

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნატალია კუპატაძე

**რკინიგზის დაპროექტების ზოგიერთი თავისებურებანი რთულ  
მთიან პირობებში**

სპეციალობა 05 “რკინიგზების მშენებლობა”

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის

**ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი**

თბილისი 2011 წ.

სადისერტაციო ნაშრომში შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის რკინიგზების მშენებლობის №60 მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი სრული პროფესორი ე. მოისწრაფიშვილი.

- რეცენზენტები: 1.  
2.

დისერტაციის დაცვა შედგება 2011 წლის . . . . .  
საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და  
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის . . . . .  
კოლეგიის სხდომაზე.

მისამართი: 0175 ქ. თბილისი, მ. კოსტავას ქ. №68 I კორპუსი აუდიტორია №.  
დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ცენტრალურ სამეცნიერო ბიბლიოთეკაში  
ავტორეფერატი დაიგზავნა 2011 წ. . . . .

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული  
მდივანი  
ასოცირებული პროფესორი

რ. ველიჯანაშვილი

## სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

### სამუშაოს აქტუალობა

განსხვავებით იოლი რელიეფისაგან რთული რელიეფის პირობებში რკინიგზების დაპროექტება ხასიათდება მთელი რიგი თავისებურებებით. მთიან პირობებში უმეტეს შემთხვევაში გვხვდება ციცაბო ქანობიანი მონაკვეთები, სადაც გრძივი პროფილის ქანობი აღწევს 30÷35‰, ხოლო წრიული მრუდის რადიუსი შეადგენს 300-200 მ-ს.

რკინიგზების დაპროექტებისას შემადგენლობის საანგარიშო წონის დადგენა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მომენტი. ვინაიდან მატარებლის წონაზე ბევრად არის დამოკიდებული რკინიგზის ხაზის როგორც საექსპლუატაციო ასევე სამშენებლო ხარჯები.

მატარებლის საანგარიშო წონის დადგენას დიდი ყურადღება ექცევა აგრეთვე არსებული რკინიგზის ხაზის რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქციის დროს (მარაბდა-ახალქალაქის ხაზის) მთიან პირობებში შემადგენლობის საანგარიშო წონის დადგენისას აუცილებელია ლოკომოტივის სიმძლავრესთან ერთად გაითვალისწინოთ შემდეგი ფაქტორები: მცირერადიუსიან მრუდებში შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება, ელექტრული ძრავების გადახურება, ვაგონებს შორის გადასაბმელი მოწყობილობების სიმტკიცე, მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგების სიგრძე, რელსის თავის მდგომარეობა. ამ ფაქტორების გათვალისწინება მოგვცემს საშუალებას დავადგინოთ მატარებლის საანგარიშო წონა რთული რელიეფის პირობებში.

გრძელ დაღმართებზე ერთერთ ძირითად პრობლემად რჩება სატვირთო მატარებლების დამუხრუჭების საკითხი.

ბოლო პერიოდში საგრძნობლად გაუმჯობესდა მოძრავი შემადგენლობის სამუხრუჭო აღჭურვილობა, რამაც მოგვცა მატარებლების მოძრაობის სინქარების მნიშვნელოვნად გაზრდის საშუალება. ექსპლუატაციაში შემოვიდა აგრეთვე მძლავრი ტიპის ელმავლები და თბომავლები, რამაც მკვეთრად გაზარდა სატვირთო მატარებლების მოძრაობის სინქარები და წონები. მიუხედავად ამისა რთულ მთიან პირობებში, სადაც გვხვდება დიდქანობიანი დაძაბული უბნები, მატარებლების მოძრაობის სინქარები და მასები შეზღუდულია. მაგალითად სურამის უღელტეხილზე სატვირთო მატარებლის მაქსიმალური სინქარეა 40 კმ/სთ ხოლო მარაბდა-ახალქალაქის ხაზზე 35 კმ/სთ.

ციცაბო ქანობიან გრძელ დაღმართებზე მოსალოდნელია სამუხრუჭო ხუნდების გადახურება და საჰაერო მაგისტრალის დაშრება (ჰაერის წნევის

დაცემა ნორმაზე დაბლა). ასეთ უბნებზე აუცილებელია აგრეთვე ხუნდების მინიმალური სისქის დადგენა. ბოლო პერიოდში რკინიგზის მოძრავი შემადგენლობა აღიჭურვა კომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ხუნდებით. რამაც საშუალება მოგვცა მკვეთრად აგვემაღლებინა მოძრაობის სიჩქარეები. ამასთანავე კომპოზიციური მასალების ცუდი თბოგამტარობის გამო მკვეთრად იზრდება თვლის თბური დატვირთვა. ამის გამო აუცილებელია დავადგინოთ დადმართის მაქსიმალური სიგრძე იმ პირობით, რომ ხუნდების გახურების ტემპერატურამ არ გადააჭარბოს დადგენილ ნორმებს (350°). თანამედროვე მოძრავი შემადგენლობის მუხრუჭები აღჭურვილია ისეთი ჰაერგამანაწილებლებით, რომლებიც თეორიულად უშრეტნი არიან. მიუხედავად ამისა, ხანგრძლივი, უწყვეტი დამუხრუჭების დროს ციცაბო დადმართებზე მოსალოდნელია სამუხრუჭო მაგისტრალში, სამუხრუჭო ცილინდრებში და სამარაგო რეზერვუარებში ჰაერის წნევის დაცემა ნორმაზე დაბლა. ეს გარემოება განპირობებულია მრავალი ფაქტორებით, როგორცაა სამუხრუჭო მაგისტრალიდან ჰაერის გადინებით, დაბალი ტემპერატურით და სხვა.

ამ საკითხების შესწავლამ ბოლო პერიოდში ცნობილი მეცნიერების და პრაქტიკოსების დიდი დაინტერესება გამოიწვია, ეს საკითხები აქამდე დღის წესრიგში არ იდგა იმიტომ, რომ არსებული საბოლოო რკინიგზები ძველი ნორმებით იყო აშენებული სადაც დაძაბულ ქანობიანი მონაკვეთების სიგრძეები არ აღემატებოდა 7-9 კმ. უკანასკნელ ხანებში ფართო მასშტაბი მიეცა მთიანი რეგიონების ათვისებას და საჭირო გახდა ასეთ პირობებში რკინიგზის ხაზის დაპროექტება და მშენებლობა (ჩვენთან მარაბდა-კარწახის ხაზი).

მთავორიან რელიეფის პირობებში გაძნელებულია გამყოფი პუნქტების განლაგება და უმეტეს შემთხვევაში დაკავშირებულია ხაზის დაგრძელებასთან. ამიტომ დამპროექტებლები ცდილობენ გამყოფი პუნქტების რიცხვის შემცირებას (ორლიანდაგიან ხაზზე), რაც თავისთავად გამოიწვევს გადასარბენის სიგრძის გაზრდას (ნორმებით ორლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის გადასარბენის სიგრძე შეიძლება ავიღოთ 30 კმ-მდე) ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის გადასარბენის სიგრძე დამოკიდებულია გამტარუნარიანობაზე. მცირე გამტარუნარიანობის შემთხვევაში შესაძლებელია გადასარბენის სიგრძემ მიაღწიოს 10-15 კმ (მაგ: მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძე შეადგენს 15 კმ-ს).

ასეთ პირობებში აუცილებელია დაძაბულ ქანობიანი გადასარბენის სიგრძეების შემოწმება სატვირთო მატარებლების დამუხრუჭების პირობებით.

**დისერტაციის მიზანია.** რთულ მთიან პირობებში შემადგენლობის საანგარიშო წონის დადგენა, გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძის განსაზღვრა როგორც ერთლიანდაგიან აგრეთვე ორლიანდაგიანი რკინიგზებისათვის. მეთოდის შემუშავება გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დადგენისათვის, გამყოფი პუნქტების განლაგების ახალი სქემების დამუშავება.

აღნიშნული მიზნის რეალიზაციისათვის ნაშრომში დასმული და გადაწყვეტილი იქნა შემდეგი ძირითადი ამოცანები:

- შესწავლილ იქნა ის ძირითადი ფაქტორები რომლებიც გავლენას ახდენს მატარებლის საანგარიშო წონის დადგენაზე (შეჭიდულობის კოეფიციენტი თვალსა და რელს შორის, ძრავების გადახურება, ავტოგადასაბმელი მოწყობილობის სიმტკიცე).
- შესწავლილ იქნა გრძელ ციცაბო დაღმართებზე სამუხრუჭო ხუნდების გადახურება ცნობილი მეცნიერების მიერ შემოთავაზებული ფორმულების საშუალებით. მიღებული თეორიული შედეგები შეჯერებულ იქნა რეალურ ექსპლუატაციის პირობებში ჩატარებული ცდების შედეგებთან.
- შესწავლილ იქნა გრძელ დაღმართებზე საჰაერო მაგისტრალში წნევის ცვალებადობა სხვადასხვა მეცნიერების და პრაქტიკოსების მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტების მონაცემების საფუძველზე და დადგენილი იქნა დამუხრუჭების მაქსიმალური დრო ქანობებისაგან დამოკიდებულებით.
- შესწავლილ იქნა თუჯის ხუნდების ცვეთისაგან დამოკიდებულებით დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე.
- დამუშავებულ იქნა ელმავლის ძრავის გადახურების პირობებით დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე ძრავის საწყის ტემპერატურასთან დამოკიდებულებით.
- შემუშავებული იქნა მეთოდის დახმარებითაც შესაძლებელია გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დადგენა როგორც ერთლიანდაგიანი ასევე ორლიანდაგიანი რკინიგზებისათვის.
- შემოთავაზებულია სამთო რკინიგზებზე გამყოფი პუნქტების მოედნების განლაგების სქემები.

**სადისერტაციო თემის კვლევის მეთოდის** დაფუძნებულია იმ ფაქტორების გამოვლენა-შესწავლაზე, რომლებიც გავლენას ახდენენ მატარებლის საანგარიშო წონაზე სამთო რკინიგზებზე, გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დადგენაზე

მატარებლის დამუხრუჭების პირობებით, გამყოფი პუნქტების მოედნების ეფექტური სქემების შემუშავებაზე.

