერვალი - სატრანსპორტო საშუალებებს შორის და სამუხრუჭე მანძილი. მხედველობაში მიიღება და აგრეთვე ავტომაგისტრალის კატეგორია, სავალი ნაწილის გრძივი ქანობი, საგზაო სამოსის მდგომარეობა გამოხატული ჩაჭიდების კოეფიციენტით და მხედველობის პირობები.

რუსთაველის განივი ჭრილი ვიანგარიშეთ წინასწარი სავარაუდო მონაცემებით თუ რა ინტენსივობით იმოძრაებენ აღნიშნულ გვირაბში სატრანსპორტო საშუალებები და შესაბამისი ანგარიშით დავადგინეთ კონსტრუქციის განივი ზომები და ქანობები.

მიზანშეწონილია მიწისქვეშა ჩასასვლელების ამოზნექილი ვერტიკალური მრუდის რადიუსი 4000 მ იყოს, ხოლო ჩაზნექილის 1000 მ, რათა ავტოსატრანსპორტო საშუალებები გადაადგილდნენ უსაფრთხოდ და კომფორტულად მოხდეს მათი ჩასვლა ნაგებობაში.

სადაც სავარაუდოდ თამაშშევის ქარვასლის ორი სართულიანი მიწიქვეშა ფართია დაფარული.



ნახ. N4 კაზარიაშვილის სახლის გეგმა

- - არსებული მდებარეობა სახლის ფასადის
- - საპროექტო ახალი მდებარეობა ფასადის

დასკვნა

აღნიშნული პროექტის განხორციელება დიდად გაუმჯობესებს, ქვეითთა ნაკადებს, განსაკუთრებით რუსთაველის გამზირისთვის მიმზიდველობას, რომ იგი გახდეს მიმზიდველი ტურისტებისთვის და ვიზიტორებისთვის. აღნიშნული პროექტი გამოირჩევა რთული სააინჟინრო გამოწვევებით, რომელიც ძველი, საშუალო და ახლი კვალიფიციური ინჟინრების ძალისხმევით შესაძლებელია, რომ განხორციელდეს, რითაც ძალიან დიდ გამოცდილებას მიიღებენ ქართველი ახალგაზრდა ინჟინრებმა.

ლიტერატურა

1. დ. კაპანაძე, საბაკალავრო ნაშრომი, ჰიდროლოგიური ფაქტორის გავლენა გზებისა და ქუჩების საპროექტო პარამეტრებზე (ქ. თბილისში). თბილისი 2023წ.
2. თ. ჭურაძე, კ. მჭედლიშვილი, ნ. კვაჭაძე. საქალაქო მიწისქვეშა ნაგებობები, თბილისი 2009 წ.

ბზარების ამოცანების რიცხვითი ამოხსნები სინგულარული ინტეგრალური განტოლებების გამოყენებით

დოქტორანტი გელა მაჭარაშვილი, I კურსი ჯგ. 132201

macharashvili.gela22@gtu.ge , ტელ: +995 599 168 437

ხელმძღვანელი პროფესორი მურმან კუბლაშვილი

Murman.kublashvili@gtu.ge, ტელ: +995 599 626 729

ანოტაცია

ნაშრომში განხილულია თერმოიზოლირებული ბზარის ამოცანის რიცხვითი ამოხსნა სინგულარული ინტეგრალური განტოლებების გამოყენებით. მოცემულია წირითი ბზარი. ბზარის წვეროების მცირე მიდამოში ძაბვების განაწილებისათვის ინტენსივობის კოეფიციენტების განსაზღვრა მიიყვანება პირველი გვარის სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებაზე, რომელიც ამოხსნილია მარკოვის ტიპის კვადრატურული ფორმულებით. ძაბვების მნიშვნელობები ბზარის მახლობლობაში განისაზღვრება კოშის ტიპის ინტეგრალებით, რომელთა გამოსათვლელად გამოყენებულია პროფესორ მ. კუბლაშვილის მიერ აგებული კვადრატურული ფორმულა. განხილულია კონკრეტული სატესტო ამოცანა. შედგენილია პროგრამა „Mathematika” სიმბოლურ ენაზე.

საკვანძო სიტყვები: თერმოიზოლირებული ბზარი, სინგულარული ინტეგრალური განტოლება. ბზარის წვეროების მცირე მიდამო, ძაბვების განაწილების ინტენსივობის კოეფიციენტი.

Abstract

Numerical solution of the thermally isolated crack problem using singular integral equations is discussed in the paper. A circular crack is given on an infinite body, on which the temperature distribution function is known. Determination of the intensity coefficients for the stress distribution in a small area of the crack tips is based on the singular integral equation of the first kind, which is solved by Markov-type quadratic formulas. The values of stresses in the vicinity of the crack are determined by Cauchy-type integrals, for its calculation is used Professor M. Kublashvili's Quadratic formula. A specific test task is discussed. The program "Mathematika" has been compiled in symbolic language.

Key words: Thermally isolated crack, singular integral equation. Small area of crack tips, stress distribution intensity coefficient.

შესავალი

მყარი სხეულების რეალური სიმტკიცე არსებითადაა დამოკიდებული რეალურ სტრუქტურის დეფექტებზე. რეალურ მასალაში ყოველთვის არსებობს სხვადასხვა ტიპის დიდი რაოდენობის მიკროდეფექტები, რომელთა განვითარება მოდებული დატვირთვის მოქმედებით მათიო ზრდის მიმართულებით წარმოშობს ბზარებს, რომელთა შედეგად საბოლოო ჯამში ხდება სხეულის ლოკალური ან სრული რღვევა. როგორც გამოცდილება აჩვენებს, ეს მოვლენა განსაკუთრებით დამახასიათებელია მყიფე ან კვაზიმყიფე დეფორმადი მყარი სხეულებისათვის.

კონსტრუქციის ელემენტების და ბზარების მქონე ნაგებობების სიმტკიცის საკითხების შესწავლა წარმოადგენს მრავალი ცნობილი მკვლევარის დიდ ინტერესს.

მყარი სხეულების მყიფე რღვევის თეორიის საკითხებს მიძღვნილი აქვს მრავალი მონოგრაფია: ნ. მოროზოვი [1], ვ. პანასიუკი ს. სავრუკი ა. დაციშინი [2], ვ. პანასიუკი [3], გ. ჩერეპანოვი [4], ნ. მუსხელიშვილი [5], ლ. სედოვი [6]. შრომების ფართო მიმოხილვა მოცემულია მონოგრაფიაში [6]. ამ შრომებში ერთ-

ერთ უმნიშვნელოვანეს გამოკვლევას წარმოადგენს სხეულებში ძაბვების გადანაწილების გათვალისწინება მათში ბზარებისა და ხვრელების წარმოშობის დროს

ძირითადი ნაწილი

წინამდებარე ნაშრომში სინგულარული ინტეგრალური განტოლების გამოყენებით შესწავლილია ბზარების ამოცანების რიცხვითი ამოხსნები. კერძოდ განხილულია თერმოიზოლირებული ბზარის ამოცანის რიცხვითი ამოხსნა.

ვთქვათ, უსასრულო სხეულზე $|x| \leq a, y = 0$ ზოლის გასწვრივ, მოცემულია თერმოიზოლირებული ბზარი. დაუშვათ, რომ სხეულზე ბზარის გარეშე ტემპერატურის განაწილება აღიწერება მოცემული ჰარმონიული $t_0(x, y)$ ფუნქციის საშუალებით. მაშინ ზოგადი $T(x, y)$ ტემპერატურა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით

$$T(x, y) = t_0(x, y) + t(x, y), \quad (1)$$

სადაც $t(x, y)$ – შემფოთებული ტემპერატურული ველია, რომელიც გამოწვეულია ბზარით. რადგანაც ბზარი თერმოიზოლირებულია, ამიტომ მის საზღვარზე სრულდება პირობა [2]

$$\frac{\partial T^+}{\partial y} = \frac{\partial T^-}{\partial y} = 0, \quad |x| < a, y = 0, \quad (2)$$

რომელიც (1)-ის გათვალისწინებით შეიძლება ჩავწეროთ ასე:

$$\frac{\partial t^+}{\partial y} = \frac{\partial t^-}{\partial y} = -\frac{\partial t_0}{\partial y} = \varphi(x), |x| < a, y = 0 \quad (3)$$

ბზარის წვეროებში ტემპერატურის უწყვეტობის პირობიდან გამომდინარეობს, რომ

$$t^+(x, 0) = t^-(x, 0), \text{ როცა } x = \pm a. \quad (4)$$

ამგვარად, ამოცანა მიიყვანება უსასრულობაში ქრობადი ისეთი ჰარმონიული $t(x, y)$ ფუნქციის განსაზღვრაზე, რომელიც აკმაყოფილებს (3) და (4) პირობებს.

წარმოვადგინოთ $t(x, y)$ ტემპერატურა შემდეგი სახით

$$t(x, y) = \operatorname{Re} f(z), \quad (5)$$

სადაც $f(z)$ ნებისმიერი უბან-უბან ჰოლომორფული ფუნქციაა. მაშინ

$$\frac{\partial t}{\partial x} = \operatorname{Re} F(z); \quad \frac{\partial t}{\partial y} = -\operatorname{Im} F(z), \quad F(z) = f'(z) \quad (6)$$

შემოვიტანოთ ასევე გადანაწილების ფუნქცია. ამის გამო ბზარის წვეროს მცირე მიდამოში ძაბვის განაწილება ცნობილი იქნება, თუ განსაზღვრული იქნება ძაბვის ინტენსიობის კოეფიციენტი. ამიტომ არსებითი მნიშვნელობა აქვს $k_1^\pm$ და $k_2^\pm$ ინტენსიობის კოეფიციენტების განსაზღვრას

$$\psi(x) = \frac{1}{2} [t^+(x, 0) - t^-(x, 0)], \quad |x| < a, \quad (7)$$

რომელიც აღწერს ტემპერატურის ნახტომს ბზარის წირზე გადასვლის დროს. როგორც ცნობილია [2] $\psi(x)$ – ის მიმართ მიიღება პირველი გვარის სინგულარული ინტეგრალური განტოლება

$$\frac{1}{\pi} \int_{-a}^{+a} \frac{\psi'(t) dt}{t - x} = \varphi(x), \quad |x| < a \quad (8)$$

დამატებითი პირობით

$$\int_{-a}^{+a} \psi'(t) dt = 0 \quad (9)$$

(8) და (9) სასაზღვრო ამოცანის რიცხვითი ამოხსნა ჩვენ შეგვიძლია ზურაბ კაპანაძის მიერ აგებული ალგორითმით:

$$\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{\varphi(t) - \varphi(x)}{t - x} dt \approx \sum_{k=1}^n A_k \frac{\varphi(t_k) - \varphi(x)}{t_k - x} \quad (-1 < x < 1) \quad (10)$$

იგულისხმება, რომ $\varphi(t)$ -ს გააჩნია შესაბამისი სიგლუვე, ამასთან, როცა $t_k = x$

(10)-ე გამოსახულებაში იგულისხმება შესაბამისი ზღვარი.

როდესაც $\varphi(t)$ წარმოადგენს $\leq 2n$ მრავალწევრს, ცხადია, ნებისმიერი $x \in (-1; +1)$ -ისათვის მოცემული კვადრატურული ფორმულა, არის ზუსტი, ხოლო თუ $x \in (-1 < x < 1)$ მნიშვნელობები (10)-ში შერჩეულია ისე, რომ ამ

უკანასკნელისათვის შესრულდეს ტოლობა

$$\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{dt}{t-x} - \sum_{k=1}^n \frac{A_k}{t_k - x} = 0, \quad (11)$$

მაშინ x -ის შესაბამისი მნიშვნელობებისათვის (11)-ე პირობის მიხედვით შემდეგი სინგულარული ინტეგრალისათვის

$$\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{\varphi(t)}{t-x} dt \quad (-1 < x < 1):$$

გვექნება კვადრატურული ფორმულა

$$\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{\varphi(t)}{t-x} dt \approx \sum_{k=1}^n A_k \frac{\varphi(t_k)}{t_k - x} \quad (-1 < x < 1), \quad (12)$$

ასეთი სტრუქტურის კვადრატურული ფორმულები, რომლებიც ლიტერატურაში ცნობილია სინგულარული ინტეგრლებისათვის გაუსის კვადრატურული ფორმულების სახელწოდებით, განისაზღვრება სავსებით ერთმნიშვნელოვნად მოცემული $\rho(t)$ -სათვის $\{x_k\}_{k=1}^{n-1}$ სინგულარობის წერტილების მნიშვნელობებით. ამით შეიძლება ითქვას, რომ x სინგულარობის პარამეტრის იმ მნიშვნელობების რაოდენობა, რომელთა დროსაც მიიღწევა (12)-ე კვადრატურული ფორმულების უმაღლესი ალგებრული სიზუსტე, მკაცრად შეზღუდულია.

ამასთან დაკავშირებით, იმ კვადრატურული ფორმულების პრაქტიკული ეფექტურობის გათვალისწინებით, რომლებსაც გააჩნიათ სიზუსტის ასე თუ ისე მაღალი ხარისხი, ბუნებრივია ვცადოთ რაღაც ოდენობით სინგულარობის ასეთი წერტილების x რაოდენობის გაზრდა, რაც (12)-ე სახის ფორმულებთან მიმართებაში შესაძლოა განხორციელდეს ასეთი ფორმულების სიზუსტის შედარებით დაწვევის ხარჯზე, მაგრამ ისე კი, რომ შესაბამის კვადრატურულ ფორმულებს გააჩნდეთ სიზუსტის მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი ხარისხი, ვიდრე გაცილებით ხშირად გამოყენებად (ანდა მათთან მიახლოებულ) ინტერპოლაციური სიზუსტის ფორმულებს. როგორც რიცხვითი ექსპერიმენტიდან ცხადი ხდება, r -ის მნიშვნელობის თანდათანობითი

შემცირებისას მოცემულ საზღვრებში ჩვენ ვიღებთ კვადრატურულ ფორმულებს რამდენადმე შემცირებული, მაგრამ მაინც გაუსის სიზუსტისადმი მიახლოებული სიზუსტით.

(12) სახის სინგულარული ინტეგრალების ყველაზე უფრო ეფექტური სიზუსტის ფორმულების აგების მიზნით ძალიან არსებითია გამოთვლითი ექსპერიმენტის როლი. ამასთან დაკავშირებით კიდევ ერთხელ უნდა აღინიშნოს მომატებული სიზუსტის სინგულარული ინტეგრალებისათვის კვადრატურული ფორმულების გამოყენების ცნობილი ეფექტურობა იმ ამოცანების რიცხობრივ ამოხსნით, რომლებიც დაკავშირებულია კოშის გულინ სინგულარული ინტეგრალების შემცველი ინტეგრალური განტოლებების გადაწყვეტის საკითხთან.

(6)-ში $F(z)$ ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$F(z) = \frac{F^*(z)}{\sqrt{z^2 - a^2}} = \frac{1}{\pi i \sqrt{z^2 - a^2}} \int_{-a}^{+a} \frac{\sqrt{a^2 - t^2} \varphi(t) dt}{t - z}, \quad (13)$$

სადაც

$$F^*(z) = \frac{1}{\pi i} \int_{-a}^{+a} \frac{\sqrt{a^2 - t^2} \varphi(t) dt}{t - z}$$

გვეცოდინება, რა $F(z)$ ფუნქცია (6) დამოკიდებულებიდან განვსაზღვრავთ $t(x, y)$ ტემპერატურას.

$F(z)$ ინტეგრალი ფიქსირებული z წერტილისთვის ჩვენ შეგვიძლია გამოვთვალოთ ჩვეულებრივი კვადრატურული ფორმულით, მაგრამ სიზუსტის რიგი არსებითად შემცირდება, როდესაც z - წერტილი რაგინდ უახლოვდება $[-a, +a]$ საზღვრის წერტილებს (განსაკუთრებით როცა $z \rightarrow \pm a$).

$F^*(z)$ ინტეგრალს ჩვენ გამოვითვლით პროფესორ მურმან კუბლაშვილის მიერ აგებული კვადრატული ფორმულით [7]

$$F^*(z) \approx F_n^*(z) = F^*(1; z) L_v(\varphi; t_0) + p_{v-10}(t_0; z) \frac{\varphi(\tau_{v-1}) - \varphi(t_0)}{\tau_{v-1} - t_0} + [p_{v-11}(t_0, z) + p_{v0}(t_0, z) + p_{v1}(t_0, z) + p_{v+10}(t_0, z)] \frac{\varphi(\tau_{v+1}) - \varphi(\tau_v)}{\tau_{v+1} - \tau_v} + p_{v+11}(t_0, z) \frac{\varphi(\tau_{v+2}) - \varphi(t_0)}{\tau_{v+2} - t_0} + \sum_{\sigma \neq v \pm 1}^n \sum_{k=0}^e p_{\sigma k}(t_0, z) \frac{\varphi(\tau_{v+1}) - \varphi(t_0)}{\tau_{v+k} - t_0},$$

სადაც

$$p_{\sigma k}(t_0, z) = \frac{1}{\pi i} \int_{\tau_{\sigma} \tau_{\sigma+1}} \frac{\sqrt{(t-a)(b-t)(t-t_0)}}{t-z} l_{\sigma k}(t) dt$$

$$(\sigma = 1, 2, \dots, n).$$

ცხრილ-1-ში მოცემულია $F(z)$ ინტეგრალის მიახლოებითი გამოთვლის ცხრილი, ზემოთ მოყვანილი ალგორითმით, n -ის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის წერტილის $z = \pm 1$ მახლობლობაში, როცა $\varphi(t) = \operatorname{Re}(t) + \operatorname{Im}(t)$

ცხრილი 1

n	z	$F(z)$	$F_n(z)$	$R_n(z) = F(z) - F_n(z)$
50	$-1 + 0.005i$	$3.60173 + 3.46915i$	$3.8148 + 3.66829i$	$0.21307 + 0.19914i$
50	$1 + 0.005i$	$-3.60173 + 3.46915i$	$-3.81848 + 3.66829i$	$-0.21307 + 0.19914i$
50	$-1 + 0.005i$	$3.60173 + 3.46915i$	$-3.69248 + 3.52953i$	$0.09075 + 0.06038i$
50	$1 + 0.005i$	$-3.60173 + 3.46915i$	$-3.69248 + 3.52953i$	$-0.09075 + 0.06038i$
50	$-1 + 0.005i$	$3.60173 + 3.46915i$	$3.69248 + 3.52953i$	$0.04035 + 0.09338i$
50	$1 + 0.005i$	$3.60173 + 3.46915i$	$-3.69248 + 3.52953i$	$-0.04035 + 0.09338i$
50	$-1 + 0.005i$	$3.60173 + 3.46915i$	$3.63742 + 3.45305i$	$0.03569 - 0.01610i$
50	$1 + 0.005i$	$-3.60173 + 3.46915i$	$-3.63742 + 3.45305i$	$-0.03569 - 0.01610i$

დასკვნა

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ზემოთმოყვანილი ალგორითმის საშუალებით $z = \pm 1 + 0.005i$ განსაკუთრებულ წერტილებში (ბზარის ბოლოებში) $n = 50$ -სათვისაც მიიღწევა 10^{-2} სიზუსტის რიგი, რაც მეტად მნიშვნელოვანია აღწერილი ალგორითმის სიმარტივიდან გამომდინარე.

ლიტერატურა

1. *Морозов. Н.Ф.* Математические вопросы теории трещин. <<НАУКА>>, Москва, 1984г. , 255 с.
2. *Панасюк В.В. Саврюк М.П. Дацышин А.П.* Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках, Киев, Наукова думка ,1976, 443 с.
3. *Панасюк В.В.* Предельное равновесие хрупких тел с трещинами. <<Наукова думка>> Киев, 1968.
4. *Черепянов Г. П.* Механика хрупкого разрушения. << Наука >>, М., 1974
5. *Мусхелишвили Н.И.* Некоторые основные задачи математической теории упругости.-М.: Наука, 1966.-707с.
6. *Седов Л. И.* Механика сплошной среды.,<< Наука>>, М.,1973.
7. მ. კუბლაშვილი. ზზარების მქონე სხეულების დამაბულ-დეფორმაციული და რღვევის პროცესების კვლევის მეთოდების დამუშავება სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა მეთოდის გამოყენებით, სადოქტორო დისერტაცია, თბილისი 2004 წ.