**ნაშრომის მეცნიერული სიახლე** გაანალიზებულია მატარებლის საანგარიშო წონაზე მოქმედი ის ფაქტორები რომელიც ახასიათებს სამთო რკინიგზებს, დადგენილია ამ ფაქტორების გათვალისწინებით სატვირთო მატარებლის წონები წვეის ძალისა და ქანობებისაგან დამოკიდებულებით.

- ცნობილი მეცნიერებისა და პრაქტიკოსების კვლევების გაანალიზებით დადგენილია ხუნდების გახურების ტემპერატურა, როგორც თუჯის ასევე კომპოზიციური ხუნდებისათვის.
- თეორიული ფორმულების გადამუშავების საფუძველზე დადგენილია დამოკიდებულება ხუნდის გახურების ტემპერატურასა და დაღმართის ქანობისა და სიგრძეზე დამოკიდებულებით.
- თეორიული კვლევის შედეგები საიმედოობის შემოწმების მიზნით შეჯერებულია ექსპლუატაციის პირობებში ჩატარებული ცდების მონაცემებთან.
- გაანალიზებულია გრძელ დაღმართებზე მატარებლების დამუხრუჭებისას სამუხრუჭო მაგისტრალში წნევის ცვალებადობა როგორც ექსპერიმენტალური ასევე ექსპლუატაციურ პირობებში სხვადასხვა დროს ჩატარებული ცდების შედეგებით დადგენილია დამუხრუჭების მაქსიმალური დრო გრძივი პროფილის ქანობისაგან დამოკიდებულებით.
- დადგენილია ელექტრული ძრავების გადახურების პირობით აღმართის მაქსიმალური სიგრძეების მნიშვნელობები.
- დამუშავებულია რთულ მთიან პირობებში გამყოფი პუნქტების განლაგების მეთოდოლოგია, რომელიც საშუალებას იძლევა გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დადგენისა როგორც ერთი ასევე ორლიანდაგიან რკინიგზებზე.
- შემოთავაზებულია გამყოფი პუნქტების მოედნების განლაგების სხვადასხვა სქემები, რომლებიც უზრუნველყოფს სამთო რკინიგზებზე მოძრაობის მეტ უსაფრთხოებას.

**დისერტაციის პრაქტიკული ღირებულება** დისერტაციაში გაანალიზებული და დამუშავებული ფაქტორების საფუძველზე შესაძლებელია სამთო

რკინიგზებზე სატვირთო მატარებლების საანგარიშო წონის ნორმის დადგენა, რაც ერთერთი მთავარი პარამეტრია რკინიგზების დაპროექტებისას.

დისერტაციაში დამუშავებული მეთოდის საშუალებით შესაძლებელია გამყოფი პუნქტების განლაგება ახალ რკინიგზებზე. შემოთავაზებული მეთოდიკით შეიძლება შემოწმდეს არსებულ რკინიგზის ხაზებზე გადასარბენის სიგრძე და მასზე მოძრაობის სიჩქარის ნორმები.

დისერტაციის შედეგების მიხედვით მოხდა მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე გამყოფი პუნქტების განლაგების კორექტირება. ერთერთ გადასარბენზე (თეთრი-წყარო-ნადარბაზევი), რომლის სიგრძე იყო 15 კმ და ქანობი 35‰ – ჩვენი რეკომენდაციით გაიხსნა დამატებითი ასაქცევი, რამაც გაზარდა ხაზის როგორც გამტარუნარიანობა ასევე აამაღლა მოძრაობის უსაფრთხოება.

### ნაშრომის აპრობაცია

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებულ და განხილულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 76-ე, 77-ე ღია ტექნიკურ კონფერენციებზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „რკინიგზის მშენებლობის“ №60 მიმართულების სხდომებზე (2009, 2010 წ.)

### პუბლიკაცია

დისერტაციის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 8 სამეცნიერო სტატია.

### ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა

დისერტაცია მოიცავს რეზიუმეს (ქართულ და ინგლისურ ენებზე), შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, შედეგებს და მათ განსჯას, დასკვნას, გამოქვეყნებული ლიტერატურის სიას. ნაშრომი წარმოდგენილია ნაბეჭდ გვერდზე, მათ შორისაა ცხრილი ნახაზი.

## ნაშრომის მოკლე შინაარსი

რეზიუმეში მოცემულია ნაშრომის შესრულების საფუძველზე მიღებული ძირითადი შედეგები და მათი პრაქტიკული ღირებულებები.

**შესავალში** დასაბუთებულია თემის აქტიურობა და მოკლედ არის გადმოცემული დისერტაციის არსი.

**ლიტერატურის მიმოხილვაში** მოცემულია რკინიგზის დაპროექტების ისეთი ძირითადი პარამეტრების შერჩევის განვითარების ისტორია, როგორცაა სატვირთო შემადგენლობის საანგარიშო წონის დადგენა, გამყოფი პუნქტების განლაგება.

არსებული ნორმებიდან გამომდინარე საანგარიშო წონის დადგენა ხდება ლოკომოტივის სიმძლავრის, ქანობის და მცირე რადიუსიან მრუდებში შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირების გათვალისწინებით. მთიან პირობებში რკინიგზის ხაზს ახასიათებს გრძივი ქანობი და მცირე რადიუსიანი მრუდები. ამ შემთხვევაში, როგორც ცნობილი მეცნიერებისა და პროექტიკოსების გამოკვლევებმა ცხადყვეს მოსალოდნელია შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება თვალსა და რელს შორის (ატმოსფერული კლიმატი, რელსის მდგომარეობა და სხვა). თანამედროვე ელმავლებისათვის შეჭიდულობის კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობად მიღებულია დაახლოებით 0.25. გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა რეალურად შეიძლება დაეცეს 0.15-0.18-მდე. გარდა ამისა ციცაბო ქანობიან აღმართებზე აუცილებელია ავტოგადასაბმელი მოწყობილობის სიმტკიცის მიხედვით შემოწმდეს მატარებლის წონა. ნაშრომში განხილულია გრძელ აღმართებზე ელექტრული ძრავების გადამეტხურების პირობების დადგენა და მის საფუძველზე მატარებლის საანგარიშო მასის კორექტირება. მიმოხილულია ახალ რკინიგზის ხაზზე გამყოფი პუნქტების განლაგების ნორმების განვითარება რკინიგზების მშენებლობის ჩასახვიდან დღემდე. მოყვანილია ცნობილი მეცნიერების ისეთების როგორცაა ა. კარნალსკი, ს. ორბელიანცი, გ. ჩერნომორდიკი, ა. იონესიანი, ნ. კარტაშოვა და სხვათა ნაშრომები გამყოფი პუნქტების განლაგების შესახებ. ზემოთ აღნიშნული მეცნიერების ყველა ნაშრომი ეხებოდა ახალ რკინიგზებზე გამყოფ პუნქტების განლაგებას შედარებით იოლი რელიეფის პირობებში, სადაც სახელმძღვანელო ქანობი არ აღემატებოდა 15‰.



ეს გარემოება გამოწვეული იყო იმით, რომ სამთო რკინიგზების საერთო წილი ყოფილ სსრკ-ში მთელი რკინიგზების 1% - არ აღემატებოდა.

მთიან პირობებში რკინიგზების დაპროექტებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას ციცაბო ქანობებზე მატარებლის მოძრაობის ისეთი თავისებურებანი როგორიცაა, ხუნდების გადახურება, საჰაერო მაგისტრალის დაშრეტა, ხუნდების ცვეთა, ელექტრული ძრავების გადახურება. გრძელ დაღმართებზე ავტომუხრუჭების მუშაობას გამოკვლევები მიუძღვნეს ისეთმა ცნობილმა მეცნიერებმა როგორიცაა: ვ. ინიზემცოვი, ვ. კრილოვი, ს. კაზარინოვი, პ.გრებენუკი.

ამ საკითხებით დაინტერესება ძირითადად საგრძნობი იყო გასული საუკუნის 70-იან წლებიდან როცა ფართო მასტაბით დაიწყო მთიანი რეგიონების ათვისება რკინიგზების მეშვეობით. საკმარისია მოვიყვანო „ტრანსკავკასიას“ რკინიგზის ხაზის პროექტი, ბამი, მარაბდა-ახალქალაქის და სხვა. არსებულ რკინიგზებზე, რომლებიც ძველი ნორმებით იყო აშენებული ეს პრობლემა აქტუალური არ იყო. საქმე ის გახლავთ, რომ გადასარბენის სიგრძე სამთო რკინიგზებზე არ აღემატებოდა 7-9 კმ, მოძრაობის სიჩქარეც დაბალი იყო. ახალი რკინიგზის ხაზის დაპროექტებამ და მშენებლობამ მთიან პირობებში დღის წესრიგში დააყენა მოძრაობის უსაფრთხოების საკითხი გრძელ დაღმართებზე. ამისათვის აუცილებელი შეიქმნა ხუნდების გადახურების ტემპერატურისა და მაგისტრალში წნევის ცვალებადობის შესწავლა გრძელ ციცაბო დაღმართებზე.

შედევებისა და მათი განსჯის პირველ თავში განხილულია სატვირთო მატარებლის საანგარიშო წონის დადგენა საანგარიშო რკინიგზებისათვის. პირველ რიგში განსაზღვრულია სატვირთო მატარებლის მასები ლოკომოტივის სიმძლავრის მიხედვით ქანობებისთვის 20 დან 40%-მდე. სამთო რკინიგზებისათვის დამახასიათებელია მცირე რადიუსიანი მრუდები. (მაგ: სურამის უღელტეხილზე გვხვდება 200 მეტრი მრუდები, ხოლო მარაბდა-ახალქალაქის ხაზზე 300 მ.). მრუდებში შეკიდულობის კოეფიციენტის შემცირების პირობითაც დადგენილია მატარებლის მასები იმავე ქანობებისათვის 200 და 300 მ. მრუდების შემთხვევაში. ციცაბო ქანობებზე მოსალოდნელია აგრეთვე ელექტრული წევის ძრავების გადახურება. ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით მიმართავენ ელმავლის მუშაობის რეჟიმის შეცვლას, კერძოდ გადაყავთ მუშაობის საათურ რეჟიმზე. ამ შემთხვევაში მცირდება ლოკომოტივის წევის ძალა და შესაბამისად მატარებლის წონა.

როგორც ცნობილია ლოკომოტივის წვევის ძალის ერთ-ერთი ძირითადი განმსაზღვრელია შეჭიდულობის კოეფიციენტი რელსის თავსა და თვალს შორის  $F_k \leq P \cdot \Psi \cdot 10^{-2}$  -  $P$  - ლოკომოტივის წონაა,  $\Psi$  - შეჭიდულობისას კოეფიციენტი. თანამედროვე ელმავლებისათვის შეჭიდულობის კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობად მიიღება დაახლოებით 0.25. როგორც ცნობილი მეცნიერებისა და პრაქტიკოსების გამოკვლევებისა ცხადყვეს ზემოთაღნიშნული კოეფიციენტი შეიძლება შემცირდეს 0.15÷0.2- მდე.

შეჭიდულობის კოეფიციენტი  $\Psi_k$  - მეტად რთული ბუნებისაა, ახასიათებს ცვალებადობის მეტად ფართო დიაპაზონი. დამოკიდებულია მეტად მრავალ ფაქტორზე, რომელთა შორის არსებითია რელსის თავის მდგომარეობა, უმთავრესად სისველე და გაჭუჭყიანება. შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირების საწინააღმდეგოდ მიმართავენ სილის მოყრას რელსის თავებზე, მაგრამ როგორც ჩატარებული ცდების ანალიზმა გვიჩვენა, სილის მოყრა აღიძებს  $\Psi_k$  - ს მშრალი რელსებისას მხოლოდ 0.20 მდე, ხოლო სველი რელსებისათვის 0.13 მდე. გარდა ამისა როცა რკინიგზა გადის რთულ მთიან პირობებში მისთვის დამახასიათებელია ზღვის დონიდან მაღალი სიმაღლე (მაგ: მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზი გადის 1500-2000 მეტ სიმაღლეზე), მკაცრი ზამთარი რომელიც გრძლდება 5-7 თვე, მკვეთრი კონტინენტალური კლიმატი, ატმოსფერული ნალექები, გაბატონებული ქარების მიმართულება და სხვა. ამიტომ წონის ნორმის დადგენისას ასეთ პირობებში საჭიროა ნატურალური ცდების ჩატარება ექსპლუატაციის პირობებში და  $\Psi_k$  - კოეფიციენტის საანგარიშო ნორმის დაკანონება შესაბამისი კონკრეტული რეგიონისათვის.

ამჟამად ჩვენ ავიღეთ შეჭიდულობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა 0.2 ტოლი. დავადგინეთ შემცირებული შეჭიდულობის კოეფიციენტისათვის სატვირთო მატარებლის წონები სხვადასხვა ქანობებისათვის.

ციცაბო ქანობიან აღმართებზე მატარებლის მასა უნდა შემოწმდეს ვაგონებს შორის ავტოგადასაბმელი მოწყობილობის სიმტკიცის პირობით. ამ პირობით მატარებლის მასა უნდა განისაზღვროს ფორმულით

$$Q = \frac{S_{გაღ} \delta}{\omega + i} \text{ ტ}$$

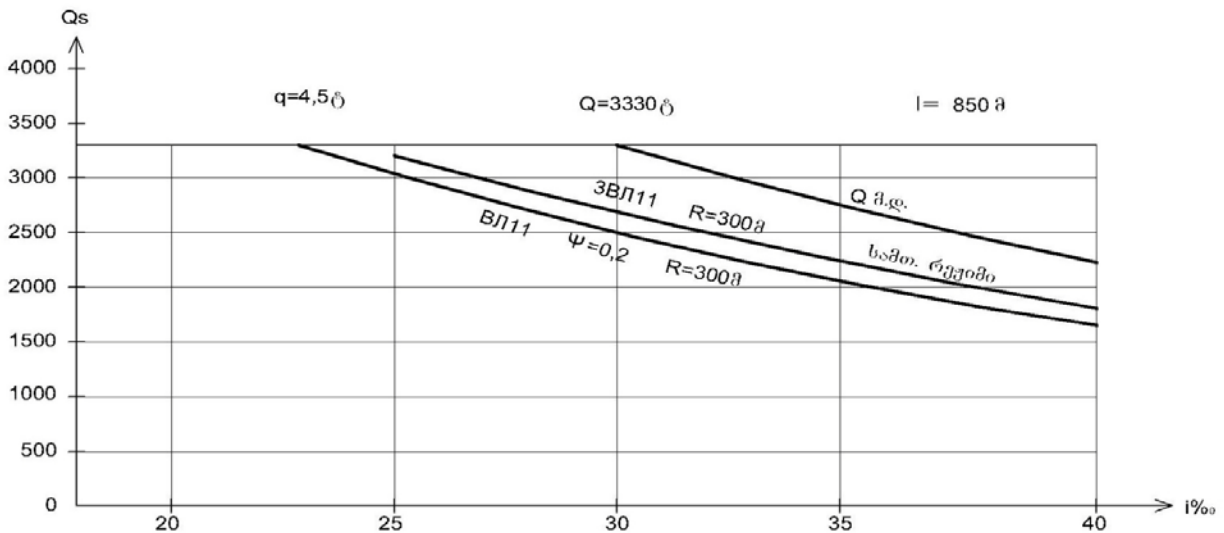
$\lambda_{\text{გა}}$  – წვევის ძალით გამოწვეული გრძივი გამჭიმავი ძალაა, რომელიც ნორმების თანახმად არ უნდა აღემატებოდეს 130 ტ-ს.

$\delta$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს პროფილის გარდატეხის გავლენას  $\delta = 0,8$

აქვე უნდა ავღნიშნოთ, რომ სამმაგი წვევის შემთხვევაში ერთი ლოკომოტივი, როგორც წესი, მიყვება შემადგენლობას ე.წ. „მიმწოლად“, რაც გამორიცხავს მატარებლის მასის შეზღუდვას ავტომატური გადაბმის პირობით. ამ შემთხვევაში გრძივმა შემკუშავმა ძალამ ცალკეულ ვაგონებზე, რომ არ გამოიწვიოს შემადგენლობიდან ვაგონის გამოწნევა (ამოაგდოს ლიანდაგებიდან) იგი არ უნდა აღემატებოდეს 50 ტ-ს. მატარებლის მასა ექვემდებარება შემოწმებას აგრეთვე მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგების სასარგებლო სიგრძის მიხედვით. რთულ მთიან პირობებში სასადგურო ლიანდაგის სიგრძე არსებულ გზებზე არ აღემატება 720 მ-ს (საპროექტო ხაზზე – 850 მ-ს) ამ პირობის შესაბამისი შემადგენლობის მასა იანგარიშება ფორმულით

$$Q = q_i (l_{\text{ა.გ}} - n l_{\text{ლოკ}} - 10)$$

$q_i$  – შემადგენლობის გრძივი მეტრის შესაბამისი მასაა (3,5-4,5 ტ). დისერტაციის ნახ. №6 მოყვანილია სამთო რკინიგზებისათვის სატვირთო მატარებლის წონის ზღვრული ნორმები ზემოდასახელებულ შემზღუდავი ფაქტორების გათვალისწინებით როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს სატვირთო მატარებლის მაქსიმალური მასა რთული რელიეფის პირობებში არ აღემატება 1500-3300 ტ (ქანობებისათვის 20÷40%).



### ნახაზი №1

შედგებისა და მათი განსჯის მეორე თავი შეეხება გამყოფი პუნქტების განლაგების თავისებურებებს სამთო რკინიგზებზე. გამყოფი პუნქტების განლაგება ახალი რკინიგზის ხაზზე წარმოებს გამტარუნარიანობის დირექტიული ნორმის მიხედვით (I და II კატეგორიების რკინიგზებზე. ორლიანდაგიანი რკინიგზის გადასარბენების სიგრძე ნორმების მიხედვით 30 კმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. არსებული რკინიგზის სამთო მონაკვეთები აშენებულია ძველი ნორმებით. ძველი ლოკომოტივების დაბალი სიჩქარეებისა და მცირე სიმძლავრის გამო გადასარბენის სიგრძე სამთო ხაზებზე არ აღემატებოდა 7-9 კმ (მაგ: სურამისა და ჯაჯურის უღელტეხილი). თანამედროვე პირობებში ექსპლუატაციაში შემოვიდა მძლავრი ლოკომოტივები, საგრძნობლად გაიზარდა მოძრაობის სიჩქარეები, რაც შესაძლებლობას იძლევა გადასარბენის სიგრძის გაზრდისა. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ მთიან პირობებში გამყოფი პუნქტის მოედნის განლაგება რთულია და უმეტეს შემთხვევაში დაკავშირებულია ხაზის დაგრძელებასთან. მაგ: ერთი გამყოფი პუნქტის განლაგებით ხაზის დაგრძელება შეადგენს 0,7-1.5 კმ (ქანობის მიხედვით) თუ მხედველობაში მივიღებთ იმ გარემოებას, რომ რკინიგზის ხაზის მშენებლობა ერთობ ძვირია (3÷4.5 მლნ ლარ/კმ) ნათელი ხდება თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს ასეთ ხაზებზე გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხს. მთიან პირობებში რკინიგზების დაპროექტებისას დამპროექტებლები ცდილობენ რაც შეიძლება გადასარბენის სიგრძე იყოს დიდი (გამყოფი პუნქტების შემცირების ხარჯზე). შედეგად მიიღება

გადასარბენის სიგრძე ორლიანდაგიან ხაზზე 20÷25 კმ ხოლო ერთლიანდაგიან ხაზზე 10÷15 კმ როგორც აღნიშნული იყო სამთო რკინიგზები ხასიათდება ციცაბო გრძელი ქანობებით. ამიტომ ასეთ გადასარბენებზე აუცილებელია დავიცვათ მოძრაობის უსაფრთხოების პირობები. გრძელ, ციცაბო გადასარბენებზე მოსალოდნელია სამუხრუჭო ხუნდების გადახურება და ცვეთა, საჰაერო მაგისტრალში წნევის დაცემა ნორმაზე დაბლა, ელექტრული ძრავების გადახურება აღმართის მიმართულებით. სწორედ მატარებლის მოძრაობის ეს თავისებურებებია განხილული ამ თავში.