მეხუთე თაობის მობილური კავშირის ტექნოლოგია

ბაკალავრიატის სტუდენტი თალიკო მიქავა, კურსი I, ჯგ. 108295

Takomikava4@gmail.com ტელ: +995 597153090

ხელმძღვანელი ასოცირებული პროფესორი სალომე მახარაძე

s.makharadze@gtu.ge, ტელ: +995 557 361 131

ანოტაცია

თანამედროვე ტექნოლოგიები XXI საუკუნის ადამიანების ყოველდღიური ცხოვრების განუყოფელ ნაწილად იქცა. დღეს მობილურის, კომპიუტერის და კომუნიკაციის სხვა საშუალებების გარეშე არსებობა წარმოუდგენელია. მე-5 თაობის (5G-მეხუთე თაობა) სტანდარტი არის ახალი ეტაპი მობილური საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების განვითარებაში, რომელიც უზრუნველყოფს ინდივიდუალური და მოწყობილობების შეღწევას ქსელებში მათი მოთხოვნილებების სრულად დაკმაყოფილებით. მობილური სისტემის ახალი თაობა - 5G მომხმარებლებს სთავაზობს მომსახურების მაღალ ხარისხს, მონაცემთა გადაცემის მაღალ სიჩქარეს და ახალ სერვისებს. 5G იმუშავებს ბევრად უფრო სწრაფად, ვიდრე არსებული თაობები, რაც უზრუნველყოფს უფრო უსაფრთხო და ეფექტურ ცხოვრებას. სტატიაში წარმოდგენილია მობილური კომუნიკაციების მე-5 თაობის შესაძლებლობები, განვითარების პერსპექტივები, ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით ახალი ტიპის სერვისების დანერგვის შესაძლებლობები.

საკვანძო სიტყვები: მობილური საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები, 5G-მეხუთე თაობა, ახალი ტექნოლოგიები, ახალი სერვისები

Abstract

Modern technologies have become an inseparable part of everyday life for people of the XXI century. Today, existence without mobile, computer and other means of communication is unbelievable. The 5th generation (5G-Fifth Generation) standard is a new stage in the development of mobile communication technologies, which provides of individual and devices penetration into networks by fully satisfying their needs. The new generation of the mobile system - 5G offers users high quality of service, high speed of data transfer and new services. 5G will work much faster than existing generations, providing a safer and more efficient life. The article presents the possibilities of the 5th generations of mobile communication, development prospects, by using new technologies possibilities of introducing new types of services.

Key words: mobile communication technologies, 5G-fifth generation, new technologies, new services

ძირითადი ნაწილი

მოზილური კავშირის ქსელებმა გამოჩენის მომენტიდან დღემდე გაიარეს განვითარების დიდი გზა (ფიგურა 1). შესაძლებლობები, რომელთაც დღესდღეისობით გვთავაზობს მოზილური ტექნოლოგიები განიცდის ცვლილებას მომხმარებელთა მზარდი მოთხოვნილებების შესაბამისად. რადიოშელწევის არსებული ტექნოლოგიებზე დამატებით, ჩნდება ახალი ტექნოლოგიები, რომლებიც საშუალებას მოგვცემს გადაწყდეს ისეთი ამოცანები, რომელთა გადაწყვეტა არსებული ტექნოლოგიების საშუალებით შეუძლებელია. ახალი ტექნოლოგიები საშუალებას მისცემს ბიზნესსა და საზოგადოებას შეუზღუდავ შესაძლებლობებს, რაც შესაძლებელია რეალიზებული იქნეს 5G (Fifth Generation) სტანდარტის ბაზაზე, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემის სიჩქარეს რამდენიმე გბიტ/წმ-ით.



ფიგურა 1. მობილური კავშირის ქსელების ევოლუცია

5G მობილური კავშირის ტექნოლოგიის შექმნა დაიწყო 2012 წელს სატელეკომუნიკაციო მოწყობილობების მსოფლიო წამყვანი მწარმოებლებისა და მობილური კავშირის ოპერატორების (Ericsson, Samsung, Huawei, Vodafone და სხვ.) მიერ. 5G ქსელმა უნდა უზრუნველყოს:

- გადასაცემი მონაცემების მოცულობების 1000-ჯერ და მეტად ზრდის შესაძლებლობა მომსახურების ყველა სფეროში;
- მიერთებული სააბონენტო მოწყობილობების რაოდენობის 10-დან 100-მდე-ჯერ გაზრდა. ამჟამად LTE ტექნოლოგია უზრუნველყოფს 200 აბონენტამდე ფიჭაში მიერთებას;
- მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის მომხმარებლის მხარეს 10-დან 100-მდე-ჯერ გაზრდა;
- სააბონენტო მოწყობილობისათვის ელემენტის მუშაობის ხანგრძლივობის 10-ჯერ გაზრდა;
- დაყოვნებების 10-ჯერ შემცირება (ნაკლები 1 მწმ, 10 მწმ LTE-თან შედარებით).

5G ქსელების გამოყენებით შესაძლებელია უზრუნველყოფილი იქნეს (ფიგურა 2):

- მასიური მანქანათმშენებლობის კომუნიკაციები - ასევე ნივთების ინტერნეტი (Internet of Things-IoT), რომელიც გულისხმობს მილიარდობით მოწყობილობის დაკავშირებას ადამიანის ჩარევის გარეშე იმ მასშტაბით, რაც აქამდე შეუძლებელი იყო;

- თანამედროვე ინდუსტრიული პროცესების რევოლუციური შესაძლებლობა. სამრეწველო რობოტების, მანქანების კომუნიკაციებისა და უსაფრთხოების სისტემების რეალურ დროში კონტროლი, ავტონომიური მართვა და უსაფრთხო სატრანსპორტო ქსელების შექმნა;

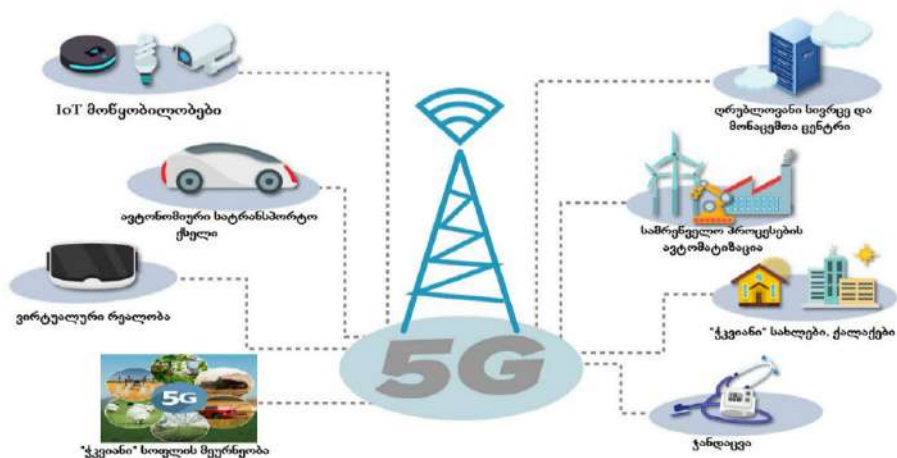
- დისტანციური სამედიცინო დახმარება, პროცედურები და მკურნალობა;

- მობილური ქსელის გაფართოება - მონაცემთა მნიშვნელოვნად სწრაფი გადაცემა, უფრო დიდი მოცულობით, რაც სამყაროს მოთხოვნებითაა განპირობებული;

- 5G საშუალებას მისცემს მომხმარებლებს დაუკავშირდეს „ჭკვიან“ ქალაქებს, სახლებს, „ჭკვიან“ და უსაფრთხო მანქანებს, გააძლიერებს ჯანდაცვას და განათლებას;

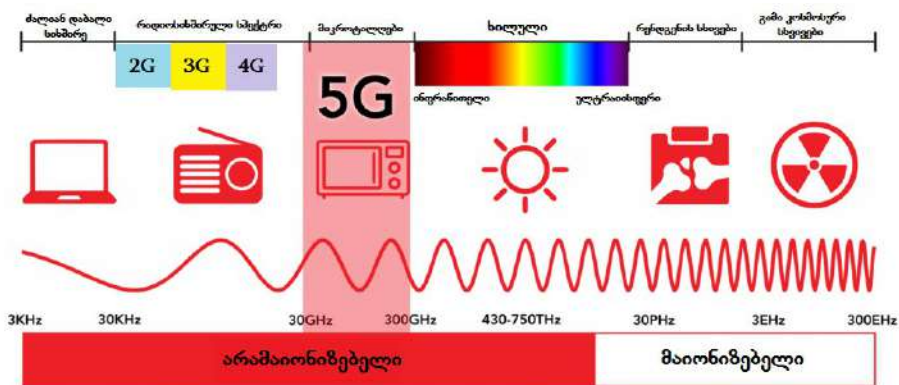
- ბიზნესისა და ინდუსტრიისთვის, 5G და IoT უზრუნველყოფენ გაზრდილ მონაცემთა ბაზებს, რაც მათ საშუალებას მისცემს მიიღონ გაუმჯობესებული საქმიანობა, რომლის საშუალებაც აქამდე არ ჰქონდათ;

- ინოვაცია სოფლის მეურნეობაში, „ჭკვიანი“ მეურნეობები, წარმოების ხარჯების დაზოგვა ბიზნესის გრძელვადიანი ზრდის საშუალებას იძლევა.



ფიგურა 2. 5G-ის გამოყენების სფეროები

ფიჭური მობილური კავშირის ქსელებში მონაცემების გადაცემა ხდება რადიო ელექტრომაგნიტური სპექტრის საშუალებით, რომელიც მოიცავს 3 კჰ-დან 300 გჰც-მდე სიხშირეებს. პირველი ოთხი თაობის ფიჭური კავშირი ვრცელდებოდა სპექტრის სპეციფიურ ნაწილებზე, მაგ. 1G - 850 მგჰც-1900მგჰც, 2G და 3G – 850 მგჰც – 2100 მგჰც და 4G – 600 მგჰც-2.5 გჰც. საწყის ეტაპზე 5G ქსელები ინტეგრირდება არსებულ 4G ქსელებთან, რათა უზრუნველყოს უწყვეტი კავშირი. 5G ქსელები იყენებენ მილიმეტრული ტალღის (mmWave) სიხშირეებს, რომელიც დაკავშირებულია მაღალი სიხშირის ზოლებთან, კონკრეტულად, მერყეობს 28 გჰც-დან 38 გჰც-მდე, სადაც კავშირის დიაპაზონი ძალიან მოკლეა. უწყვეტი კავშირის უზრუნველსაყოფად, სიგნალები განაწილდება იმის მიხედვით, თუ რა კავშირის საჭიროებენ მომხმარებლები (ფიგურა 3).



ფიგურა 3. ელექტრომაგნიტური სპექტრი

მსოფლიოს 78 ქვეყანაში დაინერგა და ამოქმედდა 5G: ჩინეთი, აშშ, გერმანია, ნიდერლანდები, ტაილანდი, პუერტო რიკო, დიდი ბრიტანეთი, ესპანეთი და სხვ.

საქართველოში 2019 წლის ზაფხულში დაიწყო 5G-ის დანერგვა, ეს პროექტი წამოიწყო სატელეკომუნიკაციო მობილურმა ოპერატორმა «ჯეოსელმა», ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ქსელით ახალი ანტენების მონტაჟი განხორციელდა, რომელიც საშუალებას იძლევა დაკმაყოფილდეს 5G-ის ერთ-ერთი მთავარი მოთხოვნა, მოკლეტალღოვანი სიგნალების გადაცემისას მიღწევის შემცირება, რაც უზრუნველყოფს ინფორმაციის სწრაფ და სრულყოფილ მიწოდებას და ასევე ამცირებს გამოსხივებას, სწორედ ამ ინოვაციის დანერგვასთან ერთად ექსპლუატაციაში შევიდა ჯეოსელის ახალი LTE ინტერნეტი, რასაც 4.5G უწოდებენ. 5G-ის ბევრ დადებით მხარეებთან ერთად შესაძლებელია რამდენიმე უარყოფითი მხარეც დასახელდეს. 5G-ს უარყოფით მხარეს შეიძლება მიეკუთვნოს:

- ტექნოლოგიის დასაწერად საჭირო დიდი დანახარჯები. ერთ-ერთ უარყოფით მხარეს მიეკუთვნება არსებული ინფრასტრუქტურის მთლიანად შეცვლა, 4G ტალღები ვრცელდება 16 კილომეტრის რადიუსში, 5G ვრცელდება მხოლოდ 300 მეტრის რადიუსში, ამის გამო, თითქმის ყოველ შენობაზე საჭირო იქნება 5G-ის მხარდაჭერის მქონე ანტენების დაყენება.

- ანტენების მიერ შექმნილი გამოსხივება. მეცნიერების ერთი ნაწილი ამტკიცებს, რომ 5G-ის გამოსხივებას შეუძლია ადამიანის ჯანმრთელობას სერიოზული ზიანი მიაყენოს, მეორე მხარე კი უფრო ღრმა გამოკვლევებისკენ მოუწოდებს მათ და ამ აზრს არ იზიარებს.

- გავრცელების არეალის სიმცირის გამო, რეგიონებში დანერგვა, სადაც ანტენები მეჩხერადაა, 5G-ის დანერგვა გაცილებით რთულია და ძვირი.

- ჯერჯერობით მობილური ტელეფონების მცირე რაოდენობას გააჩნია 5G მხარდაჭერა, როცა ეს ტექნოლოგია სრულად დაინერგება, 5G მხარდაჭერის მქონე სმარტფონები საკმაოდ ძვირი ეღირება.

დასკვნა

21-ე საუკუნეში 5G ინტერნეტი, აუცილებელი წინაპირობაა ქვეყანაში ისეთი მნიშვნელოვანი სფეროების განვითარებისთვის, როგორიცაა ეკონომიკა, ჯანდაცვა, განათლება, ბიზნესი, სოფლის მეურნეობა და სხვა. კომუნიკაციის სისწრაფე და ხარისხის გაუმჯობესება ყველა დარგს ძლიერ დაეტყობა. 5G პროექტის რეალიზაცია შესაძლებელს გახდის ინფორმაციასთან შეუზღუდავ შეღწევას. 5G ტექნოლოგია წარმოადგენს უსაღებო ინტერნეტ-კომუნიკაციის ახალ სახეობას, რომელიც უკვე არსებული ტექნოლოგიებისაგან განსხვავებით

მომხმარებელს უფრო სწრაფი ნავიგაციის და ისეთი მომსახურებებით სარგებლობის შესაძლებლობებს აძლევს, რომელიც წინა ტექნოლოგიების პირობებში არ იყო შესაძლებელი.

5G სტანდარტი გახდება ტექნოლოგიების სრულყოფის და ჰარმონიზაციის მაგალითი. ეს ნიშნავს რომ გაჩნდება ახალი კავშირის ორგანიზებისა და ჩართვის დიდი შესაძლებლობა: "ჰკვიანი ქალაქების", მძღოლის გარეშე მანქანების მართვის, ასევე ე.წ. "საგნების ინტერნეტის" შექმნის, როგორიცაა "ჰკვიანი ტრანსპორტი" და დისტანციური ქირურგია. 5G არა მხოლოდ უზრუნველყოფს ახალი შესაძლებლობებით სარგებლობას, არამედ გააჩნია უდიდესი პოტენციალი შეცვალოს სამყარო.

ლიტერატურა

1. Ivana Marić, Shlomo Shamai, Osvaldo Simeone, Theoretic Perspectives on 5G Systems and Beyond, Cambridge University Press, Online ISBN: 9781108241267, April 2022, p.756.
2. Волков А.Н., Мутханна А.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пятого поколения на пути к сетям_2030. Информационные технологии и телекоммуникации, СПб, 2020, т. 8, №2 . стр. 32- 42.
3. საიტები: <https://rb.gy/nsdg9>; <https://rb.gy/fhxm7>; <https://rb.gy/cxrux>; <https://rb.gy/qfpcs>; <https://rb.gy/2d81j> (26.06.23).

ასფალტბეტონის დაგების თანამედროვე მეთოდები

მაგისტრანტი ილია მურველაშვილი

iliamurvelashvili@gmail.com ტელ: +995 555 139 824

ხელმძღვანელი ასოცირებული პროფესორი მანუჩარ შიშინაშვილი

m.shishinashvili@gtu.ge ტელ: +995 592 822 722

ანოტაცია

ნაშრომში განხილულია ასფალტბეტონის სამი ძირითადი ტიპი. განხილულია მათი გამოყენების, მოწყობისა და ექსპლუატაციის თავისებურებანი. განხილულია ასფალტბეტონებით საგზაო საფარის მოწყობისას გარემო კლიმატური ფაქტორების გავლენა და მათი ზემოქმედება ნარევის ტემპერატურაზე დაგების პროცესში. შემოთავაზებულ და განხილულია შედარებით ახალი ასფალტბეტონის ტიპი „სუპერასფალტი“.

საკვანძო სიტყვები: „სუპერასფალტი“, საგზაო საფარი, ასფალტბეტონი, ნარევის ტემპერატურა

Abstract

The paper discusses three main types of asphalt concrete, the main aspects of their use, arrangement and operation. The influence of environmental climatic factors and their influence on the temperature of the mixture during the process of laying are discussed. A relatively new type of asphalt concrete "Superasphalt" is offered.

Key words: "superasphalt", road surface, asphalt concrete, mixture temperature

შესავალი

ასფალტბეტონი წარმოადგენს საავტომობილო გზების საფარის

ყველაზე გავრცელებულ და ძირითად სამშენებლო მასალას შესაბამისად თანამედროვე ასფალტბეტონის დაგება ხდება ჰაერის ტემპერატურისა და სეზონის გათვალისწინებით.

არსებობს 3 ძირითადი ტიპის ნარევები:

- ცივი ასფალტბეტონი;
- ცხელი ასფალტბეტონი;
- სხმული ასფალტბეტონი;

ძირითადი ნაწილი

ცივი ასფალტბეტონის უპირატესობა ის არის, რომ მისი დაგება შესაძლებელია შედარებით დაბალ ტემპერატურაზეც კი გვიან შემოდგომაზე და ადრე გაზაფხულზე. თავად ნარევის ტემპერატურაა დაახლოებით 5°C. თუმცა, გარდა მოწყობისას ტემპერატურისადმი უდავო უპირატესობისა, არის უარყოფითი მხარეებიც - ნარევს გააჩნია დაბალი მდგრადობა დატვირთვებისადმი და შესაბამისად საექსპლუატაციო ვადებს სიმცირე.

ცხელი ასფალტბეტონი უფრო გამძლე და ტენიანობის მიმართ მდგრადია, ვიდრე ცივი ასფალტი, მაგრამ მისი ეფექტური დაგება შესაძლებელია მხოლოდ თბილ სეზონზე - გვიანი გაზაფხულიდან ადრე შემოდგომამდე. ის ასფალტის ყველაზე ხშირად გამოყენებული სახეობაა და ნარევის ტემპერატურა 120°C-ს აღწევს.

სხმული ასფალტბეტონის გამოყენება ძირითადად ხდება უცხო ქვეყნებში თუმცა, ეს არ ნიშნავს, მისი მთავარი უპირატესობა უფრო მაღალი დატვირთვებისადმი მდგრადობა და მაღალი საექსპლუატაციო ვადებია, ეს მაჩვენებლები მიიღწევა მკვრივი სტრუქტურის გამო, რაც

მნიშვნელოვნად ამცირებს ტენის შეღწევას საფარში და ერთგვაროვანი კონსისტენციის გამო, სხმული ასფალტი არ საჭიროებს დატკეპნას. ასეთი ტიპის ასფალტის სხვა ასფალტბეტონებთან შედარებით მისი მაღალი ღირებულება.

განვიხილოთ შედარებით ახალი ასფალტბეტონი სუპერასფალტის სახით, ამ ტექნოლოგიას საფუძველი ჩაეყარა ჯერ კიდევ 1971 წელს დასავლეთის ქვეყნებში. თავად სუპერასფალტის ტექნოლოგია წარმატებით გამოიყენება აშშ-სა და ევროპის ქვეყნებში,

ამ ტექნოლოგიის არსი მდგომარეობს მოცულობითი დიზაინის მეთოდოლოგიაში, რომელიც საშუალებას იძლევა მოერგოს ნარევი სპეციფიკურ საოპერაციო პირობებს, როგორც გზის გარკვეულ მონაკვეთზე მოძრაობის დატვირთვებს, ასევე რეგიონის კლიმატური მახასიათებლებს და ა.შ.

სუპერასფალტის ორი ძირითადი მახასიათებელია:

- ოპტიმალური მასალის გამოყენება, რომელიც ზრდის სიბლანტეს;
- დამსხვრეული ქვის უკიდურესად ვიწრო ფრაქციების გამოყენება;

ოპტიმალურობის დასადგენად მიმართავენ ასფალტის შემადგენლობის ლაბორატორიულ ტესტებს. აღსანიშნავია, რომ გათვალისწინებულ უნდა იქნას ბოლო 20 წლის განმავლობაში რეგიონის ტემპერატურული მაჩვენებლები და სატრანსპორტო დატვირთვა, რის საფუძველზეც, სხვადასხვა ცვლადის გათვალისწინებით, მიმდინარეობს სუპერასფალტის ტესტირება და შექმნა.

თუ ყველასთვის ნაცნობი ასფალტის მომსახურების ვადა 4-5 წელია, მაშინ სუპერასფალტი საექსპლუატაციო ვადა დაახლოებით 12 წელია.

ბოლო პერიოდში გაჩნდა ახალი ტექნოლოგია, რომელიც გულისხმობს გრაფენის ნანომილების გამოყენებაზე ბიტუმში გამაძლიერებელი ქსელის შესაქმნელად, რომელსაც შემდგომში ემატება ასფალტბეტონს.

ამ ტექნოლოგიით მიღებული ასფალტბეტონის ნარევის მონაცემები ციფრებში ასე გამოიყურება:

- 10°C-ით გაიზარდა დარბილების ტემპერატურა;
- 2-ჯერ გაიზარდა ნარევის სიბლანტე;
- 67%-ით გაიზარდა ასფალტბეტონის ფენილის მდგრადობა ნაკვალევისადმი;
- ახალი ასფალტის ნარევაში ბზარის წინააღმდეგობის 67.5%-იანი ზრდა.

საინტერესოა, რომ ეს შედეგი მიიღწევა ბიტუმში ნანომილების კონცენტრაციით, რაც მხოლოდ 0,025-0,035%-ია. ეს იმის გათვალისწინებით, რომ თავად ბიტუმი ასფალტბეტონის საბოლოო შემადგენლობაში ს დაახლოებით 6%-ია

აღსანიშნავია თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება გააუმჯობესებს საგზაო ქსელის კაპიტალური საფარის მდგომარეობასა და საექსპლუატაციო ვადებს.

დასკვნა

- ტრადიციული მეთოდით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევით მოწყობილი საფარები ვეღარ უძლებენ გაზრდილ დატვირთვებს;
- შემოთავაზებულ და განხილულ ასფალტბეტონებში ყველაზე ოპტიმალური ასფალტბეტონის ნარევი სხმული ასფალტბეტონია,

მაგრამ მისის სიძვირე და გამოყენების სირთულე ჩვენს პირობებში შედარებით რთულია;

- სუპერასფალტი ყველაზე იდეალური მიდგომა და ვარიანტია გაზრდილ დატვირთვებისა და არსებული ფაქტორი გარემოების გათვალისწინებით.
- სუპერასფალტის ტექნოლოგია მოითხოვს ფართო გამოცდილებასა და დამატებით კვლევებს, რაც გულისხმობს ახალი ხედვებისა და მიდგომების დანერგვას საგზაო სამოსებთან მიმართებაში.

ლიტერატურა

1. Becker, Y., Mendez, M. P., & Rodriguez, Y. (2001). Polymer modified asphalt. *Vision tecnologica*, 9(1), 39-50.
2. Copeland, Audrey. *Reclaimed asphalt pavement in asphalt mixtures: State of the practice*. No. FHWA-HRT-11-021. United States. Federal Highway Administration. Office of Research, Development, and Technology, 2011.
3. Awwad, Mohammad T., and Lina Shbeeb. "The use of polyethylene in hot asphalt mixtures." *American Journal of Applied Sciences* 4, no. 6 (2007): 390-396.
4. Леонович, И. И., Ж. В. Реут, and В. Ф. Полойко. "Ресурсосбережение при применении битумоминеральных смесей для ремонта дорожных покрытий." (2004).
5. Боженко, Ю. А., and А. Д. Семячкина. "ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИТОГО

АСФАЛЬТОВОГО БЕТОНА." *ББК 38я431+ 65.441 я431+ 68.9 я431*
А437(2014): 9.

მძიმე დაკიდებული ბაგირის წონასწორობა

ბაკალავრიატის სტუდენტი ანდრია ქარელი, I კურსი, ჯგ. 12204

gareliandria8@gmail.com, ტელ: +995 595 95 19 53

ხელმძღვანელი ასოცირებული პროფესორი ლევან ჯიქიძე

l.jikidze@gtu.ge, ტელ: +995 593 91 59 69

ანოტაცია

შესწავლილია ჰორიზონტალურ წრფეზე მდებარე ორ საყრდენზე დაკიდებული მძიმე ბაგირის წონასწორობა ორ შემთხვევაში: ა) როდესაც ბაგირზე მოქმედებს მოცემული ინტენსივობის ვერტიკალური დატვირთვა, რომელიც ჰორიზონტალურად თანაბრად არის განაწილებული; ბ) როდესაც ვერტიკალური დატვირთვის გარდა ბაგირის უდაბლეს წერტილში მოქმედებს შეყურსული ძალა.

წონასწორობის მდგომარეობაში გამოთვლილია ბაგირის ჩაზნექილობა, სრული და ჰორიზონტალური დაჭიმულობა. დადგენილია იმ მრუდის სახე, რომლის ფორმასაც ღებულობს ბაგირი არსებული დატვირთვების მოქმედებისას წონასწორობის მდგომარეობაში.

მიღებულია ფორმულები, რომლებიც განსაზღვრავენ დამოკიდებულებას ბაგირის ჩაზნექილობას, სრულ და ჰორიზონტალურ დაჭიმულობებს შორის განხილულ შემთხვევებში.

საკვანძო სიტყვები: ბაგირი, დატვირთვა, დაჭიმულობა, ინტენსივობა, შეყურსული ძალა, ჩაზნექილობა, წონასწორობა

Abstract

The balance of a heavy rope hanging on two supports located on a horizontal line is studied in two cases: a) when the rope is subjected to a vertical load of a

given intensity, which is evenly distributed horizontally; b) when, in addition to the vertical load, there is a bending force at the lowest point of the rope.

Concavity, total and horizontal tension of the rope are calculated in the equilibrium state. The shape of the curve, the shape of which the rope takes under the action of existing loads in the equilibrium state, is determined.

Formulas are derived that determine the relationship between rope concavity, full and horizontal tension in the considered cases.

Key words: bending force, concavity, equilibrium, load, rope, tension, intensity

შესავალი

მექანიკაში ძაფი განიხილება როგორც ერთგანზომილებიანი ნივთიერი სისტემა, რომელსაც მასზე მოქმედი ძალების გავლენით შეუძლია მიიღოს ნებისმიერი გეომეტრიული მრუდის ფორმა.

ძაფს, რომელიც არ უწევს წინააღმდეგობას ღუნვასა და გრეხვას, იდეალურს ან აბსოლუტურად მოქნილ ძაფს უწოდებენ. იდეალური ძაფი შეიძლება იყოს ჭიმვადი ან უჭიმარი. აქედან გამომდინარე ცნება - „მოქნილი ძაფი“ ან მარტივად „ძაფი“ გულისხმობს იდეალურ ჭიმვად ან უჭიმარ ძაფს.

მდინარეებსა და ხეობებზე გადასასვლელად, ასევე გარკვეულ სიმაღლეზე ტვირთის ასაწევად ან ასასვლელად, მცენარეული წარმოშობის დრეკადი ჭიმვადი ელემენტების (ლიანები, ბაბბუკი, სელი) გამოყენების იდეა წარმოიშვა ჯერ კიდევ ადამიანთა განვითარების გარიჟრაჟზე. დღემდე ითვლებოდა, რომ ყველაზე ძველი ძაფი, ჭინჭრისაგან დამზადებული, აღმოჩენილი იყო დოლნივესტონიკაში, ჩეხეთში (29000 წლის). უნდა აღინიშნოს, რომ 2009 წელს ჭიათურაში, ძუძუანას მღვიმეში ადრეული ზედაპალეოლითური გრეხილი ველური სელის ძაფის ბოჭკოები იპოვეს (34000 წლის), რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ჭიათურაში

აღმოჩენილი სელის ძაფი პრეისტორიული ხანის უძველესი ძაფია მთელ მსოფლიოში.

არსებობს უტყუარი ისტორიული მონაცემები იმის შესახებ, რომ ძველ ეგვიპტეში, სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში, ცენტრალურ და სამხრეთ ამერიკაში დრეკადი, ჭიმვადი ელემენტების გამოყენებით აგებდნენ პრიმიტიული კონსტრუქციების მქონე დაკიდებულ ხიდებს.

საინჟინრო კონსტრუქციებში ხშირად ვხვდებით ბაგირებს, ჯაჭვებს ან სადენებს, რომლებიც ბოლოებით დაკიდებულია ორ საყრდენს შორის და არის ვერტიკალური დატვირთვის ქვეშ, რომელიც უწყვეტადაა განაწილებული ბაგირის, ჯაჭვის ან სადენის მთელ სიგრძეზე.

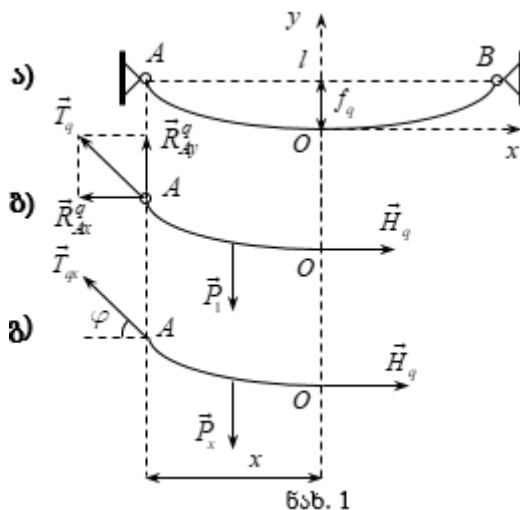
დაკიდებული ბაგირების (ჯაჭვების, სადენების) წონასწორობის გამოკვლევისას, როგორც წესი, პასუხი უნდა გავცეთ ორ კითხვას: როგორი იქნება იმ მრუდის ფორმა, რომელსაც მიიღებს ბაგირი (ჯაჭვი, სადენი) წონასწორობის მდგომარეობაში და რისი ტოლია დაჭიმულობა მრუდის მთელი სიგრძის ნებისმიერ წერტილში.

როგორც ცნობილია. ბაგირები (ჯაჭვები) გამოიყენება თანამედროვე კონსტრუქციების მქონე დაკიდებული ხიდების ასაგებად, ასევე საბაგირო გზების მშენებლობაში. ენერგეტიკაში კი ელექტროენერგიის გადასაცემად გამოიყენება ელექტროგადამცემი ხაზები, რომლებიც ქმნიან იზოლატორებზე დაკიდებული სადენების მთელ სისტემას. კლიმატური ფაქტორების (ტემპერატურა, ქარი) მოქმედებისას ბაგირებში (ჯაჭვებში, სადენებში) აღძრული შიგა ძალები იცვლება. ბაგირების (ჯაჭვების, სადენების) გაანგარიშების დანიშნულებაა მათში დაჭიმულობის განსაზღვრა, რომელიც საჭიროა გათვალისწინებულ იქნას მონტაჟისას იმ პირობით, რომ ყველაზე მეტად რთული რეჟიმის დროს დაჭიმულობა არ გადააჭარბებს დასაშვებ სიდიდეს. რამდენადაც ბაგირის (ჯაჭვის, სადენის)

განივი ზომები მის სიგრძესთან შედარებით ძალიან მცირეა, ამიტომ გამოთვლებში ის შეიძლება განვიხილოთ როგორც მოქნილი ძაფი.

ძირითადი ნაწილი

მოქნილი უქიმარი ბაგირი დაკიდებულია ჰორიზონტალურ წრფეზე მდებარე A და B საყრდენებზე (ნახ. 1 ა). ბაგირის სიგრძეა L , საყრდენებს შორის მანძილია l . ბაგირზე მოქმედებს q კგ/მ ინტენსივობის ვერტიკალური დატვირთვა, რომელიც ჰორიზონტალურად თანაბრად არის განაწილებული. განვსაზღვროთ ბაგირის ჰორიზონტალური და მაქსიმალური დაჭიმულობა, ბაგირის წონით გამოწვეული ჩაზნექილობა, აგრეთვე იმ მრუდის სახე, რომლის ფორმასაც იღებს ბაგირი წონასწორობის მდგომარეობაში.



დახრილი მრუდისათვის შეიძლება მივიღოთ, რომ ბაგირის წონა თანაბრად არის განაწილებული არა AOB მრუდის, არამედ მისი AB გეგმილის გასწვრივ. შესაბამისად, ბაგირის საერთო წონის სიდიდე იქნება $P = q \cdot l$. გამყარების პრინციპიდან გამომდინარე, შესაძლებელია განვიხილოთ იქნეს ბაგირის ნებისმიერი ნაწილის წონასწორობა,

მაგალითად ბაგირის მარცხენა ნაწილის წონასწორობა. ბაგირის ამ ნაწილზე მოქმედი ძალები გამოსახულია 1-ბ ნახაზზე. აღვნიშნოთ, რომ ბაგირის ნებისმიერ კვეთაში დაჭიმულობის ძალა მიმართულია მისი გამომსახველი მრუდის შესაბამის წერტილში გავლებული მხეხის გასწვრივ. ამგვარად, ბაგირის ქვედა O წერტილში, რომელიც ამ შემთხვევაში მიღებულია კოორდინატთა სათავედ, დაჭიმულობის ძალა ჰორიზონტალურია. ბაგირის წონით გამოწვეული ჩაზნექილობა აღვნიშნოთ f_q -თი და შევადგინოთ წონასწორობის განტოლებები:

$$\sum_{k=1}^n L_A(\vec{F}_k) = 0, \quad H_q f_q - P_1 \frac{l}{4} = 0, \quad \Rightarrow \quad H_q = \frac{ql^2}{8f_q}, \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^n X_k = 0, \quad H_q - R_{Ax}^q = 0, \quad \Rightarrow \quad R_{Ax}^q = H_q = \frac{ql^2}{8f_q}, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^n Y_k = 0, \quad R_{Ay}^q - P_1 = 0, \quad \Rightarrow \quad R_{Ay}^q = P_1 = \frac{ql}{2}. \quad (3)$$

აქ $P_1 = \frac{ql}{2}$ არის ბაგირის ნახევრის წონა. (1) ფორმულიდან ჩანს, რომ რაც უფრო მცირეა ბაგირის ჩაზნექილობა, მით მეტია ბაგირის $\vec{H}_q$ ჰორიზონტალური დაჭიმულობის ძალა. გამოთვლილი R_{Ax}^q და R_{Ay}^q სიდიდეთა საშუალებით შეიძლება განვსაზღვროთ ბაგირის დაჭიმულობის ძალის სიდიდე A წერტილში

$$T_q = \sqrt{(R_{Ax}^q)^2 + (R_{Ay}^q)^2} = \frac{ql}{2} \sqrt{1 + \frac{l^2}{16f_q^2}}. \quad (4)$$

როგორც გამოთვლები გვიჩვენებს, H_q და T_q სიდიდეების განსასაზღვრავად საჭიროა ვიცოდეთ ბაგირის ჩაზნექილობა - f_q , მის განსასაზღვრავად კი უნდა ვიცოდეთ იმ მრუდის განტოლება, რომლის ფორმასაც ღებულობს ბაგირი წონასწორობის მდგომარეობაში. ამ მიზნით

განვიხილოთ ბაგირის ნაწილი, რომელიც მდებარეობს კოორდინატთა სათავესა და იმ კვეთს შორის, რომლის აბსცისაა x (ნახ. 1 გ). ბაგირის ამ ნაწილისათვის შესაძლებელია დავწეროთ წონასწორობის შემდეგი განტოლებები:

$$\begin{cases} -T_{qx} \cos \varphi + H_q = 0, \\ T_{qx} \sin \varphi - P_x = 0. \end{cases}$$

აქ $P_x = qx$ ბაგირის განსახილველი ნაწილის წონაა, T_{qx} კი დაჭიმულობა ბაგირის ამ ნაწილის მარცხენა ბოლოში.

თუ მიღებული სისტემის პირველი განტოლებიდან განვსაზღვრავთ T_{qx} -ს, შეიძლება დავასკვნათ, რომ φ კუთხის ზრდასთან ერთად ბაგირის დაჭიმულობა იზრდება და თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს დაკიდების წერტილებში. გამოვრიცხოთ ამ სისტემიდან T_{qx} . მაშინ (1) ტოლობის გათვალისწინებით გვექნება:

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \varphi = \frac{8f_q}{l^2} x. \quad (5)$$

მივიღეთ იმ წირის დიფერენციალური განტოლება, რომელიც განსაზღვრავს ბაგირის ფორმას წონასწორობის მდგომარეობაში. თუ ამ განტოლებას ვაინტეგრებთ და გავითვალისწინებთ, რომ როცა $y = 0$, $x = 0$,

$$y = \frac{4f_q}{l^2} x^2. \quad (6)$$

ამგვარად, ვაჩვენეთ, რომ ბაგირი წონასწორობის მდგომარეობაში იღებს პარაბოლის ფორმას. გამოვსახოთ ბაგირის ჩაზნექილობა L და l სიდიდეებით. ამისათვის ვისარგებლოთ მათემატიკური ანალიზის ცნობილი ფორმულით, რომელიც განსაზღვრავს რკალის სიგრძეს და რომელსაც დახრილი ძაფისათვის ექნება შემდეგი სახე:

$$L = \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \left(1 + \frac{y'^2}{2} \right) dx. \quad (7)$$

თუ (7) ფორმულაში გავითვალისწინებთ (5) ტოლობით განსაზღვრულ y' სიდიდეს, მაშინ ინტეგრების შედეგად მივიღებთ ბაგირის სიგრძის განმსაზღვრელ ფორმულას:

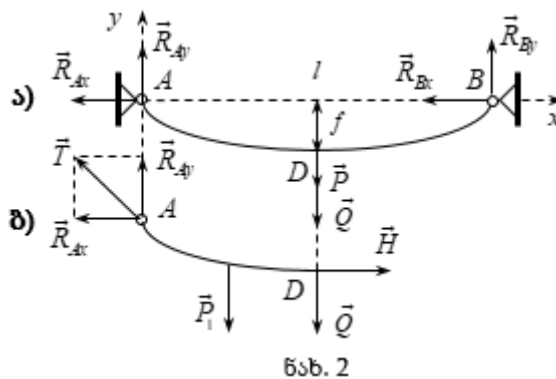
$$L = l + \frac{8f_q^2}{3l}, \quad (8)$$

საიდანაც გამოითვლება ბაგირის ჩაზნექილობა:

$$f_q = \frac{1}{4} \sqrt{6l(L-l)}. \quad (9)$$

როგორც ვნახეთ, ბაგირის ჰორიზონტალური და მაქსიმალური დაჭიმულობა, ბაგირის წონით გამოწვეული ჩაზნექილობა, აგრეთვე იმ მრუდის სახე, რომლის ფორმასაც იღებს ბაგირი წონასწორობის მდგომარეობაში, შესაბამისად გამოისახება (1), (4), (9) და (6) ტოლობებით.

ეთქვათ, ბაგირის უდაბლეს წერტილში მოსდეს შეყურსული $\bar{Q}$ ძალა (ნახ. 2). დავადგინოთ, როგორ შეიცვლება ამ შემთხვევაში ბაგირის სრული და ჰორიზონტალური დაჭიმულობა, აგრეთვე ბაგირის ჩაზნექილობა.