გრძელ დაღმართებზე მატარებლების დამუხრუჭებისას მოსალოდნელია სამუხრუჭო ხუნდების გადახურება, რაც მოძრაობის უსაფრთხოების პირობებით დაუშვებელია. უკანასკნელ პერიოდში მოძრავი შემადგენლობა აღიჭურვა კომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ხუნდებით. ეს ხუნდები გამოირჩევა მაღალი ცვეთაშედეგობით და გაზრდილი სამუხრუჭო ძალით. სამაგიეროდ ეს მასალა ნაკლებ თბოგამტარია და მისი გამოყენებისას იზრდება თვლების თბური დატვირთვა, რამაც საბოლოო ჯამში შეიძლება გამოიწვიოს თვლის მწყობრიდან გამოსვლა. ხუნდის გახურების ტემპერატურის განსაზღვრაც ერთობ რთულია იმიტომ, რომ დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორებზე. ამ საკითხის შესწავლაც დაინტერესდნენ მეცნიერები გასული საუკუნის მეორე ნახევარში. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული სამთო რკინიგზებზე გადასარბენის სიგრძე არ იყო დიდი, მოძრაობის სიჩქარეებიც დაბალი იყო, ამიტომ ამ საკითხის შესწავლის აუცილებლობა დღის წესრიგში არ იდგა. ხოლო პერიოდში სამთო რეგიონებში აშენებული რკინიგზის ხაზების ექსპლუატაციამ წინა პლანზე წამოწია მოძრაობის უსაფრთხოების პირობები, რამაც აუცილებელი გახდა ხუნდების გადახურების საკითხის გამოკვლევა.

ამ საკითხზე მუშაობდა მრავალი როგორც საზღვარგარეთის ასევე ჩვენი ქვეყნის მეცნიერი.

ეს საკითხები საფუძვლიანად აქვს დამუშავებული მსოფლიო მნიშვნელობის მეცნიერსა და პრაქტიკოსს ვ. ინოზემცოვს, რომელიც ხუნდების გადახურების ტემპერატურის განსაზღვრისათვის გვთავაზობს ფორმულას:

$$T = \frac{q}{\alpha} (1 - e^{-z})^0 c$$

$$z = \frac{2\alpha\sqrt{t}}{\sqrt{\pi\lambda\rho}}$$

**q** – თბური ნაკადის სიმკვრივეა

**α** – თბოგაცემის კოეფიციენტი

$\lambda$  – თბოგამტარობის კოეფიციენტი; თვლის ლითონისათვის

$$\lambda = 10.3 \cdot 10^{-3} \text{ კკალ/მ/წმ}$$

$\gamma$  – თვლის ლითონის მოცულობითი მასაა  $\gamma = 7850 \text{ კგ/მ}^3$

$C$  – თვლის ლითონის ხვედრითი თბოტევადობაა  $C = 0.11 \text{ კკალ/კგ}$

$t$  – დამუხრუჭების ხანგრძლივობა წმ.

თბური ნაკადის სიმძლავრე  $q$  განისაზღვრება მოძრაობის სიჩქარისა და დამუხრუჭების ძალის მიხედვით

$$q = \frac{\alpha_R (1 - \alpha_p) b_m PVA \varepsilon}{3,6F}$$

სადაც  $\alpha_R$  – თბური ნაკადის გავრცელების კოეფიციენტი, თუჯის ხუნდებისათვის  $\alpha_R = 0.7$  ხოლო კომპოზიციური ხუნდებისათვის  $\alpha_R = 0.95$   
 $b_m$  - დამუხრუჭების ხვედრითი ძალაა კგ/ტ, თანაბარი მოძრაობისას

$$b_m = i - \Omega_i$$

$i$  – დადმართის დაყვანილი ქანობია

$\Omega_i$  – მატარებლის მოძრაობის წინააღობაა უქმი სეგისას

$P$  – თვალზე მოსული დაწოლაა  $P = 11 \text{ ტ.}$

$V$  – მოძრაობის სიჩქარეა. კმ/სთ

$A$  – მუშაობის თბური ექვივალენტი

$$A = \frac{1}{427} = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ კკალ/კგმ}$$

$\alpha_p$  – ელექტრული დამუხრუჭების წილია

$F$  – თვლის ზედაპირის ფართობია, რომელზედაც გამოიყოფა სითბო  
 $F = 0.257 \text{ მ}^2$

თბოგაცემის კოეფიციენტი

$$\alpha = 0,4 \cdot 10^{-2} (1 + 0,7 \sqrt{\gamma}) \text{ კკალ/მ}^2 \text{ წმ}$$

თვლის ფოლადისათვის გამოსახულება  $\sqrt{\Pi\lambda\gamma c}$  წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს და ტოლია

$$\sqrt{\Pi\lambda\gamma c} = \sqrt{3,14 \cdot 10,3 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 \cdot 0,11} = 5,2846$$

დაღმართებზე დამყარებული სიჩქარით მოძრაობისას  $t$  წმ-ის განმავლობაში გავლილი გზა ტოლი იქნება

$$L = \frac{vt}{3600}$$

იმისათვის, რომ დავადგინოთ დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე ხუნდების გადახურების პირობით დამუხრუჭების დრო  $t$  შევცვალოთ გამოსახულებით  $3600 \frac{L}{v}$  და ფორმულა (1) ამოვხსნათ  $L$ -ის მიმართ მივიღებთ

$$L = v \left[ \frac{1}{k\alpha} \ln \left( 1 - \frac{\alpha T}{q} \right) \right]^2 \text{ კმ}$$

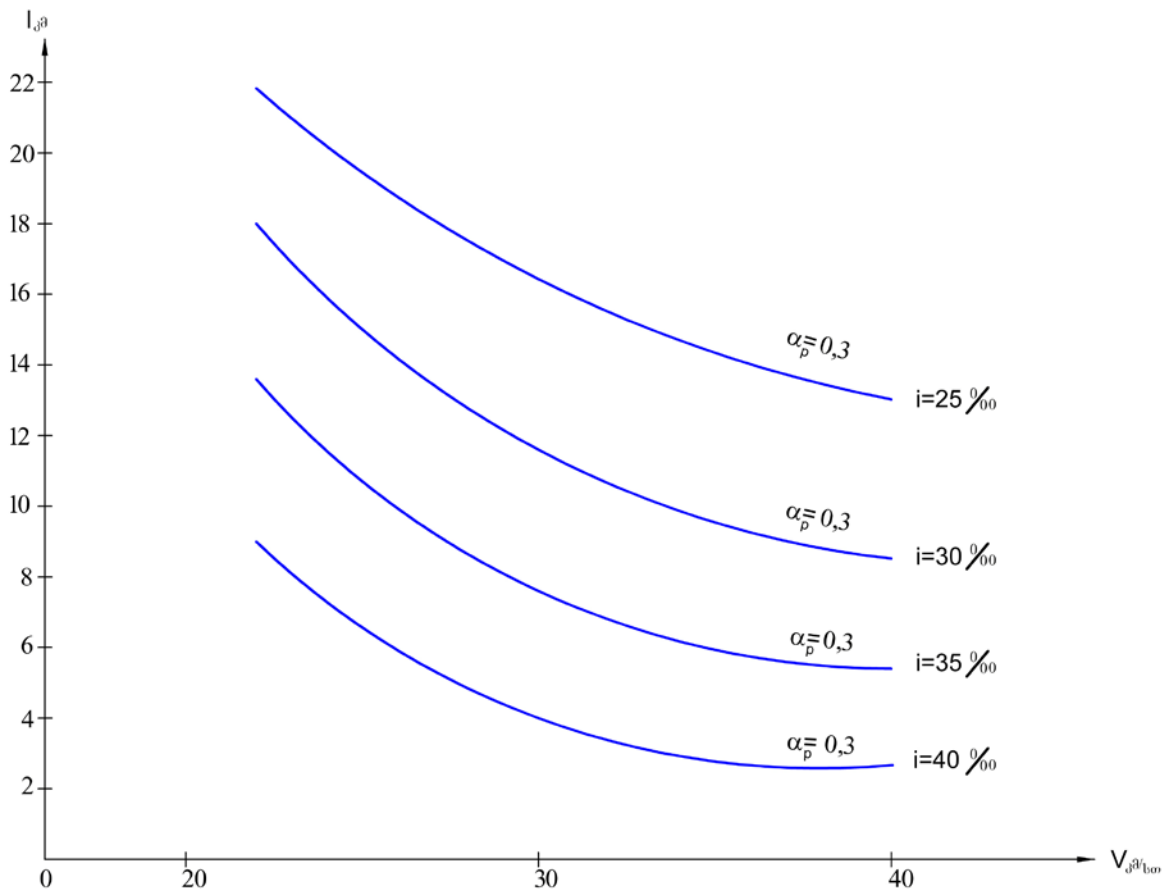
სადაც  $K$  - მუდმივია და ტოლია

$$K = \frac{2\sqrt{3600}}{\sqrt{\Pi\lambda\gamma c}} = 22,707$$

დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეების მნიშვნელობები (კომპოზიციური ხუნდებისათვის) ხუნდის გახურების პირობით ელექტრული დამუხრუჭებისა და ქანობისაგან დამოკიდებულებით მოცემულია ცხრილი №1 ხოლო გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე.

ცხრილი №1

$\frac{\alpha}{V}$	i=20%			i=25%			i=30%			i=35%		
	40	30	20	40	30	20	40	30	20	40	30	20
0	9.3	13	21.4	5.5	7.8	12.6	3.8	5.2	8.3	3.1	3.6	7.5
0.1	11.1	16.7	27.6	6.8	10.2	16.1	4.7	6.6	10.8	3.8	4.8	8.7
0.2	15.6	22.1	37.6	8.8	13	21.4	6.2	8.6	14.6	4.7	6.0	11
0.3	21.3	30.4	53.4	12.6	17.8	29.8	8.5	11.6	18.0	5.6	7.3	13.6



ნახ. 9

ნახაზი №2

თეორიული გამოკვლევების საიმედოობის დასადგენად მიღებული შედეგები შევაჯერე სურამის უღელტეხილზე ჩატარებული ექსპერიმენტების მონაცემებთან. ექსპერიმენტი ჩატარებულ იქნა გასული საუკუნის 90-იან წლებში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლებისა და საქართველოს რკინიგზის საავაგონო მეურნეობის სამსახურის მუშაკებთან ერთად.

ექსპერიმენტები ჩატარებულ იქნა მუხრუჭების გამოსაცდელ ვაგონ-ლაბორატორიის დახმარებით, ვაგონი ჩაბმული იყო სატვირთო მატარებლის ბოლო ვაგონზე ხუნდების გადახურების ტემპერატურის გასაგებად ხუნდში 10 მმ სიღრმეზე მაგრდებოდა თერმოწყვილი გახურების ტემპერატურის ჩაწერა წარმოებდა პოტენციომეტრის დახმარებით.

რაც ჩატარებულ იქნა 4 ცდა ქვემოთ მოყვანილი მაქვს 2 ცდის შედეგი

I ცდა: თუჯის ხუნდები მხოლოდ მექანიკური დამუხრუჭებით; საცდელი მონაკვეთი წიფის გვირაბიდან სადგურ წიფამდე დაღმართის სიგრძე – შეადგენს 5.2 კმ-ს დაყვანილი ქანობი - 20%. მოძრაობის სიჩქარე 20 კმ/სთ დამუხრუჭების



ხანგრძლივობა  $t=15$  წთ. ხუნდის საწყისი ტემპერატურა  $16^{\circ}$ . ხუნდის გახურების საბოლოო ტემპერატურა -  $152^{\circ}$ . ტემპერატურის ნაზრდი შეადგენს  $152-16=136^{\circ}$ . ზემო მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე გამოვითვალეთ ხუნდის გახურების ტემპერატურა ფორმულით

$$\alpha = 0,01654 \cdot q = 13,24$$

$$\sqrt{\Pi \lambda \gamma c} = 5,28$$

$$T = \frac{13,24}{0,01654} (1 - e^{-0,18}) = 135^{\circ}$$

ექსპერიმენტალური გზა დადგენილი ტემპერატურა მივიღეთ  $136^{\circ}$  ე.ი. თეორიული გაანგარიშების სიზუსტე ეჭვს არ იწვევს.

ცდა II: კომპოზიციური ხუნდები. დამუხრუჭება რეკუპერაციის გამოყენებით ექსპერიმენტის უბანი სადგური წიფა-სადგური მოლითი დაღმართის სიგრძე 12.3 კმ. დაყვანილი ქანობი 21.4%-მოძრაობის სიჩქარე - 30 კმ/სთ მატარებლის წონა 2897 ტ. ლოკომოტივის ტიპი *BA11* რეკუპერაციულ დამუხრუჭებას აწარმოებდა ერთი ლოკომოტივის ხუნდის გახურების ტემპერატურა გაიზომა სადგურ მოლითში უშუალო კონტაქტით და იგი შეადგენდა  $216^{\circ}$  ხუნდის გახურების საწყისი ტემპერატურა ტოლი იყო  $13^{\circ}$  ტემპერატურეს ნაზრდი.

$$\Delta T = 216 - 18 = 198^{\circ}$$

წვეის გაანგარიშება წესების თანახმად ერთი *BA11* ელმავლის სამუხრუჭო ძალა რეკუპერაციული დამუხრუჭების შემთხვევაში ტოლია  $B_T = 2700$  კვ. რეკუპერაციის კოეფიციენტი ტოლი იქნება

$$\alpha_p = \frac{B_p}{(2P + Q)(i - wi)} = \frac{27000}{2897(21,4 - 1,5)} = 0,47$$

ამასთანავე ზემოთმოყვანილი მონაცემებიდან გამომდინარე

$$\alpha = 0,01936 \quad q = 16,3 \quad t = 1500 \text{ წმ}$$

გახურების ტემპერატურა თეორიულ გაანგარიშების გზით ტოლი იქნება

$$T = \frac{16,3}{0,01936} (1 - e^{-0,29}) = 197^{\circ}$$

ე.ი. ამ შემთხვევაში თეორიული და ექსპერიმენტალური შედეგების თანხვედრებია, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ჩვენს მიერ ჩატარებულია თეორიული გაანგარიშების საიმედოობა ეჭვს არ იწვევს. ექსპლუატაციის პირობებში სამუხრუჭო მაგისტრალში წნევის დაცემის აღმოსაფხვრელად მიღებულია მოძრაობის შემდეგი პირობები: მატარებელი ციცაბო ქანობიანი დაღმართის მოსაზღვრე გამყოფ პუნქტზე აუცილებლად უნდა გაჩერდეს 4-6 წთ. მაგისტრალში ჰაერის წნევის ასაწევად და აგრეთვე ხუნდების გასაცივებლად (მაგალითად სურამის უღელტეხილზე სად. წიფა და სად. მოლითში მატარებლები ჩერდებიან 4-6 წთ). როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული არსებული სამთო ხაზზე გადასარბენის სიგრძეები არ იყო დიდი. თანამედროვე პირობებში გადასარბენის სიგრძე საგრძნობლად გაიზარდა და ამიტომ აუცილებელია შეიქმნა გრძელ დაღმართებზე მატარებლების დამუხრუჭების პირობების შესწავლა. ამ ამოცანის გადაწყვეტა თეორიული გზით შეუძლებელია იმ მრავალი ფაქტორების გავლენის გამო რომელსაც ადგილი აქვს დამუხრუჭებისას. ამ საკითხის ინტენსიური შესწავლა დაიწყო გასული საუკუნის 70-იან წლებიდან როცა დღის წესრიგში დადგა „ტრანსკავკასიას“ (თბილისი-ორჯონიკიძის) და მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზების დაპროექტება ციცაბო დაღმართებზე პნევმატური მუხრუჭების მუშაობის პირობების შესწავლის მიზნით ყოფილი რკინიგზის საკავშირო საკვლევ ინსტიტუტში ჩატარდა ექსპერიმენტები. ამ ექსპერიმენტების მონაცემების საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ სატვირთო მატარებლის უწყვეტი დამუხრუჭების დრო ციცაბო ქანობიან დაღმართზე არ უნდა აღემატებოდეს  $35\pm 40$  წთ. ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტები შევაჯერეთ სურამის უღელტეხილზე რეალურ პირობებში ჩატარებული ცდების შედეგებთან. გავითვალისწინეთ ის გარემოება მთიანი რკინიგზები ხასიათდება მკაცრი კლიმატით ჩვენ დაუშვებთ, რომ უწყვეტი დამუხრუჭების მაქსიმალური დრო არ უნდა აღემატებოდეს  $30\pm 35$  წთ. თუ დაღმართის ქანობი არ აღემატება 30% -ს -მაშინ ვიდრე 35 წთ ხოლო თუ დაღმართის ქანობია 30-40%- მაშინ დამუხრუჭების უწყვეტი დრო შეადგენს 30 წთ. მოძრაობის მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარეები ცნობილია წვევის გაანგარიშების წესებიდან. მოძრაობის საშუალო სიჩქარე ტოლია

$$V_{საშ} = V_{ასქ} - \Delta V$$

$\Delta V$  - შესწორებაა და აიღება 5 კმ/სთ ვიციით რა მოძრაობის საშუალო სიჩქარე და დამუხრუჭების დრო მარტივად დავადგენთ დადმართის მაქსიმალურ სიგრძეს პნევმატური მუხრუჭების დაშრეტის პირობით.

$$L_{დად} = V_{საუ} \cdot t_{დად} \text{ კმ.}$$

სატვირთო მატარებლების ციცაბო დადმართებზე ფიქციული მასალების გახურების ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება მათი ცვეთაც.

კომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ხუნდები გამოირჩევა მაღალი ცვეთა შედეგობით ამიტომ ასეთი ხუნდები უზრუნველყოფენ შედარებით გრძელ დადმართებზე მუხრუჭების ნორმალურ მუშაობას, ხოლო თუჯის ხუნდების შემთხვევაში რომლებიც არ არიან ცვეთაშედეგი, დადმართის წინ საჭირო მათი სისქის შემოწმება ნორმების თანახმად თუჯის ხუნდის მინიმალური სისქე არ უნდა იყოს 12 მმ-ზე ნაკლები. თუჯის ხუნდების თბოფიზიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით ხუნდის მინიმალური სისქე დადგინდა პროფ. ვ. ინოზემცევის ფორმულის დახმარებით

$$\Delta H = 10 + 0,03 \sum l_i \text{ მმ.}$$

ამ ფორმულიდან დადმართის მაქსიმალური სიგრძე ხუნდის სისქესთან დამოკიდებულებით ტოლია

$$l = \frac{33,3(\Delta H - 10)}{i} \text{ კმ}$$

დადმართის მაქსიმალური სიგრძეები ხუნდის სისქისაგან დამოკიდებულებით მოყვანილია ცხ. №2

$\Delta H$	$i\%$	$l$ კმ
40	20	50
30		33.3
20		15.3
15		8.3
60	25	66.6
40		40
30		26.7
20		13.3

60	30	55.5
40		33.3
30		22.2
20		11.1
60	35	47.6
40		28.7
30		19
20		9.5
60	40	41.7
40		25
30		16.7
20		8.3

მთიან პირობებზე გრძელ აღმართზე საანგარიშო წონიანი მატარებლების მოძრაობისას მოსალოდნელია ელმავლის ძრავების გადახურება.

ელექტრული ძრავების გადახურება ძირითადად დამოკიდებულია ძრავების დატვირთვაზე და დატვირთვის ხანგრძლივობაზე. ძრავის დასაშვები ტემპერატურა დამოკიდებულია იზოლაციის კლასზე (მაგ: B-იზოლაციის დროს მაქსიმალურ დასაშვები ტემპერატურა 145°) ჩვენს გამოკვლევებში გარემოს ტემპერატურის მნიშვნელობად ავიღეთ 25°.

ელექტრული ძრავების გადახურების ტემპერატურა ანალიზურად გამოითვლება ფორმულით

$$\tau = \tau_{\infty} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}} \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

სადაც  $\tau_{\infty}$  და  $T$  - ძრავის თბური მახასიათებლებია

$t$  - ძრავის მუშაობის ხანგრძლივობა წთ.

$\tau_0$  - ძრავის საწყისი ტემპერატურა

(. . .) განტოლება შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით

$$\tau = \tau_{\infty} + e^{-\frac{t}{T}} (\tau_0 - \tau_{\infty})$$

აქედან თუ განვსაზღვრავთ ძრავის გახურების დროს მივიღებთ

$$t = -T \ln \frac{\tau - \tau_{\infty}}{\tau_0 - \tau_{\infty}} \text{ წთ.}$$

აღმართის მაქსიმალური სიგრძე ტოლი იქნება  $l = \frac{V_t}{60}$  კმ

აღმართის მაქსიმალური სიგრძეები თანამედროვე ლოკომოტივებისათვის საწყისი ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით მოცემულია ცხ. №3 (მრიცხველში სრული დატვირთვით მუშაობისას, მნიშვნელში საათური რეჟიმისათვის).

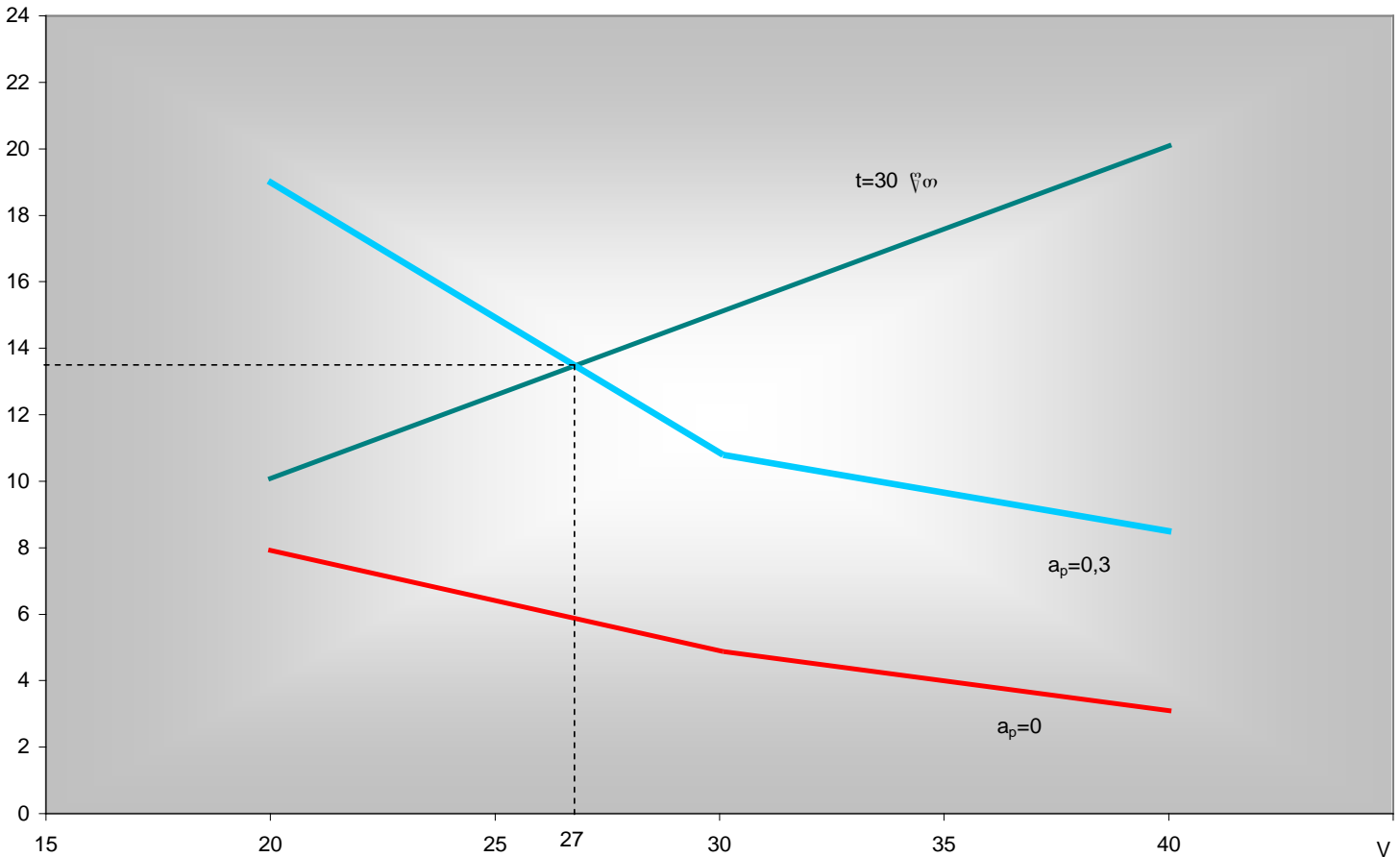
ცხრილი №3

ლოკომოტივის ტიპი	t °				l კმ			
	τ <sub>0</sub> <sup>0</sup>				τ <sub>0</sub> <sup>0</sup> C			
	15	40	60	80	15	40	60	80
ВЛ10 da ВЛ11 (ТЛ-2Л1)	<u>37</u>	<u>32</u>	<u>26</u>	<u>19</u>	<u>28</u>	<u>24.2</u>	<u>19.7</u>	<u>14.5</u>
	59	52	45	35	47.0	41.6	35.8	27.8
ВЛ60К (НБ-412К)	<u>33.4</u>	<u>28.6</u>	<u>24</u>	<u>18</u>	<u>24.4</u>	<u>21</u>	<u>17.9</u>	<u>13.2</u>
	54	48	42	34	47.5	42	26.7	29.7
ВЛ60К (НБ-412М)	<u>41.5</u>	<u>36.8</u>	<u>33.2</u>	<u>29</u>	<u>29.6</u>	<u>26.2</u>	<u>23.6</u>	<u>20.7</u>
	73	67	61.5	55	64	48.5	54	48
ВЛ80К (НБ-418К)	<u>33.5</u>	<u>30</u>	<u>25.5</u>	<u>19.4</u>	<u>24.7</u>	<u>22.2</u>	<u>18.7</u>	<u>14.3</u>
	48	42.5	37	30	41.5	26.7	32	25.8
ВЛ80К (НБ-414Б)	37.5	33	28.2	23	29.2	25.7	22	17.9

ამ თავში განხილულია გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხი მთიანი რელიეფის პირობებში. ამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხს დიდი ყურადღება ექცეოდა რკინიგზების დაპროექტების და მშენებლობის საწყის სტადიიდან. ამ პრობლემისადმი ინტერესი შემთხვევითი არ არის, ვინაიდან დამატებითი გამყოფი პუნქტებისათვის მოედნების მოწყობა ექსპლუატაციის პირობებში გართულებულია, ხოლო თუ გვაქვს დაძაბული სელა მაშინ შეუძლებელი არის ან დაკავშირებულია დიდ დანახარჯებთან.

დღეისათვის გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხი შესწავლულია საკმაოდ ღრმად და დაწვრილებით. ამასთანავე ეს საკითხი შეისწავლებოდა და ნორმების დადგენა ხდებოდა ისეთ რკინიგზებისათვის სადაც სახელმძღვანელო ქანობის მნიშვნელობა არ აღემატებოდა 12‰ მთიანი რელიეფის პირობებში კი სახელმძღვანელო ქანობის მნიშვნელობამ შეიძლება გადაჭარბების 30÷35%, არსებულ ტექნიკურ ნორმებში ეს გარემოებები არ არის გათვალისწინებული.

სამთო პირობებში გამყოფი პუნქტების განლაგება, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ერთობ გართულებულია და უმეტეს შემთხვევაში დაკავშირებულია ხაზის რთულ განვითარებასთან. რაც საბოლოო ჯამში იწვევს დამატებით კაპიტალდაბანდებას. მთიან პირობებში ორლიანდაგიანი რკინიგზების დაპროექტებისას ცდილობენ რაც შეიძლება დიდი სიგრძის გადასარბენი მიიღონ (ნორმებით დასაშვები გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძე 30 კმ). ამ შემთხვევაში აუცილებელია შემოწმდეს გადასარბენის სიგრძე ზემოთმოყვანილი მოძრაობის თავისებურებების პირობებით: როგორცაა გრძელ დაღმართებზე ხუნდების გადახურება და ცვეთა, მაგისტრალში ჰაერის წნევის დაცემა, ელექტრული ელექტრული ძრავების გადახურება (აღმართის მიმართულებით). როგორც მიღებული შედეგების გაანალიზებამ დაგვანახა დაღმართის მაქსიმალური სიგრძის შემზღუდავი ფაქტორებია ხუნდების გადახურება და ჰაერის მაგისტრალში წნევის დაცემა. ამ ორი ფაქტორის ერთდროული გათვალისწინებით უნდა მოხდეს გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა. ჩვენს მიერ შემუშავებულია გამყოფი პუნქტების განლაგების მეთოდოლოგია სამთო რკინიგზებისათვის. რაც შემდეგში მდგომარეობს: გადასარბენის სიგრძის გაზრდა ხუნდების გადახურების პირობით შესაძლებელია მოძრაობის სიჩქარის შემცირებით. მეორე მხრივ ამ დროს დაღმართის სიგრძე მაგისტრალის დაშრეტის პირობით მცირდება. აუცილებელია ამ ორი ურთიერთგამომრიცხავი ფაქტორების ერთდროული გათვალისწინება. ამისათვის ერთ სისტემაში უნდა ავაგოთ გადასარბენის სიგრძის და დამოკიდებულების გრაფიკი გადახურებისა და დაშრეტის პირობებით.



ნახაზი №3

როგორც ნახაზიდან ჩანს დადმართის სიგრძე როცა  $i=30\%$  და  $\alpha_p=0.3$  ტოლია 8.5, ( $V=??$ ). დადმართის სიგრძის გასაღიდეებლად შევამცირეთ მოძრაობის სიჩქარე 25 კმ/სთ-ზე ამ დროს გადასარბენის სიგრძეს შეზღუდავს მაგისტრალის დაშრეტის პირობა და ის ტოლი იქნებ 13.5 კმ ე.ი. აღნიშნულ შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძე 8.5 კმ-დან გავზარდეთ 13.5 კმ-მდე აქ უნდა ავღნიშნოთ ის გარემოებაც, რომ სამუხრუჭო ამოცანების გადაწყვეტისას რეკუპერაციული (ელექტრული) დამუხრუჭება მხედველობაში არ მიიღება ე.ი.  $\alpha_p=0$ . მაგრამ როცა ვადგენთ გადასარბენის სიგრძეს, იგივე დადმართის მაქსიმალურ სიგრძეს ხუნდების გადახურების პირობით მხედველობაში ვიღებთ რეკუპერაციულ დამუხრუჭებას. ამ გარემოებას შემდეგი თვალსაზრისით ვასაბუთებთ: იმ შემთხვევაში თუ რეკუპერაციული დამუხრუჭება გამოირთო, ვამცირებთ მოძრაობის სიჩქარეს და ამ სიჩქარით მატარებელი მიდის უახლოეს გამყოფ პუნქტამდე. რა თქმა უნდა ამ დროს დადმართის სიგრძე არ უნდა შეიზღუდოს მაგისტრალის დაშრეტის პირობით.

რაც შეეხება ერთლიანდაგიან რკინიგზის ხაზებს: როგორც ავლნიშნეთ ერთლიანდაგიან რკინიგზის მაგისტრალზე გამყოფი პუნქტების განლაგება ხდება გამტარუნარიანობის დირექტიული ნორმის მიხედვით (I, II კატ. რკინიგზებზე). მე-3 და მე-4 კატეგორიის რკინიგზებზე კი მე-10 წლისათვის ტვირთდაძაბულობის მიხედვით.

არსებული სამთო რკინიგზები აგებულია ძველი ნორმებით. გადასარბენის სიგრძე ასეთ გზებზე არ აღემატება 7-9 კმ-ს თანამედროვე მძლავრი ლოკომოტივის შემთხვევაში და გაზრდილი მოძრაობის სიჩქარეების პირობებში გადასარბენის სიგრძეები მნიშვნელოვნად იზრდება მაგ: მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე გვხვდება დაძაბულ ქანობიანი გადასარბენი 15 კმ სიგრძის. ამ შემთხვევაში დღის წესრიგში დგება საკითხი გადასარბენის სიგრძის შემოწმებისა დამუხრუჭების პირობით. იოლი რელიეფის პირობებში გადასარბენის სიგრძის წინასწარ დადგენა შეუძლებელია, მანამ სანამ არ აიგება მისი გრძივი პროფილი. რთული რელიეფის პირობებში გვხვდება დაძაბული ერთგვაროვანი ქანობები, რომელზედაც წინასწარ ცნობილია მატარებლის მოძრაობის სიჩქარეები როგორც აღმართის ასევე დაღმართის მიმართულებით. ამ შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძე შეიძლება გამოითვალოს შემდეგი ტოლობის საფუძველზე

$$N = \frac{1440}{T}$$

N – გამტარუნარიანობის დირექტიული ნორმა

$$T = t_{0j} + t_{\alpha j} + 2\tau + 2\tau \text{ გ.შ. გრაფიკის პერიოდი, } t_{0j} \text{ და } t_{\alpha j}$$

საგადასარბენო სვლის დროებია

$$t_{0j} = \frac{60}{V_{0j}} \ell \qquad t_{\alpha j} = \frac{60}{V_{\alpha j}} \ell$$

$2\tau$  – სასადგურო ინტერვალი

$t_{გ.შ.}$  – მატარებლის გაქანება შენელებაზე დახარჯული სვლის დროა

თუ დავუშვებთ, რომ  $2\tau + t_{გ.შ.} = 10$  წთ. და ტოლობას ამოვხსნით  $\ell$ -ს მიმართულებით მივიღებთ

$$\ell = \frac{(\frac{1440}{N} - 10)V_{0j}V_{\alpha j}}{60(V_{0j} + V_{\alpha j})} \text{ კმ}$$



$V_{0j}$  – აღმართზე შეწონილი სიჩქარეა, თანამედროვე ელმავლებისათვის (საათურ რეჟიმზე მუშაობისას) იგი ტოლია – 50 კმ/სთ.

$V_{აქ}$  – დაღმართზე დასაშვები საშუალო სიჩქარეა.

ზემოთმოყვანილი ფორმულის მიხედვით გამოთვლილი გადასარბენის სიგრძეები გამტარუნარიანობისა და ქანობების მიხედვით მოყვანილია ცხრილში №4

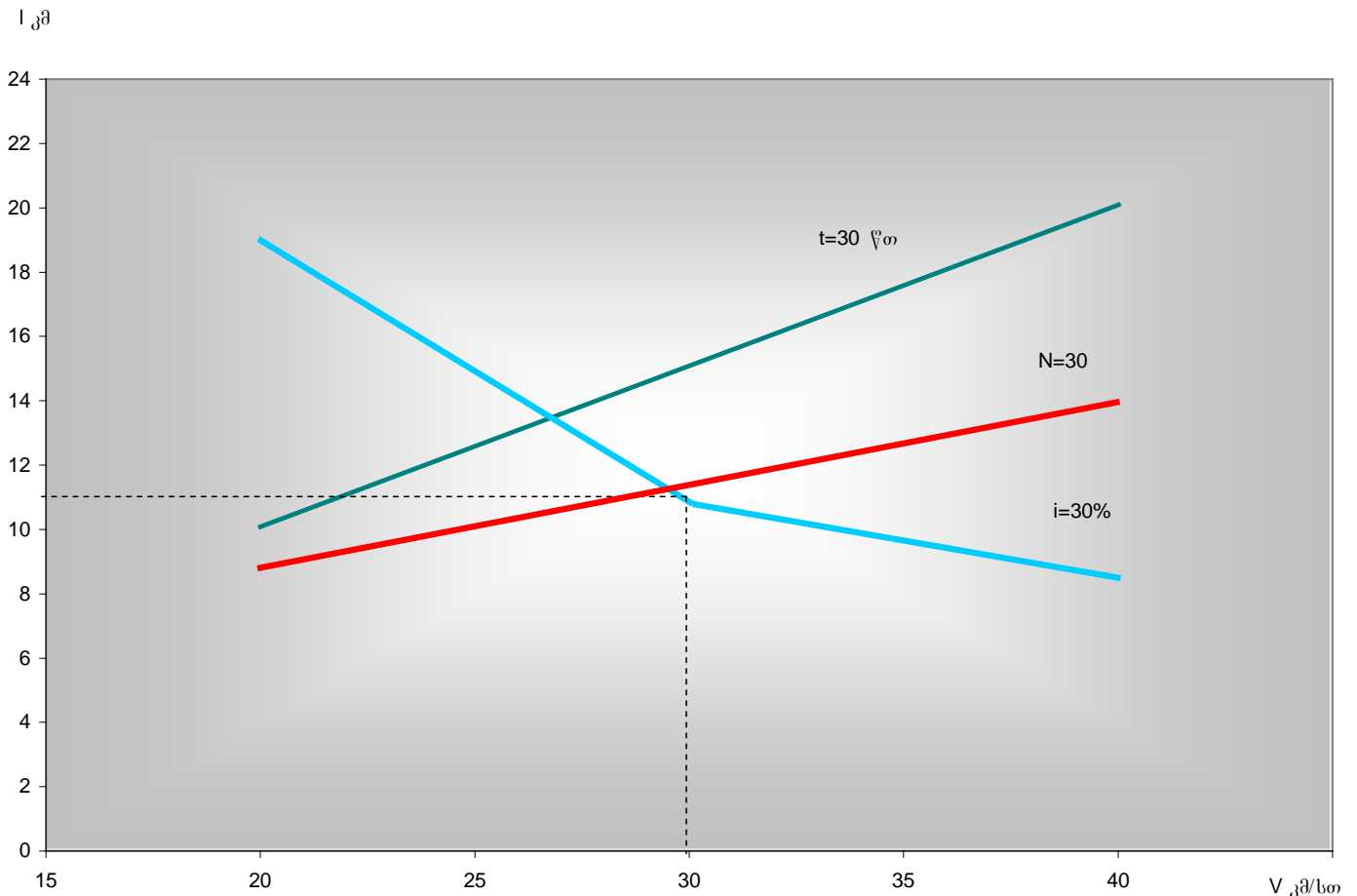
ცხრილი №4

i	$V_{დაღ}$	გადასარბენის სიგრძე კმ				
		N=20	N=24	N=30	N=36	N=40
25	40	23.0	18.5	14.1	11.1	9.6
30	35	21.3	17.2	13.0	10.3	9.0
35	30	19.4	15.7	11.9	9.4	8.2
40	25	17.2	13.9	10.5	8.2	7.2

ერთლიანდაგიან რკინიგზებზე გამყოფი პუნქტების განლაგებისას შესაძლებელია გვექონდეს ადგილი შემდეგ ორ შემთხვევასთან:

- 1) გადასარბენის სიგრძე გამტარუნარიანობის მიხედვით ნაკლებია ან ტოლი გადასარბენის სიგრძის დადგენილი დამუხრუჭების პირობით.
- 2) გამტარუნარიანობის მიხედვით გადასარბენის სიგრძე მეტია ვიდრე დაღმართის სიგრძე დამუხრუჭების პირობით.

პირველ შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძე იზღუდება გამტარუნარიანობის მიხედვით. მეორე შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძის შეზღუდვა უნდა მოხდეს დამუხრუჭების პირობებით. ამ დროს გადასარბენის სიგრძის გაზრდა შესაძლებელია მოხდეს დაღმართზე სიჩქარის შემცირებით. მეორე მხრივ დაღმართებზე სიჩქარის შემცირებით გამოიწვევს გადასარბენის სიგრძის შემცირება გამტარუნარიანობის მიხედვით. გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დასადგენად უნდა გავითვალისწინოთ ორივე ფაქტორი: გამტარუნარიანობა და დამუხრუჭების პირობები. ამისათვის ერთ კორდინატა სისტემაში ვაგებთ გადასარბენის სიგრძეებს როგორც როგორც გამტარუნარიანობის ასევე დამუხრუჭების მიხედვით (იხ. ნახ. №4 )



#### ნახაზი №4

ნახაზზე წარმოდგენილია დაღმართის სიგრძეები დამუხრუჭებისა და გამტარუნარიანობის პირობით როცა  $i = 30\%$  და  $N=30$  წყ.მატ. როგორც ნახაზიდან ჩანს გამტარუნარიანობის მიხედვით გადასარბენის სიგრძეა 10.5 კმ ხოლო ხუნდების გადახურების პირობით 8 კმ.

გადასარბენის სიგრძის გაზრდის მიზნით ვამცირებთ დაღმართზე მოძრაობის სიჩქარეს 28 კმ/სთ-მდე ამ შემთხვევაში გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძე შეადგენს 11.5 კმ-ს.

#### ნაშრომში ჩამოყალიბებულია შემდეგი ძირითადი დასკვნები

რთულ მთიან პირობებში იოლი რელიეფისაგან განსხვავებით გვხვდება ციცაბო გაგრძელებული ქანობები და მცირე რადიუსიანი მრუდები ქანობების მნიშვნელობამ შესაძლებელია მიაღწიოს 30-35% ხოლო მცირე წრიული მრუდის რადიუსის მნიშვნელობა ზოგიერთ შემთხვევაში შემცირებულია 300-250

მეტრამდე. ასეთ შემთხვევაში მატარებლის საანგარიშო წონის დადგენისას უნდა გაითვალისწინოთ შემდეგი გარემოებები:

- 1) შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება რელსსა და თვალს შორის, მცირერადიუსიანი მრუდების ფაქტორი, ელექტრული წევის ძრავების გადახურება, ვაგონებს შორის გადასაბმელი მოწყობილობათა, სიმტკიცე.
- 2) თბოწევის გამოყენებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ დიზელის ძრავის სიმძლავრის შემცირება ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურის ცვალებადობასთან დაკავშირებით.
- 3) მთიან პირობებში გამყოფი პუნქტების განლაგებისას გათვალისწინებულ უნდა იქნას ისეთი ფაქტორები, როგორცაა სამუხრუჭო ხუნდების გადახურება და ცვეთა, საჰაერო მაგისტრალის დაშრეტა, აღმართის მიმართულებით კი ელექტრული წევის ძრავების გადახურება.
- 4) გამყოფი პუნქტების განლაგებისას როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, გადასარბენის სიგრძის შემზღუდავ ფაქტორს წარმოადგენს ხუნდების გადახურებისა და საჰაერო მაგისტრალის დაშრეტის პირობები.
- 5) მაქსიმალური უწყვეტი დამუხრუჭების დრო გრძელ დაღმართებზე არ უნდა აღემატებოდეს 30÷35 წთ.
- 6) ხუნდების გადახურების ტემპერატურა დამოკიდებულია დაღმართის ქანობზე, მოძრაობის სიჩქარეზე და ხუნდის მასალაზე.
- 7) შემოთავაზებულია მეთოდოლოგია რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის შერჩევა როგორც ერთლიანდაგიანი ასევე ორლიანდაგიანი რკინიგზებისათვის.
- 8) დამუშავებულია გამყოფი პუნქტების მოედნების განლაგების სქემები მთიანი რელიეფის პირობებისათვის, როგორც ახალ ასევე სარეკონსტრუქციო რკინიგზის ხაზებზე.

**დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში**

1	Влияние Крутых Затяжных Спусков на безопасность движения поездов	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 2006წ.	28-33	ბ. კვანტალიანი თ. კუპატაძე
2	ოროქლის ძალაზე მომუშავე რკინიგზის ტრანსპორტი	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 2006წ.	71-77	ბ. კვანტალიანი თ. კუპატაძე
3	Причины обуславливающие потери управления поезда	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1(9) 2008წ.	51-55	თ. კუპატაძე
4	თბომაგლის წვევა სურამის საუღელტეხილო უბანზე	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1(9) 2008წ.	118-125	თ. კუპატაძე
5	გამყოფი პუნქტების განლაგების თავისებურებანი რთულ მთიან პირობებში	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2(10) 2008წ.	103-109	ბ. კვანტალიანი ლ.რაზმაძე ი.დონდაძე
6	მთიან პირობებში სატვირთო შემადგენლობის წონის ნორმის განსაზღვრა	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2(10) 2008წ.	142-147	ბ. კვანტალიანი თ. კუპატაძე
7	საუღელტეხილო უბანზე თბომაგლის წვევის შემთხვევაში დამუხრუჭებით სვლის რეჟიმის კრიტერიუმები და ანალიზი	ნაბეჭდი	ინტელექტი №1(30) თბილისი 2008წ.	39-41	თ. კუპატაძე
8	თბომაგლის მოძრაობა სურამის უღელტეხილის მცირე რადიუსიან მრუდებში და სანიტარული ეკოლოგიური მდგომარეობა	ნაბეჭდი	ინტელექტი №1(30) თბილისი 2008წ.	42-43	თ. კუპატაძე
9	მთიან პირობებში გამყოფი პუნქტების მოედნების განლაგების სქემები	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი №2 თბილისი 2011წ.		
10	გამყოფი პუნქტების სქემების განლაგების ზოგიერთი თავისებურებანი მდინარი ხეობებით ტრასირების დროს	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი №2 თბილისი 2011წ.		

№60 მიმართულების ხელმძღვანელი

ენვერ მოისწრაფიშვილი

.12.2010 წ.

თარიღი \_\_\_\_\_

თარიღი \_\_\_\_\_

## რეზიუმე ინგლისურად

გამოყენებული ლიტერატურა თბომავლის წევისათვის

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы (ПТР-85). М.Транспорт 1985.
2. Кониашвили А.Ф. Купатадзе Т.С. Определение фактического тормозного коэффициента для разработки проектных рекомендации по обеспечению безопасности движения поездов на затяжных спусках. Труды ГПИ №1 (293).1985.
3. Кониашвили А.Ф. Купатадзе Т.С. Определение скорости движения и длин затяжных спусков на участках с крутыми уклонами при проектировании железных дорог. Труды ГТУ №16 (372).1990.
4. Справочник путеца. Под редакцией В.В. Баилова и М.А. Чернишова. Т.1. М. Транспорт 1972.
5. Тоннели. Под редакций д.т.н. проф В.П. Волкова. М. Транспорт 1975.
6. Кантор И.И. продолный профиль и тяга поездов М. Транспорт 1984.

## 9. გამოყენებული ლიტერატურა

1. Иноземцев В.Г. О тепловой расчета автотормозов ЦНИИ МПС №3 1970 г.
2. Иноземцев В.Г. и др. Автоматические тормоза М. Транспорт 1981 г.
3. Иноземцев В.Г. и др. Нормы и методы расчета автотормозов М. Транспорт 1971 г.
4. Сванишвили Н.В. Кванталиани Г.Г. О наибольшей длине перегона в сложных горных условиях. Транспортное строительство 1977 г. №5
5. კვანტალიანი გ.გ. და სხვა. „დიდი დახრის გრძელ დაღმართებზე მატარებლის მოძრაობის უსაფრთხოებაზე სამუხრუჭო ხუნდების გადახურების ტემპერატურის ზემოქმედება. ტექ. უნივერსიტეტის შრომები. 7 (363), 1990 წ.
6. Крилов В.В. Кванталиани Г.Г. Определение времени непрерывного торможения грузового поезда на крутом затяжном спуске по условиям неистощимости пневматических автотормозов. Труды ГПИ 2(193) 1977 г.
7. Кванталиани Г.Г. и др. Оценка нагрева композиционных колодок на перевальных участках. Вестник АН Украины 2008 г.
8. კვანტალიანი გ.გ. რაზმაძე ლ.ა. გამყოფი პუნქტების განლაგების თავისებურებანი როდესაც მთიან პირობებში. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (10), 2006 წ.
9. Кванталиани Г.Г. Размадзе Л.А. Проблемы торможения поездов на крутых уклонах.

Транспорт №1 2009 г.

№	სამეცნიერო შრომების დასახელება	ნაბეჭდი ან ხელნაწერი	გამომცემლობა, ჟურნალი (ნომერი, წელი) ან საავტორო მოწმობის ნომერი	ნაბეჭდი თაბახის ან გვერდების რაოდენობა	თანაავტორის გვარი
1	2	3	4	5	6
1	რკინიგზის მიწის ვაკისის მოწყობის ზოგიერთი თავისებურება კოლხეთის დაბლობის რთულ საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებში	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი №2 თბილისი2001წ.	27-28	
2	საქართველოს რკინიგზის ფოთისენაკის უბანზე მიწის ვაკისის ტექნიკური მდგომარეობის ანალიზი და მისი მზიდუნარიანობის ამოღლების ღონისძიებები	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი №2 თბილისი2001წ.	28-31	
3	Влияние Крутых Затяжных Спусков на безопасность движения поездов	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 2006წ.	28-33	გ. კვანტალიანი თ. კუპატაძე
4	ორთქლის ძალაზე მომუშავე რკინიგზის ტრანსპორტი	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 2006წ.	71-77	გ. კვანტალიანი თ. კუპატაძე
5	Причины обуславливающие потери управления поезда	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1(9) 2008წ.	51-55	თ. კუპატაძე
6	თბომაველის წვევა სურამის საუღელტეხილო უბანზე	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1(9) 2008წ.	118-125	თ.კუპატაძე
7	გამყოფი პუნქტების განლაგების თავისებურებანი რთულ მთიან პირობებში	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2(10) 2008წ.	103-109	გ. კვანტალიანი ლ.რაზმაძე ი.ღონღაძე
8	მთიან პირობებში სატვირთო შემადგენლობის წონის ნორმის განსაზღვრა	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2(10) 2008წ.	142-147	გ. კვანტალიანი თ. კუპატაძე
9	საუღელტეხილო უბანზე თბომაველის წვევის შემთხვევაში დამუხრუჭებით სვლის რეჟიმის კრიტერიუმები და ანალიზი	ნაბეჭდი	ინტელექტი №1(30) თბილისი 2008წ.	39-41	თ. კუპატაძე
10	თბომაველის მოძრაობა სურამის უღელტეხილის მცირერადიუსიან მრუდებში და სანიტარული ეკოლოგიური მდგომარეობა	ნაბეჭდი	ინტელექტი №1(30) თბილისი 2008წ.	42-43	თ. კუპატაძე
11	მთიან პირობებში გამყოფი პუნქტების მოედნების განლაგების სქემები	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი №2 თბილისი2011წ.		
12	გამყოფი პუნქტების სქემების განლაგების	ნაბეჭდი	ტრანსპორტი №2 თბილისი2011წ.		



	ზოგიერთი თავისებურ- ებანი მდინარი ხეობე- ბით ტრასირების დროს				
--	--	--	--	--	--