გავკვეთოთ ბაგირი პირობითად D წერტილში და განვიხილოთ ბაგირის მარცხენა ნაწილის წონასწორობა (ნახ. 2ბ). შევადგინოთ

წონასწორობის განტოლებები:

$$\sum_{k=1}^n X_k = 0, \quad H - R_{Ax} = 0, \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^n Y_k = 0, \quad R_{Ay} - P - Q + R_{By} = 0, \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^n L_D(\vec{F}_k) = 0, \quad R_{Ax}f - R_{Ay}\frac{l}{2} + P_1\frac{l}{4} = 0. \quad (12)$$

თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ სიმეტრიულობის გამო $R_{Ay} = R_{By}$, (11)-დან გვექნება

$$R_{Ay} = \frac{1}{2}(P + Q) = \frac{ql}{2}(1 + m), \quad (13)$$

სადაც $m = \frac{Q}{ql} = \frac{Q}{P}$. (10) განტოლებიდან ვიპოვით, რომ $R_{Ax} = H$. თუ R_{Ax} -ის მიღებულ და R_{Ay} -ის (13) ტოლობით განსაზღვრულ მნიშვნელობებს შევიტანთ (12) განტოლებაში, მივიღებთ, რომ ბაგირის ჰორიზონტალური H დაჭიმულობა ტოლია

$$H = \frac{ql^2}{8f}(1 + 2m). \quad (14)$$

ამგვარად, გვაქვს: $R_{Ax} = H = \frac{ql^2}{8f}(1 + 2m)$. შესაბამისად, შეიძლება

განვსაზღვროთ დაჭიმულობის ძალის სიდიდე A წერტილში

$$T = \sqrt{(R_{Ax})^2 + (R_{Ay})^2} = \frac{ql}{2}(1 + m)\sqrt{1 + \frac{l^2}{16f^2}\left(\frac{1 + 2m}{1 + m}\right)^2}. \quad (15)$$

განვსაზღვროთ ბაგირის L სიგრძე. თუ გავიმეორებთ იგივე მსჯელობას, რომლის მიხედვითაც გამოვთვალეთ y' იმ შემთხვევაში, როცა ბაგირზე არ მოქმედებდა შეყურსული ძალა, მივიღებთ რომ

$$y' = \frac{dy}{dx} = \frac{8f}{l^2(1+2m)}(x+ml). \quad (16)$$

თუ (6) ფორმულაში გავითვალისწინებთ (7) თანაფარდობას, სადაც y' განისაზღვრება (16) ტოლობით, მაშინ მარტივი მათემატიკური გამოთვლები მოგვცემს:

$$L = l + \frac{8f^2}{3l(1+2m)^2}(1+3m+3m^2). \quad (17)$$

დაშვების თანახმად ბაგირი უჭიმარია, ამიტომ თუ გავუტოლებთ ერთმანეთს (8) და (17) გამოსახულებებს, მაშინ ბაგირის f ჩაზნექილობის გამოსათვლელად მივიღებთ შემდეგ გამოსახულებას:

$$f = f_q \frac{1+2m}{\sqrt{1+3m+3m^2}}. \quad (18)$$

მისი საშუალებით კი შეიძლება განისაზღვროს ბაგირის ჰორიზონტალური დაჭიმულობის ძალა:

$$H = H_q \sqrt{1+3m+3m^2}. \quad (19)$$

(18) და (19) გამოსახულებებში H_q და f_q სიდიდეები განისაზღვრება შესაბამისად (1) და (9) ტოლობებით.

ამგვარად, თუ ბაგირის უდაბლეს წერტილში მოდებულია შეყურსული $\bar{\varrho}$ ძალა, მაშინ, როგორც ვნახეთ, ბაგირის სრული დაჭიმულობა, ბაგირის ჩაზნექილობა და ჰორიზონტალური დაჭიმულობა იცვლება (15), (18) და (19) ფორმულების შესაბამისად.

დასკვნა

მიღებული ფორმულები განსაზღვრავენ ბაგირის ჩაზნექილობას, სრულ და ჰორიზონტალურ დაჭიმულობას შეყურსული ძალის არსებობის

შემთხვევაში. თუ ამ ფორმულებში დავუშვებთ, რომ $\vec{Q} = 0$, მიიღება ის შედეგები, რომელიც გვექონდა იმ შემთხვევაში, როდესაც გათვალისწინებული იყო ბაგირზე მოქმედი მხოლოდ ჰორიზონტალურად განაწილებული q კგ/მ ინტენსივობის ვერტიკალური დატვირთვა.

ლიტერატურა:

1. V.A. Svetlitsky. Mechanics of flexible rods and threads. Moscow, Mashinostroenie, 1978, pp. 222
2. D.R. Merkin. Introduction to the mechanics of a flexible thread. Moscow, Nauka, 1980, pp. 240
3. A.V. Paragin, A.V. Efimov. Mechanics of a flexible thread in problems of electric power industry. Ekaterinburg. Publishing house UrGUPS, 2013, pp. 74

რკინიგზის ლიანდაგის შეკეთების სამუშაოებში ინოვაციური სალიანდაგო ტექნიკის გამოყენების ეფექტურობის შეფასება

მაგისტრანტი ნიკა ღონღაძე II კურსი
nikagongadze1997@gmail.com ტელ: +995 568 113 632
ხელმძღვანელი პროფესორი ნუგზარ რურუა
n.rurua@gtu.ge ტელ: +995 599 115 235

ანოტაცია

ნაშრომში განხილულია ინოვაციური სალიანდაგო ტექნიკის გამოყენების ეფექტურობის შეფასება სალიანდაგო სამუშაოების შესრულებისას. შემუშავებულა სამუშაოს ერთეულის თვითღირებულების გამოთვლის ალგორითმი სხვადასხვა ტექნოლოგიების გამოყენებით; აღნიშნული მეთოდოლოგიის საფუძველზე გაანგარიშებულ და შედარებულ იქნა ლიანდაგის გასწორებისას შპალების გამოტენვის სამუშაოების ერთეულის თვითღირებულება სამი ვარიანტისათვის. შპალების გამოტენვაზე გაანგარიშებისა და გრაფიკული მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს სამუშაო ერთეულის თვითღირებულების აშკარად დამოკიდებულებას ლიანდაგის მონაკვეთზე შესრულებული სამუშაოების მოცულობაზე. შემოთავაზებული მეთოდოლოგია შესაძლებელს ხდის შეაფასდეს სალიანდაგო სამუშაოების ამა თუ იმ ტექნოლოგიის გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობა სამუშაოს ერთეულის მინიმალური თვითღირებულებით, ასევე აირჩეულ იქნას ყველაზე ეკონომიური სალიანდაგო მანქანა კონკრეტული სამუშაოს შესასრულებლად საწარმოო პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: სპეციალიზირებული და მრავალფუნქციონალური სალიანდაგო მანქანები, სალიანდაგო სამუშაოები, სამუშაოების შესრულების თვითღირებულება, რკინაბეტონის შპალები.

Abstract

Evaluation of efficiency of usage of innovative rail technic at the time of fulfillment of railway works is discussed in the piece of work. There is elaborated algorithm of calculation of prime cost of unit of work with the use of different technologies; On the basis of mentioned methodology, there was calculated and compared prime cost of unit of work for stuffing of railway sleepers at the time of alignment of railway tracks for three versions. Analysis of calculation and graphic data on stuffing the railway sleepers shows clear dependence of prime cost of unit of work on the volume of works done on the railway tracks. The suggested methodology makes it possible to evaluate the economic efficiency of using this or that technology of railway works with the minimum unit cost of work, to select the most economic railway machine for fulfillment of concrete work under production conditions.

Keywords: specialized and multi-functional rail machines, rail works, prime cost of fulfillment of work, reinforced concrete railway sleepers.

შესავალი

თანამედროვე პირობებში, სატრანსპორტო კომპლექსის ეფექტურობის გაუმჯობესების მიზნით, სულ უფრო აქტუალური ხდება ისეთი პირობების შექმნის საკითხი, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალტექნოლოგიური მანქანებისა და ახალი ტექნოლოგიების ინოვაციურ განვითარებას.

ბოლო პერიოდში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება თანამედროვე ინოვაციური ტექნიკის გამოყენებას რკინიგზის ლიანდაგის მიმდინარე მოვლა-შენახვის და შეკეთებების სამუშაოებში, კერძოდ, კომბინირებული სვლის სალიანდაგო ტექნიკა (საავტომობილო და სარკინიგზო), რომლის მთავარი უპირატესობაა მისი მრავალფუნქციონალობა. ამჟამად,

მსოფლიო პრაქტიკაში, რკინიგზის ლიანდაგის შეკეთებისა და მოვლა-შენახვისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ინოვაციური კომბინირებული მანქანები [1].

ძირითადი ნაწილი

აღნიშნული ამოცანა განპირობებულია იმით, რომ რკინიგზის ლიანდაგის მიმდინარე მოვლა-შენახვისა და შეკეთების ტიპური მეთოდოლოგია და არსებული ტექნოლოგიები არ ითვალისწინებს ინოვაციური მანქანების გამოყენებას, რომლებსაც აქვთ გარკვეული ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მახასიათებლები, მათ შორის ტექნიკური წარმადობა, რომელიც განსაზღვრავს სალიანდაგო სამუშაოების შესრულების ტემპს.

სალიანდაგო მანქანების გამოყენების ეფექტურობის შეფასება შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ ინოვაციური მანქანებისა და არსებულ ტექნოლოგიებში გამოყენებული ტექნიკის ეკონომიკური შედეგების შედარების საფუძველზე.

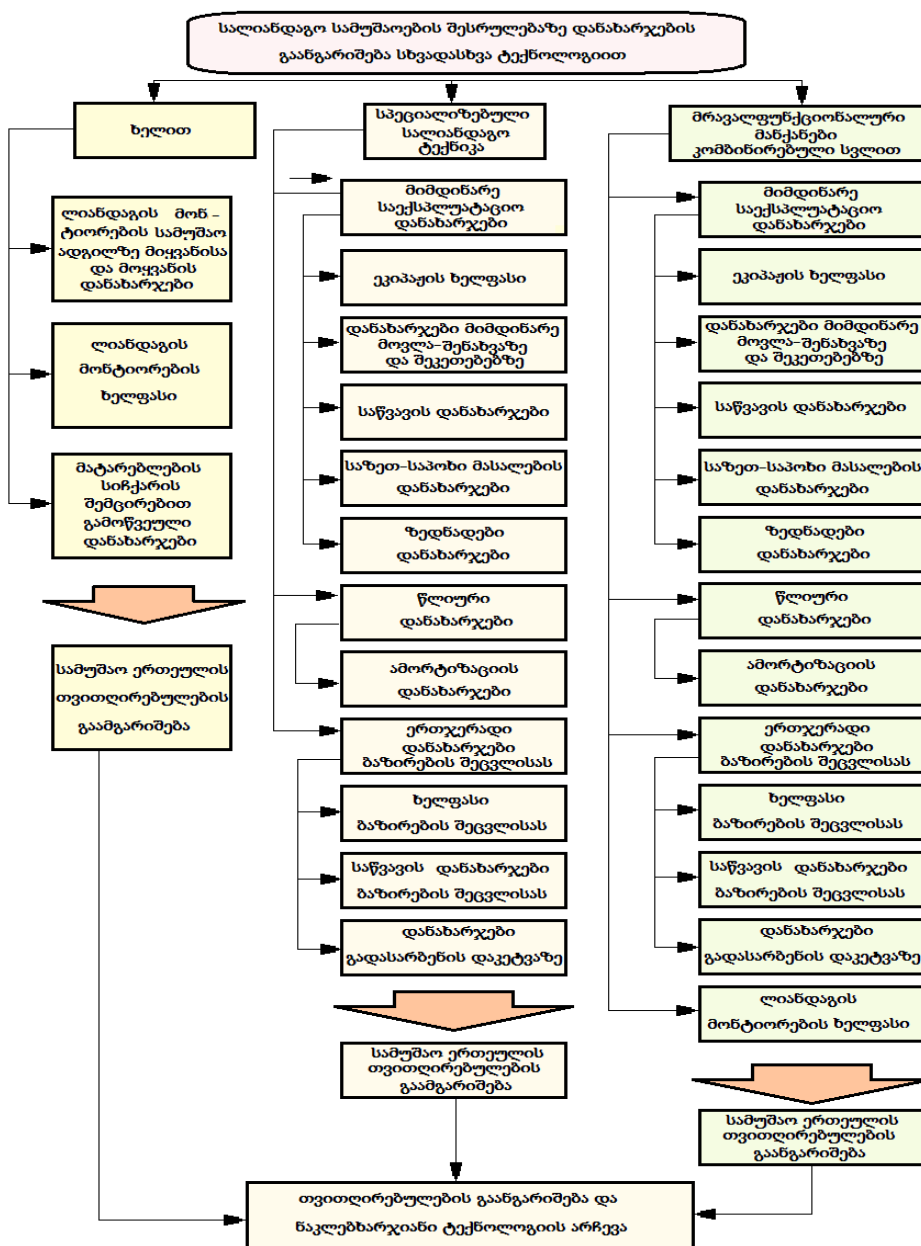
დასახული მიზნის მისაღწევად გაანალიზებულ იქნა რკინიგზის ლიანდაგის მოვლა-შენახვისა და შეკეთების შესაძლო ტექნოლოგიური პროცესები. მიუხედავად ლიანდაგში შესრულებული შესაკეთებელი სამუშაოების ტიპისა, შესაძლებელია სამი ძირითადი ვარიანტის გამოყოფა:

1. ხელით შრომა, მექანიზებული ინსტრუმენტების გამოყენებით;
2. სპეციალიზირებული სალიანდაგო მანქანების გამოყენება;
3. მრავალფუნქციური მანქანების გამოყენება კომბინირებული სვლით.

თითოეულ წარმოდგენილ ვარიანტს გააჩნია თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. მაგალითად, ხელით შრომა არის ერთ-ერთი

ყველაზე უმარტივესი მეთოდი, რომელიც, როგორც წესი არ მოითხოვს მატარებლების მოძრაობისათვის გადასარბენის სრულად დაკეტვას, მაგრამ ამავე დროს არის ძალიან შრომატევადი და არაეფექტური. სპეციალიზირებული სალიანდაგო მანქანების გამოყენება შესაძლებელს ხდის მცირე დროში დიდი მოცულობის სამუშაოების შესრულებას, მაგრამ მოითხოვს ტექნოლოგიური „ფანჯრის“ გამოყოფას. მრავალფუნქციური მანქანების კომბინირებული მუშაობის მთავარი უპირატესობაა მათი მობილურობა და უნივერსალურობა. ამასთან, ამ მანქანებს მუშაობა შეუძლიათ მხოლოდ დაკეტილ გადასარბენზე და მათი წარმადობა ჩამოუვარდება სპეციალიზირებული სალიანდაგო მანქანების წარმადობას.

ეკონომიკური ეფექტურობის მეთოდოლოგიის შემუშავებისას და კონკრეტულ საწარმოო პირობებში ზემოაღნიშნული სამი მეთოდიდან ერთ-ერთის გამოყენების მიზანშეწონილობის დასადგენად მთავარ კრიტერიუმად მიღებულ იქნა ყველაზე დაბალი თვითღირებულება სალიანდაგო სამუშაოების ერთეულზე. გამოკვლევების საფუძველზე [2] შემუშავებულ იქნა და სალიანდაგო სამუშაოების ერთეულის თვითღირებულების გაანგარიშებისა და შედარების მეთოდოლოგია, რომელიც სქემატურად ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.



ნახ.1. სამუშაოს ერთეულის თვითღირებულების გამოთვლის ალგორითმი სხვადასხვა ტექნოლოგიების გამოყენებით

ტექნიკის მუშაობის ერთეული თვითღირებულების დასადგენად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ზემოაღნიშნული ალგორითმი ისეთი ფაქტორის გავლენის ხარისხის გასაანალიზებლად, როგორიცაა

სალიანდაგო სამუშაოების შესრულების ობიექტის დაშორება მანქანების მუდმივი განლაგების ადგილიდან, აგრეთვე, როდესაც მანქანის ტიპებისა და მარკების შერჩევა ხდება მათი ეკონომიკური მიზანშეწონილობით, ჩასატარებელი სალიანდაგო სამუშაოების მოცულობიდან გამომდინარე.

ამ მეთოდის საფუძველზე გაანგარიშებულ და შედარებულ იქნა ლიანდაგის გასწორებისას შპალების გამოტენვის სამუშაოების ერთეულის თვითღირებულება ზემოთ აღწერილი სამი ვარიანტით. შედარებითი ანალიზისათვის შერჩეულ იქნა KGT-4RS ექსკავატორ-სატვირთველი (ნახ.2,ა.), იგი აღჭურვილია სხვადასხვა დანიშნულების ურთიერთშეცვლადი მუშა ხელსაწყოების ნაკრებით: ჰიდრავლიკური როტორით, სახელურით ფრონტალური ფიწალებისა და ჩამჩის დასამაგრებლად, ამწე კაუჭით, ჩაშენებული გენერატორიანი ელექტრომაგნიტით, ჰიდრავლიკური ურთი, ვერტიკალური საბურღით, ბუჩქების საჭერელით, ბალახის სათიბელათი, ბალასტის გამოსატენად (ნახ.2.ბ) და შპალების გამოსაცვლად საჭირო მოდულებით და ა.შ. [3-5].

გაანგარიშების მთავარი მიზანი იყო ახალი მანქანის - KGT-4RS კომბინირებული სვლის მქონე ექსკავატორ-სატვირთველის ეკონომიკური გამოყენების საზღვრების დადგენა შპალების გამოტენვით ლიანდაგის გასწორების სამუშაოების შესრულებისას. შემუშავებული მეთოდოლოგიის შესაბამისად, ამ ოპერაციაში აღნიშნული მანქანის გამოყენების ეფექტურობის შეფასება განხორციელდა KGT-4RS მანქანით ერთი შპალის ამოტენვის თვითღირებულების შედარებით იმავე მაჩვენებლებით, ხელის მექანიზირებული ინსტრუმენტების და სპეციალიზირებული სალიანდაგო მანქანების გამოყენებისას.

ა)



ბ)



გ)



დ)



ნახ.2. შპალების გამოტენვის სამუშაოებისათვის გამოყენებული ტექნიკა: ა- KGT -4RS კომბინირებული ექსკავატორ-სატვირთველი; ბ-საკიდი მოდული MB2T შპალების გამოსატენად; გ-ხელის ელექტროშპალშემომბეკნი BIP-02; დ-გამასწორებელ-ამოსატენ-მარეხტირებელი მანქანა BIP-02.

შპალების ხელით გამოტენვა გამოიყენება ლიანდაგის გადაუდებელი და პირველრიგობრივი გასწორებისათვის, რომელიც შერჩევით ხორციელდება მატარებლების მოძრაობებს შორის დროის ინტერვალში და საჭიროებს სამუშაოების ხშირ დასრულებას და ისევ დაწყებას, მატარებლების გასატარებლად და ბრიგადის ერთი სამუშაო ადგილიდან მეორეზე გადასასვლელად. გაანგარიშებისას განიხილებოდა შპალების ხელით გამოტენვის ტექნოლოგია, რომელიც სრულდებოდა ოთხი

ელექტროშპალშემომბეკნით (ნახ.2.გ) შვიდი ლიანდაგის მონტიორისაგან შემდგარი ბრიგადის მიერ.

ლიანდაგის გასწორებისა და გამოტენვის სამუშაოების შესასრულებლად მაგალითში განხილულია სპეციალიზებული სალიანდაგო გამასწორებელ-ამოსატენ-მარეხტირებელი BPP-02 მანქანა (ნახ.2.დ). აღნიშნული მანქანა გამოიყენება რკინიგზის ლიანდაგის გასასწორებლად გრძივ და განივ პროფილში და გეგმაში, აგეთვე ბალასტის დასატკეპნად (გამოსატენად) [6].

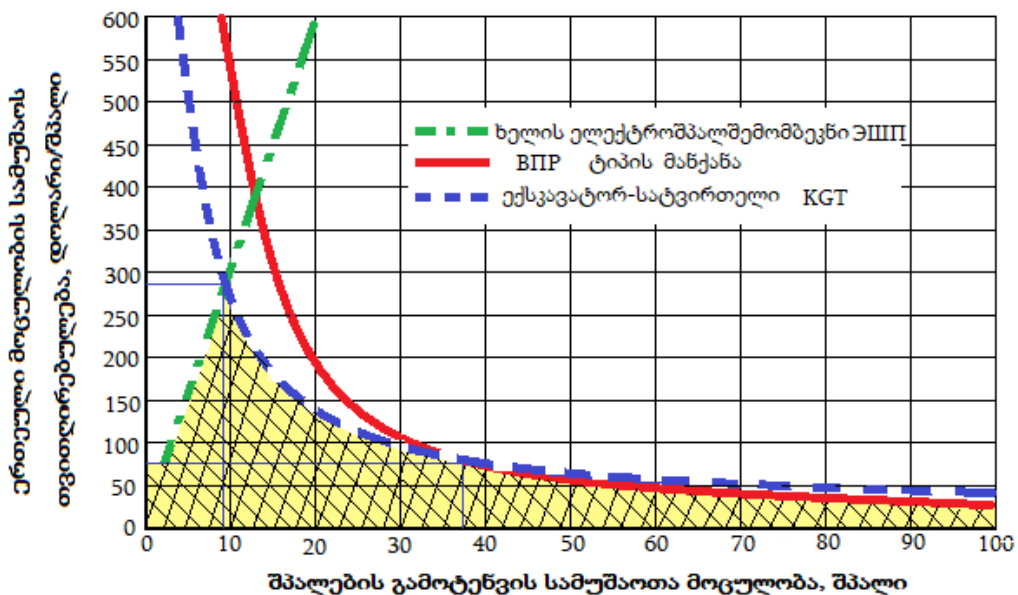
გაანგარიშების ზოგად საწყის მონაცემებად მიღებულია შემდეგი პირობები: მანძილი ბაზიდან სამუშაო ადგილამდე არის საშუალოდ 20 კმ. სამუშაო ფრონტის ფარგლები - 1-დან 100-შპალამდე; რკინაბეტონის შპალები; ღორღის ბალასტი; ბალასტის გაჭუჭყიანებით 15%-მდე. შესაფასებული ტექნოლოგიების ინდივიდუალური მახასიათებლები წარმოდგენილია ცხრილ 1-ში.

ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ.3-ზე.

ცხრილი 1

შპალების ამოტენვის შესაფასებელი ტექნოლოგიების შედარებითი მახასიათებლები

შპალების გამოტენვის ტექნოლოგია	შემსრულებელთა რაოდენობა, კაცი	წარმადობა, შპალ/საათი
ხელის მუშაობის ელექტროშპალ-შემომბეკნების გამოყენებით	7	5
გამასწორებელ-ამოსატენ-მარეხტირებელი BPP-02 მანქანის გამოყენებით	3	1400
KGT-4RS ექსკავატორ-სატვირთველის და შპალების გამომტენი საკიდი MB2T მოდულის გამოყენებით	1	60



ნახ.3. ერთი შპალის გამოტენვის თვითღირებულების დამოკიდებულება შესრულებული სამუშაოს მოცულობაზე

გაანგარიშებისა და გრაფიკული მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს შპალების გამოტენვაზე სამუშაო ერთეულის თვითღირებულების აშკარა დამოკიდებულებას ლიანდაგის მონაკვეთზე შესრულებული სამუშაოების მოცულობაზე. ამავდროულად, სამი განხილული ტექნოლოგიის დამოკიდებულების გრაფიკები იკვეთება ლიანდაგის სამუშაოების მოცულობის გარკვეულ მნიშვნელობებზე და ქმნიან ოპტიმალური მნიშვნელობების არეს (ნახ.3-ზე დაშტრიხული). ეს არე მოიცავს სამ უბანს, რომლებიც შემოიფარგლება გრაფიკების გადაკვეთის წერტილებით სამი ტექნოლოგიის თვითღირებულებაზე დამოკიდებულებით. მრუდის თითოეული უბანი შეესაბამება სამუშაოს თვითღირებულების მინიმალურ მნიშვნელობებს და, შესაბამისად საშუალებას იძლევა

განისაზღვროს ეკონომიკურად ყველაზე მიზანშეწონილი ვარიანტი სამუშაოთა დაგეგმილი მოცულობების შესასრულებლად. გაანგარიშებებმა აჩვენა, რომ მოცემული პირობებისათვის და გამოსაყენებლად მიღებული მანქანისათვის, მათ შორის ინოვაციური KGT-4RS კომბინირებული სვლის მანქანის ჩათვლით, შპალების 1-დან 9 ცალი ოდენობით გამოტენვისას, მიზანშეწონილია სამუშაოების ხელის მექანიზირებული ინსტრუმენტებით შესრულება. 10-დან 38 შპალამდე სამუშაოთა მოცულობის დროს ეკონომიკურად უფრო მიზანშეწონილია KGT-4RS ექსკავატორ-სატვირთველის მუშაობა, ხოლო როცა სამუშაოს მოცულობა 38 შპალზე მეტია, უფრო მიზანშეწონილია გამასწორებელ-ამოსატენ-მარეხტირებელი BIP-02 მანქანის გამოყენება.

დასკვნა

ზემოგანხილულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ შემოთავაზებული მეთოდოლოგია შესაძლებელს ხდის შეაფასდეს სალიანდაგო სამუშაოების ამა თუ იმ ტექნოლოგიის გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობა სამუშაოს ერთეულის მინიმალური თვითღირებულებით, ასევე აირჩეულ იქნას ყველაზე ეკონომიური სალიანდაგო მანქანა კონკრეტული სამუშაოს შესასრულებლად საწარმოო პირობებში.

გაანგარიშებებმა აჩვენა, რომ მოცემული პირობებისათვის და გამოსაყენებლად მიღებული მანქანისათვის, მათ შორის ინოვაციური KGT-4RS კომბინირებული სვლის მანქანის ჩათვლით, შპალების 1-დან 9 ცალი ოდენობით გამოტენვისას, მიზანშეწონილია სამუშაოების ხელის მექანიზირებული ინსტრუმენტებით შესრულება. 10-დან 38 შპალამდე

სამუშაოთა მოცულობის დროს ეკონომიკურად უფრო მიზანშეწონილია KGT-4RS ექსკავატორ-სატვირთველის მუშაობა, ხოლო როცა სამუშაოს მოცულობა 38 შპალზე მეტია, უფრო მიზანშეწონილია გამასწორებელ-ამოსატენ-მარეხტირებელი ВПР-02 მანქანის გამოყენება.

ლიტერატურა

1. Платонов А.А. Особенности классификации дорожно-рельсовых транспортных средств Европы // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2016. № 2 (41). С. 107–114.
2. Е.О. Юркова, Е.В. Самойлова, О. А. Шаламова, Г. Г. Ядрошникова. К вопросу повышения эффективности эксплуатации транспортно-технологических машин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2015. № 2 (32). С. 12–16.
3. Geismar. Навесное оборудование для KGT 4RS./ https://enerteh.net/wp-content/uploads/2018/08/katalog_-_navesnogo_oborudovaniya_dlya_kgt.pdf
4. Geismar. Экскаватор-погрузчик на комбинированном ходу KGT-4RS: техническая спецификация / <https://enerteh.net/wp-content/uploads/2018/08/kgt-4rs.pdf>
5. Данилин В. Н., Гринчар Н. Г. Перспективные модели железнодорожно-строительных машин // Путь и путевое хозяйство. 2017. № 5. С. 28–31.
6. Кузнецов С. М., Зайцев А. В. Оценка технической надежности эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин ВПР-02 // Транспорт: наука, техника, управление. 2014. № 2. С. 45–49.

რადონი - „SOS“ !!!

ბაკალავრიატის სტუდენტი ვახტანგ ჩხეტია, III კურსი, ჯგ. № 1008

vakhochkhetia10@gmail.com ტელ: +995 592 092 791

ხელმძღვანელი: ასოცირებული პროფესორი ჯიშმერ ქერქაძე

j.kerkadze@gtu.ge ტელ: +995 599 274 639

ანოტაცია

ნაშრომში წარმოდგენილია პრევენციული ღონისძიებანი რადონის რადიაციული ფონისაგან თავდასაცავად. განხილულია, თუ რატომ არის ასე მნიშვნელოვანი და აუცილებელი ცალკეულ შენობა-ნაგებობათა მშენებლობის დაწყებამდე რადონის რადიაციული ფონის გაზომვა; ამასთან ერთად მოყვანილია რადონის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და შეფასებულია რადონის α-ნაწილაკებში არსებული ძირითადი საშიშროებანი; განხილულია რადონის საფრთხე სამედიცინო თვალსაზრისით, მოყვანილია რადონთან დაკავშირებული მნიშვნელოვანი ტერმინოლოგიური ცნებები, განმარტებანი და საზომი ერთეულები; ჩამოთვლილია რადიაციული უსაფრთხოების ამჟამად მოქმედი საერთაშორისო სტანდარტები; ასევე ნაჩვენებია რადონის ზემოქმედებით გამოწვეული საფრთხეების საკმაოდ მნიშვნელოვნად შემცირების გზები და საშუალებები.

საკვანძო სიტყვები: რადონი-222, რადიაცია, რადიაციული ფონი, დასხივების დოზა; წონასწორული მოცულობითი აქტივობა.

Abstract

The paper presents preventive measures to protect against radon radiation

background. It is discussed why it is so important and necessary to measure the addition background of radon before the construction of individual building. In addition, the physical-chemical properties of radon are presented and the main dangers in radon α -particles are evaluated. The danger of radon from a medical point of view is discussed, important terminological concepts, definitions and measurement units related to radon are given; The currently valid international standards of radiation safety are listed; Ways and means of significantly reducing the dangers caused by radon exposure are also shown.

Key words: Radon-222, Radiation, Radiation background, Radiation dose, Equilibrium volume activity.

შესავალი

როგორც ცნობილია, მოსახლეობის მიერ მიღებული რადიაციული დასხივების დოზის ნახევარზე მეტი დაკავშირებულია რადიოაქტიურ აირთან – რადონთან, რომელიც მუდმივად გამოიყოფა დედამიწის წიაღიდან. რადონის ბუნებრივ წყაროს წარმოადგენს მთის ქანები (უპირველესად, ურანშემცველი), საიდანაც თავდაპირველად ვრცელდება ნიადაგში და შემდეგ კი ატმოსფეროში. იგი ასევე ვრცელდება მიწისქვეშა და ზედაპირულ წყლებში, საცხოვრებელი სახლების შიდა სათავსებში, ამიტომ ნიადაგში რადონის შემცველობის შესწავლასა და რადონსაშიში ზონებისა და ველების რუკების შექმნას დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც გეოლოგიური თვალსაზრისით (აქ იგულისხმება მოპოვებული ინფორმაცია მთის ქანების შესახებ), ასევე მოსახლეობის რადიოლოგიური საფრთხის შეფასების მხრივაც.

ძირითადი ნაწილი

დავიწყეთ იმით, თუ რა საშიშროებას ქმნის რადონის რადიაციული დასახივება და რატომ არის მნიშვნელოვანი ცალკეულ შენობა-ნაგებობათა მშენებლობის დაწყებამდე მისი დონის გაზომვა. როდესაც კლინიკაში ვიტარებთ სამკურნალო/დიაგნოსტიკურ პროცედურებს, ყველას კარგად გვაქვს გააზრებული, რომ ამით ჩვენ მიზანმიმართულად ვექცევით რადიაციული გამოსხივების მოქმედების ქვეშ. ამასთანავე, გვესმის, რომ მომსახურე პერსონალისა და პაციენტების მიერ რადიაციული უსაფრთხოების მოთხოვნათა ზედმიწევნით დაცვა, ახალი ტიპის რენტგენის აპარატების გამოყენება და თანამედროვე სტანდარტების შესაბამისი შენობა-ნაგებობათა არსებობა ქმნის უსაფრთხო გარემოს როგორც პაციენტების, ასევე სამედიცინო პერსონალისთვის. თუმცა, სამწუხაროდ, ჩვენ ხშირად დაუცველნი ვართ ბუნებრივი რადიაციისგან, თანაც ისე, რომ ვერც კი ვხვდებით, რამდენად დიდ საფრთხეს შეიცავს იგი ჩვენი ჯანმრთელობისათვის.

რადონი (რადიონუკლიდი რადონი-222) – ეს არის ბუნებრივი, უგემო და უსუნო რადიოაქტიური აირი. იგი წარმოიქმნება დედამიწის წიაღში ბუნებრივი ურანის რადიოაქტიური დაშლის პროცესის შედეგად. ამასთან, ურანი შეიძლება იმყოფებოდეს დიდი ან მცირე რაოდენობით მთისა და ვულკანური წარმოშობის ქანებში. ვინაიდან რადონი აირია, ცხადია იგი მიისწრაფვის მისი ბუნებრივი მდგომარეობისკენ – ატმოსფერული ჰაერისკენ, სადაც შეერევა სხვა აირებს და შემდეგ ილექება სარდაფებში, შენობა-ნაგებობების პირველ სართულებზე და ა. შ. ამით იგი ადამიანისთვის ხდება სწორედ რომ უხილავი, შეუგრძნობადი და ძლიერი საფრთხის შემცველი აირი.

რადონი სახლის პირობებში ხვდება ნიადაგის აირებთან ერთად, რომლებიც გრუნტიდან გამოიყოფა იმის გამო, რომ ატმოსფერული წნევა შენობაში ნაკლებია, ვიდრე მის გარეთ. და რაც უფრო მეტია ეს განსხვავება, მით უფრო ინტენსიურად მატულობს შენობაში ნიადაგიდან ჰაერის ნაკადი და შესამაბისად, რადონის შემცველობაც. შენობებში რადონის განსაკუთრებით მაღალი შემცველობა გამოვლენილია წელიწადის ცივ პერიოდში, როდესაც სითბოს შენარჩუნების მიზნით ნაკლებად, ან სულაც არ ნიავედება შენობა. შენობაში რადონის შემცველობის ინტენსიურმა მატებამ შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანში მრავალი სახის ონკოლოგიური დაავადება.

რადონის აქტივობის გაზომვა არ არის ძვირი. თუ მისი გადაჭარბებული კონცენტრაციის აღმოჩენის შემთხვევაში დროულად მივიღებთ საჭირო ზომებს, თავიდან ავიცილებთ ადამიანთა ჯანმრთელობის საგრძნობ გაუარესებას.

რადონის α -ნაწილაკები, როგორც ძირითადი საშიშროება – რადონიდან გამოტყორცნილი α -ნაწილაკები ცოცხალი ორგანიზმებისათვის უხილავ მტრებს წარმოადგენენ. გარდა ამისა, ისინი ატარებენ უზარმაზარ ენერგიას. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვეულებრივი ტანსაცმელი სრულად იცავს ადამიანს ამ ტიპის ნაწილაკებთან შეხებისაგან, საშიშროება მდგომარეობს რადონის სასუნთქ გზებში მოხვედრასთან მიმართებაში. α -ნაწილაკები კი ის „მძიმე არტილერიაა“, რომელსაც არც თუ ისე მცირე ზიანის მიყენება შეუძლია ადამიანის ჯანმრთელობისთვის.

კვლევების შედეგად დადასტურებულია, რომ რადიოაქტიური რადონის წილი ადამიანის დასხივებაში შეადგენს 75 %-ს ყველა სხვა დანარჩენ ბუნებრივ რადიოაქტიურ წყაროებთან მიმართებაში. ამის გარდა, რადონის დაშლის პროდუქტები – Pb, Po, Bi საშიშროებას

წარმოადგენს ადამიანის ორგანიზმისთვის, მათ შეუძლიათ გამოიწვიონ სიმსივნური დაავადებანი.

რადონის საშიშროება სამედიცინო თვალსაზრისით – ექიმებმა გამოთვალეს, რომ რადონის α -ნაწილაკების ბიოლოგიურ ზემოქმედებას სხეულის უჯრედულ ქსოვილებზე 20-ჯერ უფრო მეტი დესტრუქციული ეფექტის მოხდენა შეუძლია, ვიდრე β -ნაწილაკებს ან/და γ -გამოსხივებას. აშშ-ის მეცნიერთა აზრით, ადამიანის მიერ ჩასუნთქული რადონი იწვევს ფილტვის ქსოვილის დამწვრობას და რიგით მეექვსეა კიბოს გამომწვევ მიზეზთა სიაში. მკვლევარები ასევე აღნიშნავენ, რომ რადონის ზემოქმედება ორგანიზმზე განსაკუთრებით საშიშია თამბაქოს მოწევის მავნე ჩვევასთან ერთად. აღნიშნულია, რომ მოწევა და რადონი ფილტვის კიბოს გაჩენის ორი ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორია და მათი ერთდროული მოქმედებით საშიშროება მკვეთრად იზრდება.

მნიშვნელოვანი ცნებები, განმარტებანი და საზომი ერთეულები – რადონის რადიოაქტიური დაშლის პროცესებისა და ადამიანის ორგანიზმისთვის მის მიერ წარმოქმნილი საფრთხის სწორად გასაგებად, მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ძირითადი ტერმინოლოგია და საზომი ერთეულები. ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში რადიონუკლიდის აქტივობა (A) იზომება ბეკერელებში (ბკ), 1 ბკ შეესაბამება დაშლის ერთ აქტს ერთ წამში. მაღალი აქტივობის აღსანიშნავად ასევე გამოიყენება არასისტემური ერთეული კიური (Ci), 1 კიური უდრის 37 მილიარდ ბეკერელს.

სპეციფიური მოცულობითი აქტივობა (OA) არის დაშლის რაოდენობა ნივთიერების მოცულობის ერთეულზე, მაგალითად, ბკ/მ³, ბკ/ლ ან ბკ/კგ. ასევე, ხშირად განიხილავენ რადიაციულ ფონს ფართობის ერთეულთან მიმართებაში, მაგალითად, კიური/კმ².

წონასწორული მოცულობითი აქტივობა (POA), იგივეა რაც OA, მაგრამ იგი ითვალისწინებს დროის ფაქტორს, რომლის დროსაც დაშლის პროდუქტების საწყისი აქტივობა მიდის წონასწორულ მდგომარეობამდე მისივე წარმოშობის წყაროსთან მიმართებაში, ხანმოკლე სიცოცხლის ხანგრძლივობის მქონე რადიონუკლიდების თანდათანობითი გაქრობის გამო (აგრეთვე იზომება მოცულობითი აქტივობის (OA) ერთეულებში).

ექვივალენტური წონასწორული მოცულობითი აქტივობა (ΞPOA) გამოიყენება ხანმოკლე დაშლის პროდუქტების აქტივობის შესაფასებლად, რომლებიც ჯერ კიდევ არ არის წონასწორობაში. ჩვეულებრივ, ΞPOA გამოითვლება და განიხილება როგორც საშუალო წლიური აქტივობა, რომელიც იზომება ბკ/მ³-ში.

რადიაციული უსაფრთხოების მოქმედი სტანდარტები – შენობა-ნაგებობის შიგნით არსებულ ჰაერში რადონის კონცენტრაციის ზღვრული მნიშვნელობები მოცემულია ისეთ მარეგულირებელ დოკუმენტებში, როგორიცაა რადიაციული უსაფრთხოების სტანდარტები NRB-99 ან SP 2.6.1.758-99; ძირითადი სანიტარული წესები OSPORB-99 ან SP 2.6.1.1292-2003. ამ მიზნით ასევე გამოდგება სახელმძღვანელო – MU 2.6.1.715-98. როგორც ეს სტანდარტები მიუთითებს, საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ (არასამრეწველო) შენობებში, სადაც ადამიანები დიდხანს იმყოფებიან, ΞPOA არ უნდა აღემატებოდეს საშუალოდ 200 ბკ/მ³-ს (მოქმედი შენობებისთვის) და 100 ბკ/მ³-ს (ექსპლუატაციაში ახლახანს შესული შენობებისათვის). თუკი ეს მნიშვნელობები არ არის დაცული, მაშინ ასეთ ნაგებობებსა და სათავსებში რადიაციული უსაფრთხოება გარანტირებული არ არის.

პროფესიონალური და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების რადონის დეტექტორები – პრაქტიკაში არსებულ ყველა ტიპის საყოფაცხოვრებო

დოზიმეტრს არ ძალუძს რადონის აღმოჩენა. ამ მიზნით, შეიძლება გამოვიყენოთ დოზიმეტრები მგრძნობიარე „მიკა“-ს ტიპის სენსორებით, რომლებსაც აქვთ α -გამოსხივების შეფასების უნარი (მაგალითად, RadiaScan-701A ან MKS-01SA1B β -1-1 სენსორით ბორტზე). ამავდროულად, მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ, რომ ასეთი ტიპის დოზიმეტრებით შესაძლებელია მხოლოდ რადონის არსებობის ფაქტის გამოვლენა, მაგრამ გამოსაკვლევ სათავსში არ იძლევა რადონის კონცენტრაციის გამოთვლის საშუალებას.

ამჟამად საყოფაცხოვრებო მიზნებითვის სათავსების ჰაერში რადონის კონცენტრაციის განსაზღვრის პრობლემა გადაჭრილია თანამედროვე მიკროპროცესორებისა და სპეციალურად შემუშავებული პროგრამული ალგორითმების საშუალებით. როცა საუბარია რადონის RADEX MR-107 ინდიკატორზე, ამ შემთხვევაში გაზომვის მთელი პროცესი სრულად ავტომატიზირებულია. მოწყობილობა მუშაობს რადონი-222-ის დაშლის პროდუქტების ელექტროსტატიკური დალექვის პრინციპით მოქმედი დეტექტორით, რომელიც მგრძნობიარეა α -ნაწილაკების მიმართ და მას ასევე შეუძლია შეაფასოს სათავსში არსებული რადიონუკლიდების ექვივალენტური წონასწორული მოცულობითი აქტიურობა. მოწყობილობის მასა დაახლოებით 270 გ-ია. გაზომვებისას იგი სხვა მასიურ პროფესიონალურ მოდელებთან შედარებით ძალზედ კომპაქტურია. გაზომვის პირველი შედეგების მიღების შემდეგ (4 სთ) ეს მოწყობილობა გადადის მონიტორინგის რეჟიმზე, რომლის დროსაც ხმოვანი სიგნალით გვამცნობს მოსალოდნელ საფრთხეს, კერძოდ, ექვივალენტური წონასწორული მოცულობითი აქტივობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობის გადაკვეთის შესახებ (100 ბკ/მ^3 და 200 ბკ/მ^3).

ზოგადად, რადონის კონცენტრაციის გაზომვების შედეგები

შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს დროთა განმავლობაში. ამიტომ, მხოლოდ სისტემატურ პერიოდულ მონიტორინგს შეუძლია რადიაციული უსაფრთხოების საკითხის საიმედოდ გადაწყვეტა.

ამგვარად, რადონის და მისი დაშლით მიღებული შვილობილი პროდუქტების გამოყოფის ძირითადი წყაროებია:

- გრუნტები;
- სამშენებლო მასალები;
- წყალი, განსაკუთრებით ღრმაწყლოვანი არტეზიული ჭის წყალი;
- ბუნებრივი აირი.

თუ გაგვაჩნია დადასტურებული უტყუარი ინფორმაცია გარემოსა და ადამიანის საცხოვრებელ სათავსებში რადონის გამომყოფი წყაროების არსებობის შესახებ, შესაძლებელია შევარჩიოთ შესაბამისი საშუალებები რადონის წინააღმდეგ საბრძოლველად. ეს საშუალებებია:

- საცხოვრებელი სახლისთვის სამშენებლო მოედნის ისე შერჩევა, რომ გრუნტში ფიქსირდებოდეს რადონის მხოლოდ მინიმალური, თანაბარგანაწილებული კონცენტრაცია;
- დაბალსართულიან შენობებში სასურველია მოეწყოს სარდაფები;
- საცხოვრებელი ოთახები უმჯობესია განლაგდეს შენობის ზედა სართულებზე;
- არ გამოვიყენოთ სახლის მშენებლობისთვის ისეთი საშიში საშენი მასალები, როგორიცაა ფოსფორთაბაშირი, კერამზიტი, პემზა, გრანიტი და სხვ. უპირატესობა მივანიჭოთ ხის მასალას და ისეთ მასალებს, რომლთაც უკვე გავლილი აქვთ რადონზე რადიაციული კონტროლი;
- ყურადღება მიექცეს სართულშუა გადახურვების ჰერმეტიულობას;

- ბზარების, ფორებისა და ნაპრალების დასაფარად კედლები და ჭერი ჯერ დამუშავდეს სათანადო მასტიკებით (ე. წ. „ჰერმეტიკებით“), შემდეგ კი ეპოქსიდური ფისოვანი საღებავებით და სხვა მოსაპირკეთებელი მასალებით;
- დიდი დროით არ დავყოვნდეთ არაგანიავებად სათავსებში;
- უზრუნველვყოთ საცხოვრებელი ოთახებისა და სარდაფების რეგულარული ბუნებრივი განიავება;
- ბუნებრივ განიავების უზრუნველსაყოფად უმჯობესია მოეწყოს ჰერმეტიკულად დაცული კარ-ფანჯრები;
- სიღრმეებიდან წყლის მიღების შემთხვევაში სასმელად უმჯობესია გამოვიყენოთ ადუღებული წყალი;
- სასმელი წყლისთვის უმჯობესია გამოვიყენოთ ნახშირის ფილტრი, რაც უზრუნველყოფს რადონის 90 %-ით შეკავებას;
- უზრუნველყოფილი უნდა იყოს სააბაზანოს განიავება;
- გაზქურის ზემოთ აუცილებელია გამწოვის მოწყობა;

დასკვნა

ჩატარებული კვლევის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ რადონის რადიაციული დასახივებისგან თავდაცვა რეალურად სავსებით შესაძლებელია როგორც მისი დაგროვების საწინააღმდეგო, ასევე შემცირების პრევენციული ღონისძიებების გატარებით. ზემოთ მოყვანილი ფაქტობრივი მასალები ცხადყოფს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია საცხოვრებელი სახლის მშენებლობისას სამშენებლო მოედნის სწორი შერჩევა. ჩვენ – მშენებელ-ინჟინრები გრუნტს განვიხილავთ როგორც შენობა-ნაგებობის ფუძე-საძირკველს და აქედან გამომდინარე, ვცდილობთ შევისწავლოთ მისი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, მაგრამ დგება აუცილებელი საჭიროებაც იმისა, რომ

თავიდანვე იქნას შესწავლილი სამშენებლო მოედნის რადიაციული ფონი. ყოველივე ეს თავიდან აგვაცილებს როგორც შენობა-ნაგებობათა მშენებლობის, ასევე ექსპლოატაციის პერიოდში ადამიანთა ჯანმრთელობის მოსალოდნელი გაუარესების რისკებს და შესაბამისად, არასასურველ ლეტალურ შედეგებს.

ლიტერატურა

1. ც. თურქაძე – სახელმძღვანელო გარემოს დაცვის ტექნიკოსისათვის. // თავი 2.5 – მაიონებელი გამოსხივება და რადიაციული უსაფრთხოება (გვ. 87-100). განათლების ხარისხის განვითარების ცენტრი, თბილისი, 2016, 478 გვ.;
2. მ. კავილაძე – რა არის რადიაცია და როგორ გარემოში ვცხოვრობთ. გამომცემლობა „ნეკერი“, თბილისი, 2002, 192 გვ.;
3. ლ. მწარიაშვილი – რადონის რადიაციული გამოსხივების კვლევა ზოგიერთ ბუნებრივ ობიექტებში. //დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის ავტორეფერატი. სტუ, თბილისი, 2018. 29 გვ.;
4. საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 3 იანვრის №28 დადგენილება ტექნიკური რეგლამენტის „საქართველოს ტერიტორიაზე რადიაციული უსაფრთხოების ნორმების“ დამტკიცების შესახებ. თბილისი, 2014;
5. საქართველოს მთავრობის 2015 წლის 27 აგვისტოს №450 დადგენილება ტექნიკური რეგლამენტის „მაიონებელი გამოსხივების წყაროებთან მოპყრობისადმი რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებისა და ძირითადი მოთხოვნების“ დამტკიცების შესახებ. თბილისი, 2015;
6. Radon and its impact on human health (<https://www.who.int>).
7. Radon gas measurements (<https://www.aktinovolvia.com>);
8. Как обнаружить радиоактивный радон и уменьшить угрозу здоровью (<https://www.mydozimetr.ru>);
9. Почему при строительстве дома важно делать замеры радона? (<https://www.rospotrebnadzor.ru>).

საგზაო სამოსზე გაჩენილი დეფექტები და მათი აღმოფხვრის საშუალებები

დოქტორანტი გიორგი ხატიაშვილი
gkhatiashvili10@gmail.com ტელ: +995 555 795 995
ხელმძღვანელი, პროფესორი თენგიზ პაპუაშვილი
magistrali@yahoo.com ტელ: +995 599 116 167

ანოტაცია

ნაშრომში განხილულია საავტომობილო გზის კონსტრუქციაზე მოქმედი ფაქტორები და საგზაო სამოსზე გაჩენილი დეფექტების აღმოფხვრის საშუალებები. ნაჩვენებია გზის გეგმიური მომსახურებისა და შეკეთების გრაფიკი, მისი ხარისხის კონტროლის შედეგების მიხედვით. ასევე განხილულია ჰიდრაულიკური შემკვრელებისა და ბიტუმის ემულსიის გამოყენებით საგზაო საფარის რეციკლირებისა და სტაბილიზაციის ტექნოლოგია. კერძოდ, თუ რა პირობები უნდა შესრულდეს ბიტუმის ემულსიით რეციკლირებისას. ნაშრომში ასევე მოცემულია სიმტკიცის მაჩვენებლების ცვლილება ნარევში ცემენტის პროცენტული რაოდენობის მიხედვით და ბიტუმის ემულსიის დამატებით.

საკვანძო სიტყვები: ასფალტბეტონი, საგზაო სამოსი, მოდიფიცირებული შემკვრელი, რეციკლირება, ბიტუმის ემულსია.

Abstract

Factors affecting highway construction and means of eliminating road surface defects are discussed in the paper. The schedule of scheduled service and repair of the road according to the results of its quality control is shown. The

technology of recycling and stabilization of road surface using hydraulic binders and bitumen emulsion is also discussed. In particular, what conditions must be met when recycling bitumen emulsion. The paper also shows the change in strength indicators depending on the percentage of cement in the mixture and the addition of bitumen emulsion.

Keywords: Asphalt concrete, road wear, modified binder, recycling, reconstruction.

შესავალი

თანამედროვე საავტომობილო გზა წარმოადგენს რთულ საინჟინრო ნაგებობას მან უნდა უზრუნველყოს ავტომობილების უწყვეტი, კომფორტული და უსაფრთხო მოძრაობა მაღალი სიჩქარეებით, დასაშვები გაბარიტებითა და ღერძული დატვირთვებით. ავტომობილების მოძრაობა შესაძლებელი უნდა იყოს ნებისმიერ პირობებში, წლის ნებისმიერ დროს.

საავტომობილო ტრანსპორტის განვითარება, ავტომანქანების კონსტრუქციების მუდმივი გაუმჯობესება, მათი ტვირთამწეობისა და სიჩქარეების სწრაფი ზრდა მოითხოვს მაღალ დონეზე განვითარებულ - გაუმჯობესებულ საგზაო ქსელს. თანამედროვე გზა უნდა აკმაყოფილებდეს, აგრეთვე მნიშვნელოვან ესთეტიკურ მოთხოვნილებებსაც. სატრანსპორტო საშუალებებიდან გზაზე გადაცემული დატვირთვა დროთა განმავლობაში აზიანებს საგზაო საფარსა და საფუძველს. გზაზე გამავალი თითოეული სატრანსპორტო საშუალება იწვევს მისი საფუძვლის მცირე, დროებით დეფორმაციას. მსუბუქი სატრანსპორტო საშუალების მიერ გამოწვეული დეფორმაცია იმდენად მცირეა, რომ მას არ ითვალისწინებენ. მძიმე წონიანი სატრანსპორტო საშუალებები წარმოადგენენ შედარებით დიდი

დეფორმაციების მიზეზს. დიდი რაოდენობით სატრანსპორტო საშუალებების გავლით გამოწვეული დეფორმაციები გროვდება, რაც თანდათან იწვევს ნარჩენი დეფორმაციების ან დაღლილობის ბზარების წარმოშობას. ავტომობილის ზედმეტი ღერძული დატვირთვა იწვევს საგზაო სამოსის არაპროპორციულად დიდ დეფორმაციებს, რაც აჩქარებს მისი მდგომარეობის გაუარესებას.

ძირითადი ნაწილი

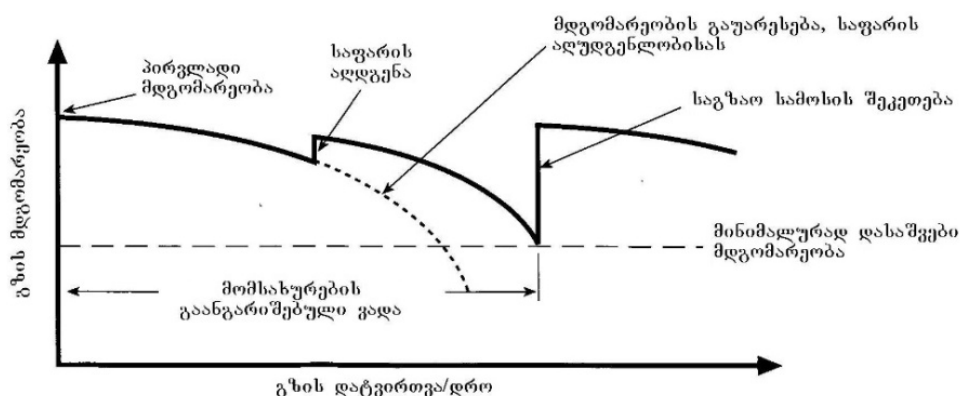
საავტომობილო გზის საფარი, როგორც წესი, წარმოადგენს საგზაო სამოსის ერთადერთ ხილულ ნაწილს. ის დევს სხვადასხვა მასალისგან შემდგარი საფუძველის რამდენიმე ფენაზე. საფუძველი საგზაო კონსტრუქციის ის ნაწილია, რომელიც მასზე გამავალი სატრანსპორტო საშუალებების მიერ წარმოქმნილ დატვირთვას გადასცემს მიწის ვაკისს, რომელიც ჩვეულებრივ სუსტია და არ გააჩნია ამისთვის აუცილებელი მზიდუნარიანობა. საგზაო სამოსის მეშვეობით მოძრავი სატრანსპორტო საშუალებებიდან ზედაპირზე გადაცემული დატვირთვები ნაწილდება მიწის ვაკისის ზედაპირის დიდ ფართობზე.

მაღალი სატრანსპორტო დატვირთვები, ბუნებრივი და კლიმატური პირობები იწვევს საავტომობილო გზების დაძველების და რღვევის პროცესების დაჩქარებას. ასეთ გზებზე კლებულობს სატრანსპორტო პროცესის ეფექტურობის მაჩვენებლები. საავტომობილო გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობა ხასიათდება მაჩვენებლებით, რომლებიც განსაზღვრავს როგორც გზის ასევე ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტურობას.

ასფალტბეტონის საფარის მშენებლობის და ექსპლუატაციის მრავალწლიანი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სარემონტო სამუშაოების ჩატარების დროს დაზიანებულ ფენაზე ასფალტბეტონის და სხვა ბიტუმი-

მინერალური მასალის ახალი ფენების დამატება მოძველდა და ითხოვს მოდერნიზაციას. შესაბამისად აუცილებელია დაზიანებული ფენების მოხსნა საგზაო საფარიდან. რამდენადაც ასფალტბეტონის ნარევი ექვემდებარება გადამუშავებას, ერთ - ერთ მთავარ მიმართულებად უნდა ჩაითვალოს ძველი ასფალტბეტონისა და სხვა ბიტუმი-მინერალური მასალების მეორადი გამოყენება.

საგზაო სამოსის მდგომარეობის გაუარესება - ჩვეულებრივ შედარებით ნელი პროცესია. მისი ნიშნები, შეიძლება გამოყენებული იყოს გაუარესების სიჩქარის შესაფასებლად. საგზაო სამსახურები ხშირად გამოიყენებენ მონაცემთა ბაზებს, რომელიც იძლევა ყველა გზის საექსპლუატაციო მახასიათებლების უწყვეტი კონტროლის საშუალებას საგზაო ქსელის ფარგლებში და ყურადღების გამახვილების საშუალებას იმათზე, რომლებიც მას ყველაზე მეტად საჭიროებენ. პირველ ნახაზზე წარმოდგენილია ტიპური გრაფიკი, რომელიც ასახავს დროული მომსახურეობისა და გზის შეკეთების ეფექტურობას. ეს გრაფიკი აჩვენებს რამდენად მნიშვნელოვანია გზის დროული შენახვა მისი საექსპლუატაციო მაჩვენებლების რაც შეიძლება მაღალ დონეზე შესანარჩუნებლად. გზის ხარისხის დაქვეითების შესაბამისად, შესაკეთებელი სამუშაოების მოცულობა იზრდება, რაც აძვირებს მათზე დანახარჯებს.



ნახ. 1. გზის გეგმიური მომსახურებისა და შეკეთების გრაფიკი, მისი ხარისხის კონტროლის შედეგების მიხედვით

ასფალტბეტონის საფარის სიმტკიცის ინტენსიური დაქვეითების პროცესის დაწყების დროულმა დადგენამ საფარის სისწორის ცვლილების ანალიზის მეშვეობით, შეიძლება ააცილოს საგზაო სამოსის ყველა ფენას ნაადრევი რღვევა და დეფორმაცია. ამგვარად, გზის ექსპლუატაციის სხვადასხვა ეტაპზე, საფარის სისწორის ცვლილების დინამიკა განსაზღვრავს მის შრომისუნარიანობას და ხანგამძლეობას. შემოთავაზებული დამუშავებები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც საავტომობილო გზების შეფასების არსებული სისტემების დამატება უპირველესი სარემონტო ღონისძიებების ოპტიმალური შერჩევის მიზნით.

ჩვენი ქვეყნის ბევრ რეგიონში, კარგი ხარისხის მასალა გზების მშენებლობისათვის უბრალოდ ხელმიუწვდომელია. შესაბამისი მასალების მოსატანად გაწეულმა დიდმა დანახარჯებმა, ადგილობრივი რესურსების გამოყენების მიზნით, ბიძგი მისცა სტაბილიზაციის მეთოდების განვითარებას. შედარებით ნაკლები დანახარჯებისას საჭირო სიმტკიცე შეიძლება მიღწეულ იქნას ადგილობრივი დაბალხარისხიანი

მასალების გამოყენებისას მათთან სტაბილიზატორების მცირე რაოდენობის დამატების გზით. თუმცა არსებობს ცდომილებები სტაბილიზატორების დადგენასა და მათ თვისებებთან დაკავშირებით.

კირი და ცემენტი წარმოადგენენ ყველაზე ფართოდ გამოყენებად მინერალურ სტაბილიზატორებს. ტექნოლოგიური პროგრესის წყალობით კირის და ცემენტის მსგავსად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს სხვა ჰიდრავლიკური შემკვრელებიც, როგორებიცაა - „დოროსოლი“ და „დოროპორტი.“ სტაბილიზატორის პირველი ამოცანა - მასალის სიმტკიცის გაზრდაა. მიღწეული სიმტკიცე მნიშვნელოვნად განისაზღვრება დამატებული სტაბილიზატორის რაოდენობით, მაგრამ ასევე დამოკიდებულია დასამუშავებელი მასალის სახეობაზეც. სიმტკიცის გაზრდისათვის სტაბილიზატორის მეტი რაოდენობის დამატებამ შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს ფენის მახასიათებლებზე. მინერალური სტაბილიზატორით დამუშავებული მასალა ხდება შედარებით მყიფე. სიმტკიცის გაზრდით მატულობს მისი სიმყიფე გამაგრებული ფენის დაღლილობის მახასიათებლების შემდგომი გაუარესებით. ეს იწვევს სატრანსპორტო საშუალებების მხრიდან განმეორებითი დატვირთვებისას ბზარების გამრავლებას და საგზაო სამოსის ფენების დაშლას.

ასეთი პროცესებისგან თავის არიდების მიზნით ჰიდრავლიკურ შემკვრელებთან ერთად სტაბილიზატორის სახით ბიტუმის გამოყენება სულ უფრო პოპულარული ხდება, ამასთანავე, ის გამოიყენება როგორც ემულსიის სახით, ასევე აქაფებული სახითაც. ბიტუმით დამუშავება - მასალის სიმტკიცისა და ნესტის მიმართ მდგრადობის გაზრდის რენტაბელური გზაა. ბიტუმით შეკრული მასალა წარმოქმნის მაღალი დაღლილობის მახასიათებლების მქონე დრეკად ფენას, რაც იძლევა

ფენის სისქის შემცირების საშუალებას. სტაბილიზატორის სახით ბიტუმის ემულსიის გამოყენების ერთადერთი მიზეზია - შესაძლებელი გახდეს ბიტუმის შერევა ცივ ტენიან მასალასთან, რაც წარმოადგენს შუალედურ ოპერაციას. აუცილებელ საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს ბიტუმით შეკრული მასალა, რაც მოითხოვს ემულსიაში ბიტუმის დაშლას და მის, როგორც შემკვრელის მოქმედებას. ბიტუმის ემულსიით რეციკლირებისას უნდა შესრულდეს შემდეგი პირობები:

- ნარევის შემადგენლობის შერჩევა - როგორც სტაბილიზაციის ნებისმიერი სხვა ფორმისას, აქ აუცილებელია შესაბამისი ოპერაციები ნარევის შემადგენლობის შესარჩევად ბიტუმის ემულსიის აუცილებელი დანახარჯის განსასაზღვრავად, რათა მიღებულ იქნეს საჭირო სიმტკიცის მახასიათებლები;
- რეცეპტურა - ემულსიის „ადაპტაციის“ მიზნით გამოყენების კონკრეტული შემთხვევებისათვის, მათთან გამოიყენება სხვადასხვა რაოდენობის სხვადასხვა ქიმიკალები. წყალში შეწონილ ნარჩენი ბიტუმის რაოდენობის განსაზღვრის გარდა, ასეთი ადაპტირება მიმართულია იმ პირობების მართვისაკენ, რომელთა დროსაც ხდება დაშლა.
- გამკვრივების დრო - როდესაც ემულსია იშლება, ბიტუმი შეწონილი მდგომარეობიდან გადადის ბლანტ ფორმაში. რეციკლირებული მასალის ცალკეული ნაწილაკები ამ დროს სრულად ან ნაწილობრივ დაიფარება ცივი ბლანტი ბიტუმის თხელი აპკით, რაც ართულებს გამკვრივებას. ამიტომ უმჯობესია მისი დასრულება ემულსიის დაშლამდე;
- ბიტუმის ემულსიის ტიპი და ხარისხი;
- მასალის ტენიანობა გამკვრივებისას;

- მასალის ტიპი, მათ შორის მისი გრანულომეტრიული შემადგენლობა და ადსორბციული თვისებები;
- დამატებული ჰიდრავლიკური შემკვრელის რაოდენობა.

საგზაო სამოსის ასფალტგრანულობეტონის, ჰიდრავლიკური შემკვრელის და ბლანტი ბიტუმის ნარევისაგან მშენებლობის ტექნოლოგიებმა უნდა უზრუნველყონ მასალის კარგი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ადგილი აქვს გარკვეულ წინააღმდეგობას, რომელიც გადაწყვეტას საჭიროებს. ასფალტგრანულობეტონის სტრუქტურის ანალიზიდან გამომდინარე მასალის თვისებები დამოკიდებულია კალციუმის ჰიდროსილიკატზე CSH, რომელიც ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი ნაწილია აგბ-სი. იგი ხასიათდება გაცხელებისას წყლის დაკარგვით, რაც იწვევს ფენებს შორის დაშორების შემცირებას, ამასთანავე ადგილი აქვს მასალის სიმტკიცის შესუსტებას. აქედან გამომდინარე გზის ზედაპირი, სადაც გამოყენებულია აღნიშნული შემკვრელები დაფარული უნდა იყოს სპეციალური საფარით, რომელიც არ დაუშვებს მასალიდან ამგვარი აორთქლების პროცესს, განსაკუთრებით მისი გამყარების საწყის ეტაპზე.

ორგანული შემკვრელი მასალების სტრუქტურა ფორმირებას განიცდის ნარევის გამყარების პროცესში, რომლის ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორი არის ნარევის ტემპერატურა. აღნიშნულ ნარევებში შედარებით სუსტი რგოლი არის წყლის აფსკი, მისი გახლეჩვა ართულებს ნარევის დატკეპნას. ნარევეში ბლანტი ბიტუმის არსებობა არათუ ხელს უშლის აღნიშნულ ნეგატიურ მოვლენას, პირიქით შესაძლებელია წყლის დამატებითი რაოდენობის გამოყენება, მისი ხელმეორედ არევა და ნარევის დატკეპნა. ნარევის გამყარების პროცესზე მნიშვნელოვნად მოქმედებს გზის საფარის მშენებლობის დასრულების

შემდგომ ავტოტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად გამოწვეული დინამიური დატვირთვები.

ქიმიური და მინერალოგიური ფაქტორების გარდა მასალის სიმტკიცეზე მოქმედებს ტექნოლოგიური ფაქტორები, რომლის ეფექტური გამოყენება საშუალებას გვაძლევს ვმართოთ ის პროცესები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საჭირო სიმტკიცის სტრუქტურის წარმოქმნას. ასფალტგრანულობეტონის მისაღებად ტექნოლოგიური პროცესი ისე უნდა წარიმართოს, რომ ნარევე მექანიკური ზემოქმედება დამთავრებული იყოს მისი დამზადების მომენტიდან გამკვრივებამდე ანუ კრისტალური სტრუქტურის წარმოქმნამდე. ქვემოთ ნაჩვენებია ჩატარებული კვლევების შედეგები:

ცხრილი 1.

სიმტკიცის მაჩვენებელი ცემენტის რაოდენობის მიხედვით						
ცემენტის რაოდენობა %	2	2.5	3	3.5	4	4.5
7 დღის ხნოვანების	8.5	8.89	9.32	9.65	9.95	10.33
28 დღის ხნოვანების	10.83	11.21	11.51	11.64	11.74	11.93
სიმტკიცის მაჩვენებელი 7/28	0.78	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87

ცხრილი 2.

სიმტკიცის მაჩვენებელი ცემენტის რაოდენობის მიხედვით 3% ბიტუმის ემულსიის დანამატით						
ცემენტის რაოდენობა %	2	2.5	3	3.5	4	4.5
7 დღის ხნოვანების	2.29	2.31	2.61	3.06	3.18	3.25
28 დღის ხნოვანების	2.89	3.21	3.33	3.83	4.01	4.19

სიმტკიცის მაჩვენებელი 7/28	0.79	0.72	0.78	0.80	0.79	0.78
----------------------------	------	------	------	------	------	------

როგორც ცხრილებიდან ჩანს, პირველ შემთხვევაში ნიმუშის სიმტკიცე ცემენტის დამატებით განუხრელად იზრდება, ხოლო სიმტკიცის მაჩვენებელი 7/28 შეადგენს საშუალოდ 0,82-ს, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ მე-7 დღეს მიიღწევა საპროექტო სიმტკიცის 82%. რაც შეეხება მეორე შემთხვევას 3%-იანი ბიტუმის ემულსიის დამატებისას, ნიმუშის სიმტკიცე მნიშვნელოვნად იზრდება, ხოლო სიმტკიცის მაჩვენებელი 7/28 შეადგენს საშუალოდ 0,78-ს, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ მე-7 დღეს მიიღწევა საპროექტო სიმტკიცის 78%.

დასკვნა

1. აგბ-ის სიმტკიცის ფორმირებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ცემენტი, რაც დასტურდება ამ შემკვრელის შემცველი ნიმუშების სიმტკიცის ზრდის გახანგრძლივებული დროით. გარდა ამისა ცემენტის გამოყენება უზრუნველყოფს კოაგულაციური სტრუქტურის გრძელვადიან შენარჩუნებას, რაც ხელს უწყობს ტექნოლოგიური პარამეტრების გაუმჯობესებას.
2. თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე ირკვევა, რომ:
 - ცემენტის დამატება აუმჯობესებს საგზაო სამოსის სიმტკიცის მაჩვენებელს. ამასთან მე-7 დღეს მიიღწევა საპროექტო სიმტკიცის 82%.
 - სამოსის სიმტკიცე 3% ბიტუმის ემულსიის დამატებით იზრდება და მე-7 დღეს მიიღწევა საპროექტო სიმტკიცის 78%.

3. საჭირო თვისებების საგზაო საფარის მისაღებად აუცილებელია ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზება ისე, რომ ნარევის დატკეპნა დასრულდეს ინდუქციურ პერიოდში, რომლის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ნარევის რეცეპტზე და ჰაერის ტემპერატურაზე. სხვადასხვა კომპოზიციების ნარევის შეკავების მაქსიმალური დასაშვები დრო მერყეობს 3 -დან 8 -საათამდე.

ლიტერატურა

1. AASHTO guide for desing of pavement structures. 1993. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
2. A guide to the structural desing of bitumen-surfaced roads in tropical and sub-tropical countries. 1993. 4th Edition. Crowthorne, Berkshire: Transport Research Laboratory (TRL). (Overseas road note 31).
3. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог : учеб. для вузов : в 2 т. Т. 2 / А.П. Васильев. – М. : Академия, 2011.
4. ВСН 19-89. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 2010.
5. ГОСТ 11501-78. БИТУМЫ НЕФТЯНЫЕ. Метод определения глубины проникания иглы. [СТ СЭВ 3658-82]. Москва 2008.
6. ГОСТ 11505-75*. БИТУМЫ НЕФТЯНЫЕ Б. Метод определения растяжимости. ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ. Москва 2008.
7. Federal Highway Administration. (2001b). Reclaimed Asphalt Pavement User Guideline: Asphalt Concrete (Cold Recycling). Web page on the Turner-Fairbanks Highway Research Center web site. <http://www.tfhrc.gov/hnr20/recycle/waste/rap133.htm>. Accessed 16 October 2001.
8. Christopher Blades, Edward Kearney, Gary Nelson - Asphalt Paving Principles – New York LTAP Center – May 2018
9. P.S. Kandhal. Asphalt Cold Recycling Technology in Pennsylvania, AAPT

Proceedings, Vol. 53, Association of Asphalt Paving Technologists, Minneapolis, MN, 2014.

10. J.A. Epps. Cold-Recycled Bituminous Concrete Using Bituminous Materials, In NCHRP Synthesis of Highway Practice 160, TRB, National Research Council, Washington, DC, 2010.

ბეტონის სამუშაოები, ბეტონის სამუშაოების მიღება- მონიტორინგი

მაგისტრანტი ვახტანგ ჯოჯუა I კურსი, ჯგ. 122231
vakhtangoplatadze@gmail.com ტელ: +995 555197019
ხელმძღვანელი პროფესორი ნინო მსხილაძე
n.mskhiladze@gtu.ge ტელ: +995 599973138

ანოტაცია

უკანასკნელ წლებში შენობა-ნაგებობების ასაწყობი კონსტრუქციებით მშენებლობა საგრძნობლად შეცვალა მონოლითური ბეტონითა და რკინაბეტონით მშენებლობამ. რკინაბეტონის გამოყენებამ მშენებლობაში მკვეთრად შეამცირა მასალების ხარჯი, გაზარდა შრომის ნაყოფიერება, შემცირდა შენობების და ნაგებობების აგების ხანგრძლივობა. ბეტონი და რკინაბეტონი ფართოდ გამოიყენება საცხოვრებელი და საწარმოო, საზოგადოებრივი დანიშნულების და სხვა ნაგებობების მშენებლობაში.

საკვანძო სიტყვები: ბეტონი, კონსტრუქცია, ყალიბი, კონსტრუქციების დაბეტონება.

Annotation

In recent years, construction of buildings with prefabricated constructions has been significantly replaced by construction with monolithic concrete and reinforced concrete. The use of reinforced concrete in construction has dramatically reduced the cost of materials, increased labor productivity, and reduced the duration of construction of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete are widely used in the construction of residential and industrial, public and other buildings.

Key words: Concrete, construction, mold, concreting of constructions.

შესავალი

მონოლითური მშენებლობა მიმდინარეობს ზუსტად დამუშავებული სქემით. საწარმოო პროცესი პრაქტიკულად სამშენებლო მოედანზეა გადატანილი და უფრო მოკლე ვადებში მიმდინარეობს; მონოლითურ შენობებს არ გააჩნიათ ნაკერები – შესაძლებელია დაგეგმარება დიდი მასშტაბით და საჭირო სიმაღლის ჭერით. ნებისმიერი მრუდხაზოვანი ფორმების შექმნის შესაძლებლობა აფართოებს არქიტექტურულ გადაწყვეტილების ნაირგვარობას.

ძირითადი ნაწილი

მონოლითური შენობა უფრო მდგრადია ტექნოლოგიური და გარემოს სხვა არასასურველი ფაქტორებისადმი, უფრო სეისმედგია. კონსტრუქციების განსაკუთრებული სიხისტე და სიმტკიცე მონოლითს ხდის უფრო უსაფრთხოს სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში პორტლანდცემენტის მიღების და საწარმოო ათვისების, რკინაბეტონის შექმნის შემდეგ მშენებლობაში ფართოდ დაინერგა ბეტონის და რკინაბეტონის გამოყენება.

გრუნტის ბუნებრივი ჯდენისას მონოლითური კონსტრუქცია იწვევს სახლის თანაბარ ჯდენას, გადაანაწილებს დატვირთვას და აღკვეთავს ბზარების წარმოქმნას, ადგილი არა აქვს ტენიანობის საშიშ ზემოქმედებას კონსტრუქციაზე, მცირდება დატვირთვა საძირკველზე, მონოლითური შენობები აგურისაზე 1,5-2%-ით მსუბუქია. არსებითად მცირდება კედლებისა და გადახურვის სისქე, ამის გამო მცირდება დატვირთვა საძირკველზე, რასაც მივყავართ მის მოწყობაზე დანახარჯების შემცირებამდე.

მონოლითური შენობები ერთ-ერთი საიმედო და ხანმედეგია. მათი ექსპლუატაციის ვადა არანაკლებ 200 წელია, დადებით მხარეს წარმოადგენს აგრეთვე კარგი ბგერაიზოლაცია.

ბეტონი ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვანი მასალაა მშენებლობაში. ბეტონით არის აგებული ეგვიპტის გალერეის ლაბირინთები 3 600 წლის წინ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე, ჩინეთის დიდი კედლის ნაწილი III საუკუნეში ჩვენს წელთაღრიცხვამდე, ინდოეთის, ძველი რომის და სხვა ქვეყნების ისტორიული ნაგებობები.

შენობა-ნაგებობის ასაგებად შრომატევადობის დანახარჯები ძირითადად მოდის ბეტონის ნარევის მომზადებაზე, ტრანსპორტირებაზე, სამუშაო ადგილზე მიწოდებაზე, განაწილებაზე და კონსტრუქციებში ჩაწყობაზე.

აქედან გამომდინარე სამუშაოთა ეფექტურობა შეიძლება მიღწეულ იქნას ბეტონის ნარევის ქარხანაში დამზადებით ავტომატიზებულ ბეტონმრეც დანადგარებში, ქიმიური დანამატების გამოყენებით.

მონოლითური შენობების კონსტრუქციების ასაგებად იყენებენ მძიმე, მსუბუქ და სპეციალურ ბეტონებს.

დანიშნულების მიხედვით განასხვავებენ ბეტონებს, რომლითაც აწარმოებენ მზიდი და შემომზღუდავი კონსტრუქციების ასაგებად და რომელთაც არ გააჩნიათ თბოიზოლაციო ფუნქციები, ასევე იყენებენ სპეციალურ ბეტონს.

ბეტონის თვისებები განისაზღვრება სტრუქტურული შედგენილობის, გამოყენებული მასალების რაოდენობრივი ფარდობით, ტექნოლოგიური ფაქტორებით, ბეტონის სტრუქტურული აგებულებით, პლასტიურობით ან ფორიანობით.

კონსტრუქციების დაბეტონება საპასუხისმგებლო და მნიშვნელოვანი პროცესია. დაბეტონებისას უნდა გათვალისწინებული იქნას დასაბეტონებელი კონსტრუქციის სახეობა, სეზონურობა, გარემო ტემპერატურა, ჰაერის ტენიანობა და სხვა მნიშვნელოვანი ფაქტორები. ბეტონირება აუცილებლად უნდა მიმდინარეობდეს სამ ეტაპად, განუწყვეტლივ, დღე-ღამის განმავლობაში. მონოლითური კონსტრუქციის მდგრადობისათვის სასურველია უწყვეტი დაბეტონება. მაგრამ ხშირად ამის საშუალება არ არის. ამისათვის საჭიროა მოეწყოს მუშა ნაკერები, რომელიც უზრუნველყოს ბეტონსა და ახალ ჩაწყობილ ბეტონს შორის შეჭიდულობას.

დაბეტონებამდე აუცილებელია მოხდეს ყალიბებზე გეომეტრიული ზომების, ძირითადი ნიშნულების და ვერტიკალობის შემოწმება. ლითონის ყალიბების ზედაპირები უნდა დაიფაროს ზეთით, ხოლო რკინაბეტონის და არმოცემენტის ყალიბების ზედაპირები უნდა დასველდეს წყლით, რათა არ მოხდეს ჩასაწყობი ბეტონის ნარევიდან წყლის შთანთქმა. გლუვი ზედაპირების მქონე ხის ყალიბები უნდა დასველდეს წყლით, ხოლო თუ ხაოიანი ზედაპირი, აუცილებელია დამუშავდეს ნამუშევარი ზეთით. აგრეთვე მნიშვნელოვანია დაყენების სისწორე, გამაგრების საიმედოობა, დამცველი შრის უზრუნველყოფა და ტემპერატურის განკონტროლება.

კონსტრუქციული ელემენტების დაბეტონება დამოკიდებულია კონსტრუქციის კვეთებზე და ზომებზე, არმირების ხარისხზე, ყალიბის სახეზე, ბეტონის მიწოდების და შემკვრივების მეთოდზე. ყველაზე მეტად გავრცელებულია დაბეტონების 30-60 სმ შრეებად და სიღრმითი ვიბრატორებით შემკვრივება.

ყალიბის დემონტაჟი შესაძლებელია, როცა ჩაწყობილი ბეტონის

სიმტკიცე მიაღწევს არა ნაკლებ 1 მპა-ს.

რკინაბეტონის კედლის ბეტონირებისას გამოიყენება ბეტონი 8-14 სმ კონუსის ჯდენით. 0,5 მ-ისა და მეტი სისქის კედლებს, სუსტი არმირებით, აბეტონებენ 6-8 სმ კონუსის ჯდენის ბეტონის ნარევით, 25 მ-ზე მეტი სიგრძის კედელს ყოფენ 8-10 მ-იან მონაზომებად და მათ შორის აყენებენ გამყოფ ყალიბებს. ბეტონის ნარევს აწოდებენ ყალიბის რამდენიმე წერტილში ბადიით, ვიბროლარებით ან ბეტონტუმბოებით.

გადახურვის ფილების დაბეტონება წარმოებს მთელ სიგრძეზე, აუცილებელი ვიბრირებით. 20 მ-ზე ნაკლები სიგრძის თაღებისა და კამარების დაბეტონებას აწარმოებენ ერთდროულად ორივე მხრიდან, ხოლო 20 მ-ზე მეტი სიგრძისას- ცალკეულ უბნებად-მონაზომებად. კოჭებისა და გადახურვის ფილების დაბეტონება, რომლებიც დაკავშირებულია სვეტებთან და კედლებთან, წარმოებს ერთდროულად სვეტების და კედლების დაბეტონებიდან 1-2 სთ-ის შემდეგ.

ბეტონის ნარევი ისე უნდა ჩავაწყოთ კონსტრუქციაში, რომ ვუზრუნველყოთ ბეტონის საპროექტო ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები და ერთგვაროვნება, სათანადო კავშირი არმატურასა და ჩასატანებელ დეტალებთან და ყალიბის სრული შევსება.

ბეტონის ჩაწყობის სამი ძირითადი წესი არსებობს. ესენია: ჩაწყობა დატკეპნით, ჩამოსხმით (სუპერ-პლასტიფიკატორიანი ბეტონი) და წნევით.

ბეტონის მოვლის პირობები და ყალიბის მოხსნის ვადები განსაზღვრულია სამშენებლო წარმოების პროექტის მიხედვით. ბეტონის სიმტკიცის დასადგენად კუმშვაზე დაბეტონების ადგილზე ვიღებთ მინიმუმ 3 ერთნაირ საკონტროლო ნიმუშს სპეციალურ ფორმებში ზომებით 1,5×1,5×1,5 სმ.

ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების ხარისხი განისაზღვრება გამოყენებული მასალების ხარისხითა და რეგლამენტირებული ტექნოლოგიის დაცვით. ამიტომ კონტროლი საჭიროა როგორც ბეტონის მომზადების, ტრანსპორტირების და ჩაწყობის დროს, ასევე ბეტონის გამაგრების პერიოდში. ყველა მასალა რომელიც ბეტონშია გამოყენებული უნდა პასუხობდეს სახელმწიფო სტანდარტის მოთხოვნებს.

ბეტონის სიმტკიცის განსაზღვრის შედეგებზე მოქმედებს მრავალი ფაქტორი. ერთი და იგივე ნარევისაგან დამზადებული ნიმუშებიც კი, რომლებიც გამყარებულია ერთნაირ პირობებში, შეიძლება მოგვცეს განსხვავებული სიმტკიცე. ამისათვის საკონტროლო ნიმუშების აღებისას საჭიროა დავიცვათ ყველა წესი ზუსტი თანმიმდევრობით.



სურ.1 ბეტონის სიმტკიცის განსაზღვრა კუმშვაზე მრღვევი მეთოდით
(ბეტონის კუბი კვეთით 15X15X15)



სურ.2 ბეტონის სიმტკიცის განსაზღვრა ურღვევი მეთოდით
(1. დარტყმით-ომპულსური მეთოდი 2. ულტრაბგერითი მეთოდი)

დასკვნა

მონოლითური მშენებლობა ნებისმიერი ფორმის და ზომის შენობებისა და ნაგებობების აგების საშუალებას იძლევა. მონოლითური მშენებლობისას კონსტრუქციების დაბეტონება საპასუხისმგებლო და მნიშვნელოვანი პროცესია. დაბეტონებისას უნდა გათვალისწინებული იქნას დასაბეტონებელი კონსტრუქციის სახეობა, სეზონურობა, გარემო ტემპერატურა, ჰაერის ტენიანობა და სხვა მნიშვნელოვანი ფაქტორები. ბეტონირებისას საჭიროა შესრულდეს ორი ძირითადი პირობა: ყალიბში ჩალაგებული ბეტონის დაყოვნების დრო ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$) და ტენიანობის რეჟიმი. დავიცვათ გამაგრების პროცესში მყოფი ბეტონი დარტყმებისაგან და მექანიკური რყევებისაგან. ბეტონის მოვლის პირობები და ყალიბის მოხსნის ვადები განსაზღვრულია სამშენებლო წარმოების პროექტის მიხედვით.

ლიტერატურა

1. ი. ქვარაია, ი. ირემაშვილი, ნ. მსხილაძე. სამშენებლო წარმოების ტექნოლოგია თბილისი, სტუ, 2019 წ
2. ა. ჩიქოვანი. ბეტონის ტექნოლოგია. თბილისი, სტუ, 2015 წ.
3. შ. ბაქანიძე, რ. მახვილაძე. ტექნიკური ზედამხედველობა და შრომის უსაფრთხოება მშენებლობაზე. თბილისი, სტუ, 2015 წ

Leak Detection and Localization – Correlation method on Cast Iron and Plastic Pipes.

M.Eng. Kamil Świętochowski¹

CEO at BIURO INŻYNIERSKIE WODNIK Kamil Świętochowski, Białystok, Poland

PhD student at Białystok University of Technology, Poland

¹ Department of Water Supply and Sewerage Systems, Faculty of Civil Engineering and Environmental Sciences, Białystok University of Technology, 15-351 Białystok, Poland,

br@biwodnik.pl ORCID: 0000-0003-0541-6745

Prof. Izabela Bartkowska

Dyrektor Instytutu Inżynierii Środowiska i Energetyki na Wydziale
Budownictwa i Nauk o Środowisku Politechniki Białostockiej

Introduction

The basic tool for managing water resources in the water supply system is the water balance table developed by a team of IWA specialists (Lambert and Hirner 2000). The authors of the method will divide the Input Volume System into two parts: the Authorized Consumption and the Water Losses. The Authorized Consumption consists of the Billed Authorized Consumption, i.e. the Revenue Water and the Unbilled Authorized Consumption. The Water Losses are divided into the Apparent Losses and the Real Losses (Table 1). The Water Losses and the Unbilled Authorized Consumption create the Non-Revenue Water. Only the water we sell to customers by measuring it on a water meter creates the Revenue Water. All measurement and billing errors, inaccuracy of measuring devices, thefts, leaks from pipes and tanks constitute loss, i.e. the Non-Revenue Water (Farley and in. 2008).

When taking care of our planet's water resources, we should make every economically

justifiable effort to ensure that the value of the Non-Revenue Water is as low as possible, and especially so that the volume of real losses is as low as possible (Farley and in. 2008). Real losses are the actual loss of water from the water supply system. Water collected from underground intakes (resources that are difficult to renew) must be protected as best as possible, i.e. real losses must be reduced. The Unbilled Authorized Consumption is water consumption, but unmeasured (we do not know its amount), apparent losses are measurement errors or water theft, but it is still water consumption of unknown quantity.

The most common damages to water pipes include (Berger and Ways 2003):

- transverse crack,
- longitudinal crack,
- spiral crack,
- corrosion pits,
- holes,
- separation of the socket connection,
- damage (fracture) of the calyx,
- damage to the weld,
- damage (bad workmanship) of the weld using connectors.

The sum of water leaks from the distribution system consists of three main groups:

- a) Reported bursts - leaks that are visible or their effects are visible to residents, their period of occurrence is short, they are usually failures with a high flow rate from the water supply pipe, their repair is usually a priority and is economically justified (Chyuan 2007),
- b) Unreported bursts - these are leaks that are not visible on the earth's surface, they are failures with different water outflow intensity, they are detected by monitoring systems or during acoustic tests of network tightness, they most often have a long life (from the moment of creation to repair) , their repair is economically justified (Chyuan 2007).
- c) Background leakage – these are very small leaks that are difficult to detect and locate,

and the costs associated with their detection and repair are economically unjustified (Chyuan 2007)

In order to reduce real losses, specialists from all over the world have developed many methods, programs and tools.

Table 1. IWA Water Balance (Lambert and Hirner 2000)

A	B	C	D	E
System Input Volume [m ³ /year]	Authorized Consumption [m ³ /year]	Billed Authorised Consumption [m ³ /year]	Billed Metered Consumption (including water exported)	Revenue Water [m ³ /year]
			Billed Unmetered Consumption	
		Unbilled Authorised Consumption [m ³ /year]	Unbilled Metered Consumption	Non-Revenue Water [m ³ /year]
			Unbilled Unmetered Consumption	
	Water Losses [m ³ /year]	Apparent Losses [m ³ /year]	Unauthorised Consumption	
			Metering Errors	
		Real Losses [m ³ /year]	Leakage on Transmission or/and distribution pipes	
			Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks	
			Leakage on Service Connections up to the measurement point	

Leak detection methods

The priority in reducing the amount of wasted water is to detect the leak as soon as

possible (Hamilton and Charalambous 2020). Leak detection time is usually the longest element of the failure repair process. Troubleshooting consists of:

1. The period from when a leak occurs until you notice that there is a water leak somewhere.
2. The period of searching and locating the leak
3. The repair period for a localized leak

Therefore, the sooner we discover that the pipe is damaged, the less water will turn into real losses. The most popular methods include (Misiunas 2008):

- Minimal Night Flow – recording a flow chart during the day with priority checking of the flow value during hours of low water consumption (usually around 1-3 a.m.) and comparing changes with the previous day (Verde and in. 2014)
- Water balance in District Meter Area – comparison of the value of water injected into the measurement zone at border points with the sum of water sales registered on water meters (Verde and in. 2014)
- Surface observation – the cheapest and most common method of observing the ground surface and noticing anomalies in the form of reported bursts (Berger and Ways 2003)
- Pressure monitoring - a method involving the installation of many pressure sensors in the water supply network and observing pressure changes on a graph - when a failure occurs, the pressure drops rapidly near the failure site in relation to the period of normal water consumption, this method is difficult to use and expensive (Thornton, Sturm, and Kunkel 2008)
- Noise loggers monitoring – one of the best leak detection methods, thanks to the use of noise loggers that measure noise at night (Usually 1-3 q of the night), the leak is located in the area of the logger that registered the highest noise index (the sound caused by the leaking water). pressurized water from the pipe to the ground) (Hamilton and Charalambous 2020).

Leak localization methods

After the leak detection stage, there is a period of leak location, i.e., precise indication of the location of the failure. The precise location of the failure is intended to limit the effects of the leak and minimize the costs of work to remove the failure. This is very necessary, especially in urbanized areas with dense underground infrastructure or in an area that requires costly surface restoration works (road roads). The precise location of the leak reduces the scope and time of renovation works. The most popular methods of locating leaks include acoustic and non-acoustic methods.

Acoustic leak detection methods are divided into:

- Leak noise correlation
- Listening stick
- Geophone listening

When detecting leaks using listening stick, all available fittings located in the water supply network are used. The points where the noise level is measured are places such as linear and house gate valves or hydrants (Berger and Ways 2003). The accuracy of determining the place/section where a leak is possible is determined by the density of measurement points. The operator listens to each point of the network. From each measurement, the operator receives the result in a graphic form (e.g., a bar chart, the result as a number on the device screen) and hears a sound, which in some devices can be saved to the device's internal memory. The probable leak is located at or near the place where the noise/sound value was the highest during the entire series of measurements (Berger and Ways 2003; Hamilton and Charalambous 2020)

Conducting measurements using a ground microphone gives better results because the measurement is not only carried out by connecting the sensor to an element of the water supply network but is carried out over the water supply pipe by placing the microphone on the ground/grass/sidewalk/road. Thanks to this, the result of detecting or locating the leak site does not depend on the availability and distance of the water supply system (Berger and Ways 2003; Hamilton and Charalambous 2020)

Leak noise correlation

Leakage noise correlation involves measuring the sounds propagating in a water pipe between two measurement points. Noise may come from the point of water leakage through a leak and any background noise, e.g. traffic (Chyuan 2007). The sensors record the frequency and arrival time of the noise. Based on the information provided about the length of the section, the pipe material and the pipe diameter, the software compares the arrival time of individual noises and indicates the common point from which the loudest of the measured sounds comes. This information is visible as the highest peak and indicates the probable location of the leak (Świętochowski 2017a).

Non-acoustic methods are divided into applications:

- In-line inspection
- Gas methods

In-line inspection is mainly used to detect and locate leaks in transit and main networks with large diameters. These methods are very accurate because the devices are located in the middle of the pipe and are closest to the source, i.e., the leak. The advantages of these methods include the fact that they usually do not cause disruptions to street traffic (Atef 2010). An important advantage is also the fact that due to the very close distance of the device to the leak and its precise location, interference in the operation of the network during earthworks is greatly limited, i.e. the excavation area and the duration of earthworks are reduced (Thornton, Sturm, and Kunkel 2008; Hamilton and Charalambous 2020).

Tracer gas is used to locate the leak in very difficult conditions due to very high noise, lack of sufficient access to the pipe reinforcement, large pipe diameters, and pipes made of materials with poor sound wave propagation (Guillaume 2012). When locating the leak site, appropriate sensors are used (most often hydrogen sensors) and appropriate gas mixtures injected into the pipe through a hydrant or an appropriate valve on the connection (Harris 2019). The tracer gas is most often a mixture of nitrogen and hydrogen in a ratio of 95% nitrogen and 5% hydrogen. Due to its explosive properties,

hydrogen is mixed with nitrogen in appropriate proportions to eliminate the risk of explosion. Due to its properties, the tracer gas quickly penetrates the ground and ground surface, e.g. concrete or asphalt, to the surface, where its concentration is measured by sensors (Parrot and Thornton 2003). The place with the highest concentration of tracer gas is located closest to the leak site. Even small leaks can be detected using the tracer gas measurement method. The problem when using tracer gas is to ensure the appropriate amount of gas needed to fill the empty pipe and the reserve associated with the gas outflow through the leak (Hamilton and Charalambous 2020)

Materials and Methods

The research was carried out using the Eureka 5 digital correlator from Ovarro Ltd („www.ovarro.com). The correlator was equipped with hydrophone sensors (invasive measurement method) and piezoelectric accelerometers (non-invasive measurement method). Hydrophone sensors were installed on hydrants using special adapters and flooded with water. Piezoelectric accelerometers were mounted on gate valves using magnets.

The distances between the sensors were:

- 50 m
- 100 m
- 200 m

Measurements performed on a water supply network made of gray cast iron, PE or PVC pipes with diameters from 100 mm to 315 mm. Each measurement consisted of a series of 3 noise listens and leak noise correlations in the correlator central unit. Measurements were made in two water supply systems in southwestern Poland (Lower Silesian Voivodeship).

Results and Discussion

Results – 50 m

The results obtained in tests carried out on 50 m sections between the correlator sensors are presented in the table. The correlation of leak noise using hydrophone sensors

resulted in the location of leakage in each of the tested sections of cast iron, PVC and PE pipes. The correlation of leak noise using piezoelectric accelerometers was successful on sections made of gray cast iron - diameters 100 mm, 150 mm and 200 mm, PV - diameters 110 mm and 160 mm, and PE - 110 mm. In the case of pipes made of 160 mm and 315 mm PE pipes, no correlation result could be obtained. The achieved results are consistent with the recommendations presented for the use of leak locating devices described by Hamilton (Hamilton and Charalambous 2020).

Table. 2. Measurement results at a distance of 50 m

Pipe material	Grey cast iron			PVC		PE		
Pipe diameter	100	150	200	110	160	110	160	315
Accelerometers+	+	+	+	+	+	+	-	-
Hydrophone	+	+	+	+	+	+	+	+

Results – 100 m

The results obtained in tests carried out on 100 m sections between the correlator sensors are presented in the table. The correlation of leak noise using hydrophone sensors resulted in the location of leakage in each of the tested sections of cast iron, PVC and PE pipes. The correlation of leak noise using piezoelectric accelerometers was successful on sections made of gray cast iron - diameters 100 mm, 150 mm, and 200 mm. In the case of pipes made of 110 mm, 160 mm and 315 mm PE pipes, no correlation result could be obtained. Similarly, in the case of 110 mm and 160 mm PVC pipes, no correlation result could be obtained. The achieved results are consistent with the recommendations presented for the use of leak locating devices described by Hamilton (Hamilton and Charalambous 2020).

Table. 3. Measurement results at a distance of 100 m

Pipe material	Grey cast iron			PVC		PE		
Pipe diameter	100	150	200	110	160	110	160	315
Accelerometers+	+	+	+	-	-	-	-	-

Hydrophone	+	+	+	+	+	+	+	+
------------	---	---	---	---	---	---	---	---

Results – 200 m

The results obtained in tests carried out on 200 m sections between the correlator sensors are presented in the table. The correlation of leak noise using hydrophone sensors resulted in the location of leakage in each of the tested sections of cast iron, PVC and PE pipes. The correlation of leak noise using piezoelectric accelerometers was successful on sections made of gray cast iron - diameters 100 mm, 150 mm and 200 mm. In the case of pipes made of 110 mm, 160 mm and 315 mm PE pipes, no correlation result could be obtained. Similarly, in the case of 110 mm and 160 mm PVC pipes, no correlation result could be obtained. The achieved results are consistent with the recommendations presented for the use of leak locating devices described by Hamilton (Hamilton and Charalambous 2020).

Table. 4. Measurement results at a distance of 200 m

Pipe material	Grey cast iron			PVC		PE		
Pipe diameter	100	150	200	110	160	110	160	315
Accelerometers	+	+	+	-	-	-	-	-
Hydrophone	+	+	+	+	+	+	+	+

Conclusions

The obtained leakage noise correlation results are consistent with those reported in the literature (Hamilton and Charalambous 2020; Gwoździej-Mazur and Świętochowski 2017; Świętochowski 2017b). They confirm the effectiveness of the use of hydrophone sensors in locating leaks from water pipes on short sections (50 m) and long sections (200 m) between the sensors. The obtained results also confirm the usefulness of using piezoelectric accelerometers in correlating leakage noise for pipes made of gray cast iron. As expected, the correlation of leakage noise over 100 m or 200 m between sensors did not allow for effective localization using piezoelectric accelerometers. Effective correlation was achieved over a distance of 50 m between sensors for a 110 mm PVC

cable.

Based on the literature and the results obtained, the following conclusions are presented:

- The best leak detection results can be obtained with short distances between the sensors.
- Accelerometers give good results on cast iron pipes.
- On plastic pipes, leak detection is possible using hydrophone sensors.

References

1. Atef, Ahmed. 2010. „Optimal Condition Assessment Policies for Water and Sewers Infrastructures”. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1962.0324>.
2. Berger, Marcin, and M Ways. 2003. *Poszukiwania przecieków sieci wodociągowych. Poradnik*. Warszawa: Wydawnictwo „Seidel-Przywecki” Sp. z o. o.
3. Chyuan, H.J. 2007. „Leak detection and localization in water distribution network by acoustic method”. Malezja: Faculty of Civil Engineering Universiti Teknologi Malaysia.
4. „Eureka | Leak Noise Loggers | Monitoring and Control | Ovarro | Global”. 26.06.2023. <https://ovarro.com/en/global/solutions/monitoring--control-devices/data-loggers--leak-noise-loggers/leak-noise-loggers--correlators/eureka/>.
5. Farley, Malcolm, Gary Wyeth, Zainuddin Bin Md. Ghazali, Arie Istandar, and Sher Singh. 2008. *The Manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses*. Waszyngton DC, USA: United States Agency for International Developing and Ranhill Utilities.
6. Guillaume, J.-P. 2012. „The leak detection tracer gas”, 83–87.
7. Gwoździej-Mazur, J., and K. Świętochowski. 2017. „Porównanie skuteczności lokalizacji wycieku wody multikorelatorem wyposażonym w akcelerometry piezoelektryczne and czujniki hydrofonowe”. *Instal*, nr nr 1: 56–59.

8. Hamilton, Stuart, and Bambos Charalambous. 2020. *Leak Detection: Technology and Implementation*. 2. wyd. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781789060850>.
9. Harris, I. 2019. „Pipeline leak detection using tracer compounds and sledding techniques”. W , 695–98. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064765386&partnerID=40&md5=b82a38013ad4402b9b6add7915fc835d>.
10. Lambert, Allan, and Wolfram Hirner. 2000. *Losses from Water Supply Systems: Astandard Terminology and Recommended Performance Measures*. IWA.
11. Misiunas, Dalius. 2008. „Failure Monitoring and Asset Condition Assessment in Water Supply Systems”. *7th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2008 - Conference Proceedings*.
12. Parrot, R.W., and H. Thornton. 2003. „Proprietary tracer gas hydro-test leak detection system saves time, money” 230 (marzec): 75–76.
13. Świętochowski, K. 2017a. „Korelacja szumu wycieku : przegląd zagadnienia and urządzeń”. *Technologia Wody* Nr 5 (55). <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-ee32c3aa-3406-44ee-9e3a-68e1ccdfb4f5>.
14. ———. 2017b. „Lokalizacja wycieku w przewodach wodociągowych wykonanych z tworzyw sztucznych”. *Gaz, Woda and Technika Sanitarna* Nr 6. <https://doi.org/10.15199/17.2017.6.2>.
15. Thornton, Julian, Reinhard Sturm, and George Kunkel, red. 2008. *Water Loss Control*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071499187>.
16. Verde, D., E. Cima, M. Ferrante, B. Brunone, and S. Meniconi. 2014. „The Dependence of District Minimum Night Flow on Pressure Head: The Case Study of Lenola”. *16th Water Distribution System Analysis Conference, WDSA201489* (styczeń): 1224–30. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.424>.

გადაეცა წარმოებას 13.03.2023. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
17.10.2023. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი ქაღალდი
31,5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent