

ნატალია კუპატაძე

რკინიგზის დაპროექტების ზოგიერთი თავისებურებანი  
რთულ მთიან პირობებში

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175 საქართველო  
თვე 2011

საავტორო უფლება © ნატალია კუპატაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით ნატალია კუპატაძის მიერ შესრულებული სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებებით: “რკინიგზის დაპროექტების ზოგიერთი თავისებურებანი რთულ მთიან პირობებში” და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

ხელმძღვანელი  
სრული პროფესორი

ე. მოისწრაფიშვილი

რეცენზენტები

ხარისხის უზრუნველყოფის  
სამსახურის უფროსი  
ასოცირებული პროფესორი

მ. მოისწრაფიშვილი

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ავტორი	ნატალია კუპატაძე
დასახელება	რკინიგზების დაპროექტების ზოგიერთი თავისებურებანი რთულ მთიან პირობებში
ფაკულტეტი	სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის
ხარისხი	აკადემიური დოქტორის
სხდომა ჩატარდა	

ინდივიდუალური პროცენტების ან ინსტიტუტების მიერ ზემოთმოყვანილი დასახელების ნაშრომის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭვდა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტირებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას)

და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

მთიან პირობებში რკინიგზების დაპროექტების თავისებურებანი განპირობებულია ისეთი ფაქტორებით როგორცაა: დაგრძელებული ციკაბო ქანობები, მცირერადიუსიანი მრუდები, მატარებლის დამუხრუჭების პირობები და მოძრაობის უსაფრთხოების გათვალისწინება. სწორედ ეს ფაქტორები განსაზღვრავენ დაპროექტების ისეთ ძირითად პარამეტრებს როგორცაა მატარებლის საანგარიშო წონა, გადასარბენის სიგრძე, გამყოფი პუნქტების განლაგება, მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოება.

მატარებლის წონა ძირითადად დამოკიდებულია ლოკომოტივის სიმძლავრეზე და პროფილის ქანობაზე. მთიან პირობებში არაიშვიათად გვხვდება გრძივი ქანობი 25‰ და მეტი. ნაშრომში მოყვანილია მატარებლის წონები ქანობისაგან დამოკიდებულებით ერთმაგი და ჯერადი წევისთვის. მთიან პირობებში ასევე გვხვდება მცირერადიუსიანი მრუდები (300 მ და ნაკლებიც). ასეთ შემთხვევაში გათვალისწინებულ უნდა იქნას შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება. ამ პირობით დადგენილი გვაქვს მატარებლის წონები სხვადასხვა მცირერადიუსიან მრუდების შემთხვევაში.

როგორც ცნობილია, გრძელ აღმართებზე მოსალოდნელია ელმავლის წევის ძრავების გადახურება (მუდმივი დენის ელმავლისათვის მაქსიმალური გადახურების ტემპერატურა დასაშვებია 120° მდე).

ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით მიმართავენ ელმავლის მუშაობის საათურ რეჟიმზე გადაყვანას რაც ამცირებს ელმავლის სიმძლავრეს და საბოლოო ჯამში იწვევს მატარებლის წონის შემცირებას. ლოკომოტივის წევის ძალა ძირითადად დამოკიდებულია შეჭიდულობის კოეფიციენტზე რელსსა და თვალს შორის. თანამედროვე ელმავლებისათვის ეს სიდიდე აიღება 0.25 – ის ტოლი. როგორც გამოკვლევებმა უჩვენეს შეჭიდულობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ბევრ ფაქტორებზეა დამოკიდებული და ექსპლუატაციურ პირობებში მისი სიდიდე მერყეობს 0.18-0.22 – ის ფარგლებში. მითუმეტეს მთიან პირობებში სადაც რელსის თავის დაჭუჭყიანება, სისველე, მოყინვა ჩვეულებრივი ფაქტორია ამიტომაც ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა საანგარიშოზე დაბალი იქნება. ეს საკითხი მოითხოვს შემდგომ კვლევას და დამუშავებას. ნაშრომში აღებული მაქვს ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა 0.2 – ის ტოლი.

ამ ფაქტორის გათვალისწინებით მაქვს დადგენილი მატარებლის წონები ქანობებისაგან დამოკიდებულებით.

ციკაბო ქანობიან აღმართზე მატარებლის წონა უნდა შემოწმდეს ვაგონებს შორის გადასაბმელების სიმტკიცის პირობით გაჭიმვის მაქსიმალური დასაშვები ძალის სიდიდე აღებული მაქვს 130 ტ.

მთიან პირობებში ელექტრული წევის უპირატესობა თბოწევასთან შედარებით უდავოა. მაგრამ ექსტრემალურ პირობებში საჭიროა გავითვალისწინოთ თბოწევის გამოყენების შესაძლებლობაც. თბოწევის შემთხვევაში მატარებლის წონის დადგენაც მთიან პირობებში გააჩნია თავისებურება. საქმე იმაშია, რომ მთიან პირობებში რკინიგზა გადის ზღვის დონიდან საკმაოდ მაღალ ნიშნულზე (მაგალითად, მარაბდა-ახალქალაქის გარკვეული მონაკვეთი ზღვის დონიდან 2000 მეტრზე მდებარეობს). ამ შემთხვევაში უნდა გავითვალისწინოთ ის გარემოება, რომ თბომავლის სიმძლავრე ატმოსფერული წნევის შემცირებასთან ერთად მცირდება. ნაშრომში მოყვანილი მაქვს ატმოსფერული წნევისა და სიმძლავრის შემცირების კოეფიციენტის ურთიერთდამოკიდებულება.

ნაშრომში განხილულია სურამის უღელტეხილზე თბოწევის გამოყენების შესაძლებლობაც დადგენილია მის ცალკეულ უბნებზე მატარებლის მასა  $T\Theta 3$  თბომავლის გამოყენებით. დადგენილია აგრეთვე დადმართებზე მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარეები თბოწევისას. განხილულია თბომავლის გავლის პირობები მცირერადიუსიან მრუდებში.

მოყვანილია სანიტარულ-ჰიგიენური და ეკოლოგიური მდგომარეობა თბოწევის გამოყენების შემთხვევაში.

ნაშრომში განხილულია ციცაბო ქანობებზე მატარებლის დამუხრუჭების თავისებურებანი; როგორცაა, გრძელ დადმართებზე ხუნდების გადახურება და საჰაერო მაგისტრალის დაშრეტა.

ხუნდების გადახურების ტემპერატურა დამოკიდებულია ხუნდის მასალაზე, მოძრაობის სიჩქარეზე და დადმართის ქანობაზე. დადგენილი მაქვს დადმართის მაქსიმალური სიდიდეები სხვადასხვა ქანობისა და სიჩქარის მნიშვნელობისას, როგორც თუჯის ასევე კომპოზიციური ხუნდებისათვის.

ცნობილი მეცნიერებისა და პრაქტიკოსების შრომების გაანალიზების საფუძველზე დავადგინეთ, რომ გრძელ დადმართებზე სატვირთო მატარებლის მაქსიმალური დამუხრუჭების დრო არ უნდა აღემატებოდეს  $30\div 35$  წთ. (თუ პროფილის ქანობი  $30\%$  – მდგა ვილებთ  $t_{დამ} = 35$  წთ. თუ  $i > 30\%$  მაშინ  $t_{დამ} = 35$  წთ). ვიცით რა დადმართზე მატარებლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე და სვლის დრო მარტივია დადმართის მაქსიმალურის სიგრძის დადგენა.

გამყოფი პუნქტების განლაგება ერთ-ერთი საპასუხისმგებლო მომენტია რკინიგზების დაპროექტებისას, მითუმეტეს მთიან პირობებში სადაც გაძნელებულია სასადგურო მოედნის განლაგება და ბევრ შემთხვევაში ხაზის დაგრძელებასთან არის დაკავშირებული. ამ შემთხვევაში აუცილებელია გადასარბენის სიგრძის შემოწმება დამუხრუჭების პირობებით. ჩემს მიერ შემოთავაზებულია მეთოდის რომლის მიხედვითაც შესაძლებელია გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დადგენა. ამ შემთხვევაში გათვალისწინებულია როგორც ხუნდების გადახურების აგრეთვე მაგისტრალის დაშრეტის პირობები.

ნაშრომში შემოთავაზებული მაქვს გამყოფი პუნქტების განლაგების სხვადასხვა ვარიანტები როგორც ერთლიანდაგიანი ასევე ორლიანდაგიანი გზებისთვის, მთიან პირობებში ყველაზე აქტუალურია მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების პირობების უზრუნველყოფა.

სამუხრუჭო კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობა (0.33) ექსპლუატაციურ პირობებში ბევრ შემთხვევაში არ არის დაცული. როგორც უკანასკნელ გამოკვლევებმა უჩვენეს მისი უმცირესი მნიშვნელობა ბევრ შემთხვევაში ტოლია  $0.25 \div 0.28$  ამიტომ კოეფიციენტის ამ მნიშვნელობისთვის უნდა შეიზღუდოს მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარეები დაღმართებზე.

## ABSTRACT

In the mountainous conditions design features of railways are stipulated due such factors as: prolonged steep slopes, curves with small radiuses, train braking conditions and traffic. These factors determines the design parameters such as the train calculated weight, stage length, arrangement of separating points, trains traffic safety.

The train weight mainly depends on the locomotive power and profile of the slope. In the mountainous conditions not infrequent takes place the longitudinal slope of 25 % and more. In the work are given train weights depending on the slopes for single and multiples traction. In the mountainous conditions also can be found curves with small radiuses (300 m and less). In this case would be provided reduction of coefficient of traction. Under this condition we have defined the train various weights in the case of curves with small radiuses.

As is known, in the long ascending grades is expected overheating of electric locomotive traction motors (for direct current electric locomotives maximal temperature of overheating would be up to 120°C).

In order to avoid this phenomenon is applied the transfer of electric locomotive work on by the hour mode that reduces the locomotive power and finally is resulted in the reduction of train weight.

The locomotive traction force mainly depends on the coefficient of traction between rail and wheel. For modern electric locomotives this value will be taken equal to 0.25. As it is indicated due studies the value of coefficient of traction depends on many factors and in operational conditions it varies in the range of 0.18-0.22, especially in mountainous conditions where the rails heads fouling, moisture, icing are routine factors, thus the value of this coefficient would be lower than design value. This issue requires further research and development. In the work I accept value of this ratio equal to 0.2.

By taking into account these factors I have determined the train weights depending on slopes.

On long ascending grades the weight of train would be checked due the carriages coupling strength condition. The stretching force maximal permissible value I have taken up to 130 tons.

In the mountainous conditions electric traction advantage compared with diesel traction is evidence. But in extreme conditions is necessary also to take into account the possibility of diesel traction application. In the diesel traction case definition of weight of the train in mountainous conditions has some feature. The point is that the in the mountainous conditions railway is located on rather high mark from sea level (for example, a certain section of the Marabda - Akhalkalaki railway are located on altitude up to 2000 meters from sea level). In this case, we should consider the circumstance that the power of diesel locomotive decreases with atmospheric pressure

decreasing. In work is given the interdependence between atmospheric pressure and power reduction coefficient.

In the work is considered the possibility of diesel traction application on Surami pass. Is defined the weight of train on its various districts on using the TЭ 3 diesel locomotive. Also are determined the maximum permissible speeds on slopes at diesel traction. The diesel locomotive passing conditions in curves with small radiuses are considered.

The sanitary - hygienic and environmental conditions in cases of diesel traction application are given.

VI

In the work is considered the train braking characteristics on steep slopes, such as the brake shoes overheating on long slopes and air line exhaustion.

The brake shoes overheating temperature depends on the shoe material, the movement speed of the descent and on slope. I have defined the maximum values of slope at various descents of slope and speed value for cast iron as well as for composite shoes.

on the basis of analysis of well-known scientists and practitioners works is defined that on the long slopes maximum braking time of freight train should not exceed  $30 \div 35$  min (if the profile of slope is up to 30 ‰ we accept  $t_{br} = 35$  min. If  $i > 30$  ‰ then  $t_{br} = 35$  min). As we know the average train movement speed on the slope and travel time is simple to define maximum length of descent.

Number of dividing point's location is one of the responsible moments at railways planning, especially in mountainous conditions where station square arrangement is complicated and in many cases is connected with the line's prolongation. In this case is necessary to check the length of stage due braking conditions. I have proposed methods which can determine the length of the optimal stage. In this case is considered the brake shoes overheating as well as air line exhaustion conditions.

In the work I have proposed different versions of dividing point's arrangement for single track as well as for double track, in the mountainous conditions most important is to ensure train traffic safety conditions. The design value of braking ratio (0.33) in operational conditions in many cases is not keeping. As indicates recent investigates its minimal value in many cases is equal to  $0.25 \div 0.28$  Therefore for this value of ratio should be limited to maximum permissible speeds on slopes..

## შინაარსი

- შესავალი;
1. ლიტერატურის მიმოხილვა;
  2. შედეგები და მათი განსჯა;
  - 2.1. სატვირთო მატარებლის წონის ნორმის განსაზღვრის თავისებურებანი რთული რელიეფის პირობებში;  
ასკენა;
  - 2.1.1. მატარებლის წონის ნორმის განსაზღვრის თავისებურებანი თბოწვევის გამოყენებისას რთული რელიეფის პირობებში;
  - 2.1.2. სურამის საუღელტეხილო რკინიგზის უბანზე თბოწვევის გამოყენების შესაძლებლობის გამოკვლევა;
  - 2.1.3. დამუხრუჭებით სვლის რეჟიმის ანალიზი თბომავლის წვევის შემთხვევაში;
  - 2.1.4. თბომავლის გავლა მცირერადიუსიან მრუდებში ;
  - 2.1.5. სანიტარულ-ჰიგიენური და ეკოლოგიური მდგომარეობა თბოწვევის გამოყენებისას რეკომენდაციები;
  - 2.2. გამყოფი პუნქტების განლაგების თავისებურებანი რელიეფის პირობებში;
  - 2.2.1. ციცაბო ქანობიან დაღმართებზე სატვირთო მატარებლის დამუხრუჭების სითბური რეჟიმის გამოკვლევა;
  - 2.2.2. თეორიული გაანგარიშების შედეგების შეჯერება ექსპერიმენტების მონაცემებთან;
  - 2.2.3. ციცაბო დაღმართებზე უწყვეტი დამუხრუჭების დროის დადგენა;
  - 2.3. დაღმართის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა ხუნდების გაცვეთის პირობით ;
  - 2.4. აღმართის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა ელექტრული ძრავების გადახურების პირობით;
  - 2.5. ციცაბო დაღმართებზე მატარებლის დამუხრუჭების თავისებურებანის გათვალისწინება რკინიგზების დაპროექტებისას;
  - 2.5.1. გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა ორლიანდაგიანი რკინიგზებისათვის;
  - 2.5.2. ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დადგენა ;
  - 2.6. მატარებლის უსაფრთხო მოძრაობის პირობების გათვალისწინება რკინიგზების დაპროექტებისას ;
  - 2.7. მთიან პირობებში რკინიგზის გამყოფი პუნქტების მოედნების განლაგების სქემები ;
  - 2.8. გამყოფი პუნქტების სქემების განლაგების ზოგიერთი თავისებურებანი მდინარის ხეობებით ტრასირების დროს;
  - 2.9. ნაშრომის პრაქტიკული რეალიზაცია;
  3. დასკვნები;  
გამოყენებული ლიტერატურა.



ცხრილი №1. მატარებლის წობენი ლოკომოტივის საანგარიშო ძალის მიხედვით . . . . .	20
ცხრილი №2. მატარებლის წონები შემცირებული შეჭიდულობის კოეფიციენტის მიხედვით . . . . .	22
ცხრილი №3. მცირერადიუსიან მრუდებში შეჭიდულობის კოეფიციენტის მნიშვნელობები . . . . .	24
ცხრილი №4. მატარებლის წონები მცირერადიუსიანი მრუდების გათვალისწინებით . . . . .	25
ცხრილი №5. მატარებლის წობენი ლოკომოტივის საათურ რეჟიმზე მუშაობისას . . . . .	26
ცხრილი №6. მატარებლის წონები მცირერადიუსიან მრუდებში და საათური რეჟიმის დროს . . . . .	27
ცხრილი №7. მატარებლის წონები ავტოგადაბმის სიმტკიცის პირობით . . . . .	28
ცხრილი №8. მატარებლის წონები სასადგურო ლიანდაგების სიგრძის მიხედვით . . . . .	29
ცხრილი №9. დიზელის სიმძლავრის შემცირების კოეფიციენტის მნიშვნელობები ატმოსფერული წნევის ცვალებადობასთან დაკავშირებით . . . . .	33
ცხრილი №10. დიზელის სიმძლავრის შემცირების კოეფიციენტი ტემპერატურის ცვალებადობასთან დაკავშირებით . . . . .	33
ცხრილი №11. ვარიანტების ჯამური საექსპლუატაციო ხარჯები . . . . .	37
ცხრილი №12. დიზელის სიმძლავრის შემცირების მნიშვნელობები სურამის უღელტეხილისათვის . . . . .	40
ცხრილი №13. შეჭიდულობის კოეფიციენტების მნიშვნელობები სურამის უღელტეხილზე . . . . .	41
ცხრილი №14. მატარებლის საანგარიშო წონის ნორმები სურამის უღელტეხილზე . . . . .	42
ცხრილი №15. სურამის უღელტეხილზე მოძრაობის დასაშვების სიჩქარეების მნიშვნელობები . . . . .	44
ცხრილი №16. ლოკომოტივების ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები . . . . .	48
ცხრილი №17. სურამის უღელტეხილზე თბოწვევისას უდიდესი დასაშვები სიჩქარეების მნიშვნელობები . . . . .	49
ცხრილი №18. სათბობის ხარჯის დადგენა ხაშური-ზესტაფონის უბანზე . . . . .	50
ცხრილი №19. გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძეები ტექნიკური პირობების მიხედვით . . . . .	56
ცხრილი №20. ტრასის დაგრძელების მნიშვნელობები ქანობებისაგან დამოკიდებულებით . . . . .	60
ცხრილი №21. დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეები ხუნდების გადახურების პირობით . . . . .	68
ცხრილი №22. სამუხრუჭო სისტემაში წნევების ცვალებადობა (ციკლი №1) . . . . .	80
ცხრილი №23. სამუხრუჭო სისტემაში წნევების ცვალებადობა (ციკლი №2). . . . .	81
ცხრილი №24. სურამის უღელტეხილზე ჩატარებული ცდების შედეგები . . . . .	84
ცხრილი №25. დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეები ხუნდის სისქესთან დამოკიდებულებით . . . . .	90

ცხრილი №26. წვევის ძრავების გახურების მაქსიმალური ტემპერატურის მნიშვნელობები . . . . .	92
ცხრილი №27. აღმართის მაქსიმალური მნიშვნელობები წვევის ძრავების გადახურების პირობით . . . . .	94
ცხრილი №28. დაღმართის მაქსიმალური სიგრძის მნიშვნელობები ხუნდის გადახურების პირობით . . . . .	99
ცხრილი №29. გადასარბენის სიგრძის მნიშვნელობები გამტარუნარიანობისაგან დამოკიდებულებით . . . . .	104

ნახაზი №1. მატარებლის წონები ლოკომოტივის საანგარიშო წვეის მიხედვით . . . . .	20
ნახაზი №2. მატარებლის წონები შემცირებული შეჭიდულობის კოეფიციენტის მიხედვით . . . . .	23
ნახაზი №3. მატარებლის წონები მცირერადიუსიანი მრუდების გათვალისწინებით . . . . .	26
ნახაზი №4. მატარებლის წონები ლოკომოტივის საათურ რეჟიმზე მუშაობისას . . . . .	27
ნახაზი №5. მატარებლის წონები მცირერადიუსიან მრუდებში ელმავლის საათური რეჟიმისას. . . . .	27
ნახაზი №6. მატარებლის წონის ნორმის შეზღუდვა სხვადასხვა პირობებით . . . . .	30
ნახაზი №7. დიზელის სიმძლავრის შემცირების კოეფიციენტების მნიშვნელობები წნევისა . . . . .	34
ნახაზი №8. ტრასის დაგრძელების სქემა გამყოფი პუნქტის განლაგებისას . . . . .	60
ნახაზი №9. დადმართის მაქსიმალური სიგრძეები ხუნდების გადახურების პირობით . . . . .	69
ნახაზი №10. ხუნდში თერმოწყვილის დამაგრების სქემა . . . . .	71
ნახაზი №11. ხუნდის გახურების ტემპერატურის ცვალებადობის გრაფიკი . . . . .	72
ნახაზი №12. მუხრუჭების გამოსაცდელი სტენდის სქემა . . . . .	76
ნახაზი №13. სამუხრუჭო სისტემაში წნევების ცვალებადობის გრაფიკი . . . . .	79
ნახაზი №14. დადმართებზე დასაშვები მაქსიმალური სიჩქარეები ქანობებისაგან დამოკიდებულებით . . . . .	85
ნახაზი №15. დადმართის მაქსიმალური სიგრძეები მაგისტრალის დაშრეტის პირობით . . . . .	86
ნახაზი №16. დადმართის მაქსიმალური სიგრძის დამოკიდებულება ხუნდის სისქესთან . . . . .	91
ნახაზი №17. აღმართის მაქსიმალური სიგრძის დამოკიდებულება ძრავის საწყის ტემპერატურასთან (საანგარიშო რეჟიმისას) . . . . .	96
ნახაზი №18. აღმართის მაქსიმალური სიგრძის დამოკიდებულება ძრავის საწყის ტემპერატურასთან (საათური რეჟიმისას) . . . . .	97
ნახაზი №19. დადმართის სიგრძის დადგენა დამუხრუჭების პირობით . . . . .	102
ნახაზი №20. გადასარბენის სიგრძეების დამოკიდებულების გრაფიკი ხაზის გამტარუნარიანობასთან. . . . .	105
ნახაზი №21. არსებულ ერთლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა . . . . .	111
ნახაზი №22. არსებულ ერთლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა (ჩიხური სქემა) . . . . .	113
ნახაზი №23. ორლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა . . . . .	114
ნახაზი №24. ორლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა (ჩიხური სქემა) . . . . .	115

ნახაზი №25. ორლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა (სხვადასხვა დონეზე მიერთებით) . . . . .	.115
ნახაზი №26. გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა მდინარის ხეობით სვლისას . . . . .	116
ნახაზი №27. გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა მდინარის ხეობით სვლისას (ჩიხური სქემით) . . . . .	.117
ნახაზი №28. გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა ორლიანდაგიან გზაზე . . . . .	.118
ნახაზი №29. გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა ორლიანდაგიან გზაზე (სხვადასხვა დონეზე მიერთებით) . . . . .	118
ნახაზი №30. თეთრიწყარო-ნადარბაზევი გრძივი პროფილი . . . . .	.121
ნახაზი №31. თეთრიწყარო-ნადარბაზევი გეგმა . . . . .	122
ნახაზი №32. გადასარბენის სიგრძის შემოწმება დამუხრუჭების პირობით (თეთრიწყარო-ნადარბაზევი) . . . . .	.123
ნახაზი №33. თეთრიწყარო-ჭიჭკავი-ნადარბაზევის გრძივი პროფილი . . . . .	126

მინდა მადლობა გადავუხადო ჩემი სადისერტაციო ნაშრომის ხელმძღვანელს სრულ პროფესორს ენვერ მოისწრაფიშვილს – სისტემატური კონსულტაციებისა და საჭირო ლიტერატურის მოძიება-მომარაგებაში გაწეული დახმარებისათვის.

მინდა მადლობა გადავუხადო აგრეთვე რკინიგზების მშენებლობის ასოცირებულ პროფესორს გულივერ კვანტალიანს მატარებლების დამუხრუჭების საკითხებში მაღალკვალიფიციური კონსულტაციებისა და ნაშრომის გაფორმების საქმეში გაწეული წვლილისათვის.

## შ ე ს ა ვ ა ლ ი

იოლი, გაშლილი რელიეფის პირობებში რკინიგზებს ახასიათებს მცირე სახელმძღვანელო ქანობი. ამასთანავე იშვიათად გვხვდება

გრძელი დაღმართები. მთიანი რელიეფის პირობებში რკინიგზას გააჩნია რთული პროფილი და გეგმა. უმეტეს შემთხვევაში სახელმძღვანელო ან ჯერადი ქანობი აღემატება 20%-ს და აღწევს 40%-მდეც. მაგალითად, სურამის უღელტეხილზე მაქსიმალური ქანობი შეადგენს 29%-ს. ჯაჯურის უღელტეხილზე (სომხეთის რკინიგზა) – 25%. მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე – 35%.

მთიანი რელიეფის პირობებში რკინიგზების დაპროექტებისას და არსებული ხაზის ექსპლუატაციის დროს აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას მატარებლის წევის და დამუხრუჭების თავისებურებანი. ასეთებს შეიძლება მივაკუთნოთ მატარებლის წონის ნორმის დადგენა, გრძელ დაღმართზე სამუხრუჭო ხუნდების გადახურება, საჭაერო მაგისტრალის დაშრეტა ციცაბო დაღმართზე). წევის ძრავების გადახურება, აუცილებელია ასეთ გზებზე დაცული იყოს მატარებლის მოძრაობის უსაფრთხოების პირობები და ამ მიზნით მთელი რიგი ღონისძიებების გატარება.

იოლი რელიეფის პირობებში მატარებლის წონის ნორმა ძირითადად, როგორც წესი დამოკიდებულია ლოკომოტივის სიმძლავრეზე და სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდეზე. როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ მთიანი რელიეფის პირობებში რკინიგზებს ახასიათებს ციცაბო ქანობები და მცირე რადიუსიანი მრუდები. ამ პირობებში წონის ნორმის დადგენისას გათვალისწინებული უნდა იქნას შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება რელსსა და თვალს შორის, რომელიც გამოწვეულია წრიული მრუდების მცირე რადიუსებით და რელსების გაჭუჭყიანებით.

მხედველობაშია მისაღები აღმართზე მატარებლის მოძრაობისას წევის ძრავების გადახურება, ვინაიდან საანგარიშო წონის მატარებლების (გრძელ აღმართზე) მოძრაობისას მოსალოდნელია ძრავების გადახურება. ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით უნდა შევამციროთ მატარებლის წონის ნორმა.

მთიან პირობებში რკინიგზები უმთავრესად გადის ზღვის დონიდან შედარებით მაღლა (მაგალითად მარაბდა-ახალქალაქის

რკინიგზის ხაზის გარკვეული მონაკვეთი ზღვის დონიდან 2000 მეტრზე მდებარეობს).

ასეთ პირობებში მხედველობაში მისაღებია ატმოსფერული წნევის შემცირებით გამოწვეული ლოკომოტივის სიმძლავრის შემცირება (თბოწევის შემთხვევაში).

მთიანი რელიეფის პირობებში ხშირია ციცაბო, გრძელი დაღმართები. მაგალითად მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე ერთი გადასარბენის ფარგლებში შეადგენს 15კმ-ს.

ბოლო პერიოდში საგრძნობლად გაუმჯობესდა მოძრავი შემადგენლობის სამუხრუჭო აღჭურვილობა, რამაც საშუალება მოგვცა მოძრაობის სიჩქარეების მნიშვნელოვნად გაზრდისა. ექსპლუატაციაში შემოვიდა აგრეთვე მძლავრი ტიპის ელმავლები და თბომავლები, რამაც მკვეთრად გაზარდა სატვირთო მატარებლების წონა. მიუხედავად ზემოთ აღნიშნული პროგრესისა, რთულ მთიან პირობებში, სადაც გვხვდება დიდქანობიანი დაძაბული უბნები, მატარებლების მოძრაობის სიჩქარეები და მასები შეზღუდულია. ასეთ პირობებში მატარებლის მოძრაობის სიჩქარეს ზღუდავს სამუხრუჭო პირობები: მაგალითად სურამის უღელტეხილზე სატვირთო მატარებლის მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარეა – 40კმ/სთ. მარაბდა-ახალქალაქის ხაზზე – 35კმ/სთ.

ციცაბო ქანობიან გრძელ დაღმართებზე მოსალოდნელია სამუხრუჭო ხუნდების გადახურება და საჰაერო მაგისტრალის დაშრეტა (ჰაერის წნევის დაცემა ნორმაზე დაბლა). ასეთ უბნებზე აუცილებელია აგრეთვე ხუნდების მინიმალური სისქის დადგენა (თუჯის ხუნდებისასთვის) 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 დაღმართის ზღვრული სიგრძე იმ პირობით, რომ ხუნდების გახურების ტემპერატურამ არ გადააჭარბოს დადგენილ ნორმებს (350<sup>0</sup>). თანამედროვე მოძრავი შემადგენლობა

აღჭურვილია ისეთი ჰაერგამანაწილებებით, რომლებიც თეორიულად უშრეტნი არიან.

მიუხედავად ამისა, ხანგრძლივი, უწყვეტი დამუხრუჭების დროს, ციკაბო დაღმართებზე მოსასლოდნელია 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. საქმე ის გახლავთ, რომ სამთო რკინიგზების ხვედრითი წილი საერთო რკინიგზების ქსელთან შედარებით მცირეა. მეორეც, არსებულ რკინიგზებზე დაძაბულ უბნებიანი მონაკვეთების სიგრძეები არ აღემატება 7-9 კმ-ს. ამიტომაც ასეთი პრობლემური საკითხები ბოლო პერიოდამდე არ იყო. უკანასკნელ ხანებში დაიწყო დაუსახლებელი მთიანი რაიონების ათვისება და საჭირო გახდა ასეთ პირობებში რკინიგზის ხაზის დაპროექტება და მშენებლობა.

მთაგორიანი რელიეფის პირობებში გამწვანებულია გამყოფი პუნქტების განლაგება და უმეტეს შემთხვევაში დაკავშირებულია რკინიგზის ხაზის დაგრძელებასთან. ამიტომ დაპროექტებლები ცდილობენ გამყოფი პუნქტების რიცხვის შემცირებას (ორლიანდაგიან ხაზზე). რაც თავისთავად გამოიწვევს გადასარბენის სიგრძის გაზრდას. (ნორმებით ორლიანდაგინი რკინიგზის ხაზის გადასარბენის სიგრძე შეიძლება გავზარდოთ 30 კმ-მდე). ერთლიანდაგინი რკინიგზის ხაზის გადასარბენის სიგრძე დამოკიდებულია გამტარუნარიანობაზე. მცირე გამტარუნარიანობისას შესაძლებელია გადასარბენის სიგრძემ მიაღწიოს 10-15 კმ-ს (მაგალითად მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძეა 15კმ.).

ასეთ პირობებში აუცილებელია დაძაბულქანობიანი გადასარბენის სიგრძეების შემოწმება სატვირთო მატარებლის დამუხრუჭების



პირობებით: ხუნდების გადახურება, საჰაერო მაგისტრალის დაშრეტა. ზემოთ აღნიშნული საკითხების გადაწყვეტას ეძღვნება ჩემი სადოქტორო ნაშრომი.

## 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

მატარებლების ციკაბო ქანობებზე დამუხრუჭების პრობლემებმა გასული საუკუნის 70-იან წლებში მიიქცია ყურადღება. საქმე იმაშია, რომ სამთო რკინიგზების წილობრივი ნაწილი საერთო ქსელში იყო ძალიან მცირე (დაახლოებით 1%). ამასთანავე ძველი ტექნიკური ნორმებით აშენებულ სამთო რკინიგზებზე გადასარბენის სიგრძე იყო მცირე – 7-8 კმ.

ამავდროულად მოძრაობის სიჩქარეები იყო დაბალი, ამიტომ ასეთ მონაკვეთებზე დამუხრუჭების პრობლემები ასე მწვავედ არ იდგა. გასული საუკუნის 70-იან წლებში დაიწყო ტრანსკავკასიის ორლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის პროექტის დამუშავება, სადაც გამოყენებული იყო დიდი სახელმძღვანელო ქანობი (30‰) და გადასარბენის სიგრძე აღწევდა 15-20 კმ.

ხუნდების გახურების ტემპერატურის განსაზღვრას არაერთმა ქართველმა და უცხოელმა მეცნიერმა მიუძღნა გამოკვლევა. ყველაზე სანდო და დასაბუთებული შედეგები მიიღო ცნობილმა რუსმა მეცნიერმა და პრაქტიკოსმა ვ. ინოზემცევმა [1] [2].

პრობლემის აქტიურობის გამო ქართველმა მეცნიერებმაც დაიწყეს ციკაბო ქანობებზე მატარებელთა დამუხრუჭების საკითხების შესწავლა. პირველი მეცნიერული სტატია რომელიც შეეხებოდა ციკაბო ქანობიან გადასარბენის სიგრძის დადგენას გამოქვეყნდა 1977 წელს [3].

გარდა თეორიული გამოკვლევებისა ხუნდების გადახურების ტემპერატურა განსაზღვრული იქნა აგრეთვე ექსპერიმენტალური გზით, რომელიც ჩატარებული იქნა სურამის უღელტეხილზე [4]. თეორიულმა და ექსპერიმენტალურმა გამოკვლევებმა ცხადყვეს, რომ თეორიული კვლევის შედეგები და ექსპლუატაციურ პირობებში განსაზღვრული ტემპერატურები ერთმანეთის თანხვედრია.

ციცაბო ქანობიან გრძელ დაღმართებზე მატარებლების დამუხრუჭებისას მაგისტრალში ჰაერის წნევის განსაზღვრა და მისი ცვალებადობის დადგენა თეორიული გამოკვლევების გზით ერთობ რთულია, ვინაიდან ის დაკავშირებულია მრავალ ფაქტორებთან.

საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე მოძრავი შემადგენლობა აღჭურვილია ისეთი ტიპის ჰაერგამანაწილებლებით, რომლებიც თეორიულად უშრეტნი არიან.

მაგრამ ექსპლუატაციის პირობებში სხვადასხვა გარემოების გამო ჰაერის წნევა მაგისტრალში, სამუხრუჭო ცილინდრებში და სამარაგო რეზერვუარებში შეიძლება აღმოჩნდეს ნორმაზე დაბლა, რაც მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით დაუშვებელია. დამუხრუჭების ხანგრძლივობის მაქსიმალური დროის დასადგენად ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტი ყოფილ საკავშირო ინსტიტუტში, რომელიც წარმოადგენდა სატვირთო მატარებლების იმიტაციას [5]. ცდების შედეგად დადგინდა რომ სატვირთო მატარებლების დამუხრუჭების მაქსიმალური დრო შეადგენს 30-35 წუთ. (ქანობებთან დამოკიდებულებით). უკანასკნელ პერიოდში დღის წესრიგში დადგა მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქციის საკითხი. ამ ხაზზე გვხვდება მაქსიმალური ქანობი 35%. გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძე – 15 კმ. აუცილებელი შეიქმნა ხუნდების გადახურების ტემპერატურის შემოწმება [6]. ხუნდების გადახურების ტემპერატურის შემოწმება და მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების პირობებთან დაკავშირებული საკითხების შესწავლა და გამოკვლევა. რომელიც ჩატარებული იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რკინიგზების მშენებლობის ლიანდაგის და სალიანდაგო მეურნეობის კათედრის თანამშრომლების მიერ. აღნიშნული გამოკვლევებისა და შესწავლის შედეგები წარმოდგენილი იქნება სადოქტორო დისერტაციის დასკვნით ნაწილში.



## 2. შედეგები და მათი განსჯა

### 2.1 სატვირთო მატარებლის წონის ნორმის განსაზღვრის თავისებურებანი რთული რელიეფის პირობებში

როგორც ცნობილია რკინიგზის ხაზის გამზიდუნარიანობის ერთ-ერთი ძირითადი განმსაზღვრელია სატვირთო მატარებლის მასა. სატვირთო მატარებლის მასა ლოკომოტივის სიმძლავრის მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით

$$Q = \frac{F_k - P(\omega_0' + i_{სახ})}{\omega_0'' + i_{სახ}} \cdot \tau \quad (2.1)$$

აღნიშნულ ფორმულაში

$F_k$  - ლოკომოტივის წვევის ძალაა კგ

$P$  - ლოკომოტივის მასა ტ

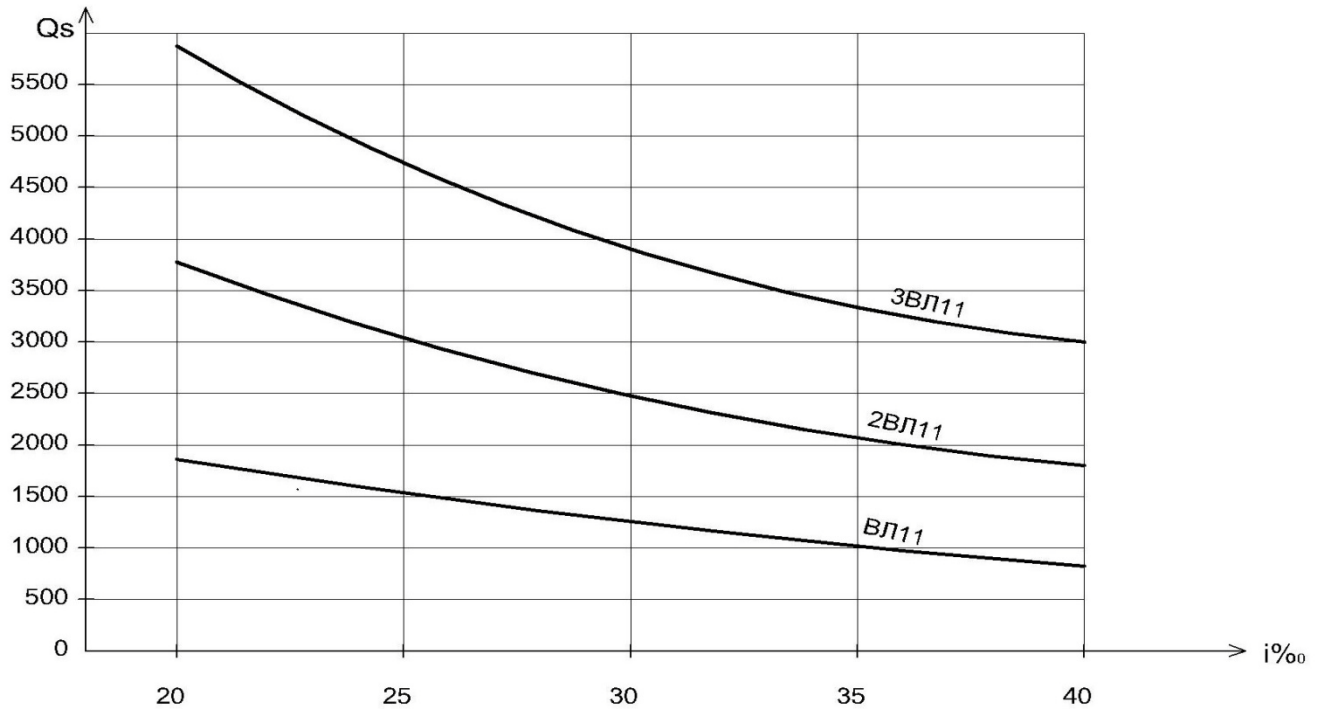
$i_{სახ}$  - სახელმძღვანელო ქანობია

$\omega_0'$  - ლოკომოტივის ხვედრითი წინაღობაა ( $\omega_0' = 3.02$ )

$\omega_0''$  - ვაგონების ძირითადი საშუალო ხვედრითი წინაღობაა

ანგარიშებისათვის ( $\omega_0'' = 1.5$  კგ/ტ)

რთულ მთიან პირობებში რკინიგზის ხაზი ხასიათდება დიდი სახელმძღვანელო ან ჯერადი წვევის ქანობით და მცირერადიუსიანი მრუდებით. ლოკომოტივის სიმძლავრის მიხედვით სხვადასხვა ქანობისათვის დადგენილი მატარებლის წონა მოყვანილია ქვემოთ წარმოდგენილ ცხრილში (№1) და გრაფიკულად წარმოდგენილი ნახ. №1 – ზე.



ნახ. №1 მატარებლის წონები ლოკომოტივის საანგარიშო ძალის მიხედვით.

ცხრილი №1

ლოკომოტივის ტიპი	სახელმძღვანელო ან ჯერადი წვეის ქანობი				
	20‰	25‰	30‰	35‰	40‰
ВЛ11	1942	1541	1267	1068	917
2ВЛ11	3885	3082	2534	2137	1835
3ВЛ11	5827	4623	3802	3220	2753

ლოკომოტივის საანგარიშო წვეის ძალა განისაზღვრება წამყვანი თვლის რელსთან შეჭიდულობის პირობით ე.ი.

$$F_k \leq 10^3 P \cdot \Psi_k \quad (2.2)$$

$\Psi_k$  – არის წამყვანი თვლის რელსთან შეჭიდულობის კოეფიციენტი, რომელიც მუდმივი დენის ლოკომოტივებისათვის ნორმალურ მდგომარეობაში მყოფი რკინიგზებისათვის გამოითვლება შემდეგი ფორმულის დახმარებით

$$\Psi_k = 0.28 + \frac{3}{50 + 20 \nu} - 0.0007 \nu \quad (2.3)$$

БЛ11 და БЛ10 ტიპის ლოკომოტივებისათვის მინიმალური საანგარიშო სიჩქარე აღმართზე მიღებულია  $V_{საანგ} = 46.7$  კმ/სთ, რომლის შესაბამისი შეჭიდულობის კოეფიციენტი არის  $\Psi_k = 0.25$

შეჭიდულობის კოეფიციენტი  $\Psi_k$  მეტად რთული ბუნებისაა, ახასიათებს ცვალებადობის საკმაოდ ფართო დიაპაზონი. დამოკიდებულია მეტად მრავალ ფაქტორზე, რომელთა შორის არსებითია რელსის თავების მდგომარეობა, უმთავრესად სისველე და გაჭუჭყიანებულობა. მისი ბუნების დასადგენად ჩატარებულია მრავალრიცხოვანი ცდები ყოფილი საბჭოთა კავშირის, საფრანგეთის, აშშ, ინგლისის და ბელგიის რკინიგზებზე (5). 50 - იან წლებში ამერიკის შეერთებული შტატების რკინიგზებზე ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენეს, რომ  $\Psi_k$  კოეფიციენტის მნიშვნელობების უდიდესი უმრავლესობა (70%) მერყეობს: მშრალი რელსებისათვის 0.12-0.20 ინტერვალში ხოლო სველი რელსებისათვის 0.04-0.1 ინტერვალში ე.ი. რელსის თავის დასველებისა და გაჭუჭყიანების შედეგად (ატმოსფერული ნალექების, თოვლით დანამქრვის, ყინვის, ცვრის, მტვრის, ნავთობპროდუქტებით გაჭუჭყიანების შედეგად) ეს კოეფიციენტი 2-2.5 – ჯერ მცირდება მშრალი რელსების შეჭიდულობის კოეფიციენტთან შედარებით. ამ მოვლენის საწინააღმდეგოდ მიმართავენ სილის მოყრას რელსის თავებზე. მაგრამ როგორც იმავე ცდების მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა, სილის მოყრა ადიდებს  $\Psi_k$  კოეფიციენტს მშრალი რელსებისას მხოლოდ 0.20 – მდე ხოლო სველი რელსებისას 0.13 – მდე. გარდა ამისა როცა რკინიგზა გადის რთულ მთიან პირობებში მისთვის დამახასიათებელია ზღვის დონიდან მაღალი სიმაღლე (მაგალითად მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზი გადის 1500-2000მ სიმაღლეზე), მკაცრი ზამთარი, რომელიც გრძელდება 5-7 თვე, მკვეთრი კონტინენტალური კლიმატი, ატმოსფერული ნალექები, გაბატონებული ქარების მიმართულება და სხვა. ამიტომ წონის ნორმის დადგენისას ასეთ პირობებში საჭიროა ნატურალური ცდების მოწყობა ექსპლუატაციურ პირობებში და  $\Psi_k$  კოეფიციენტის საანგარიშო ნორმების დაკანონება შესაბამისი კონკრეტული რეგიონისათვის.

წინასწარი ანალიზისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ წვეის გაანგარიშების წესებში (2) როგორც ნორმატიულ დოკუმენტში,

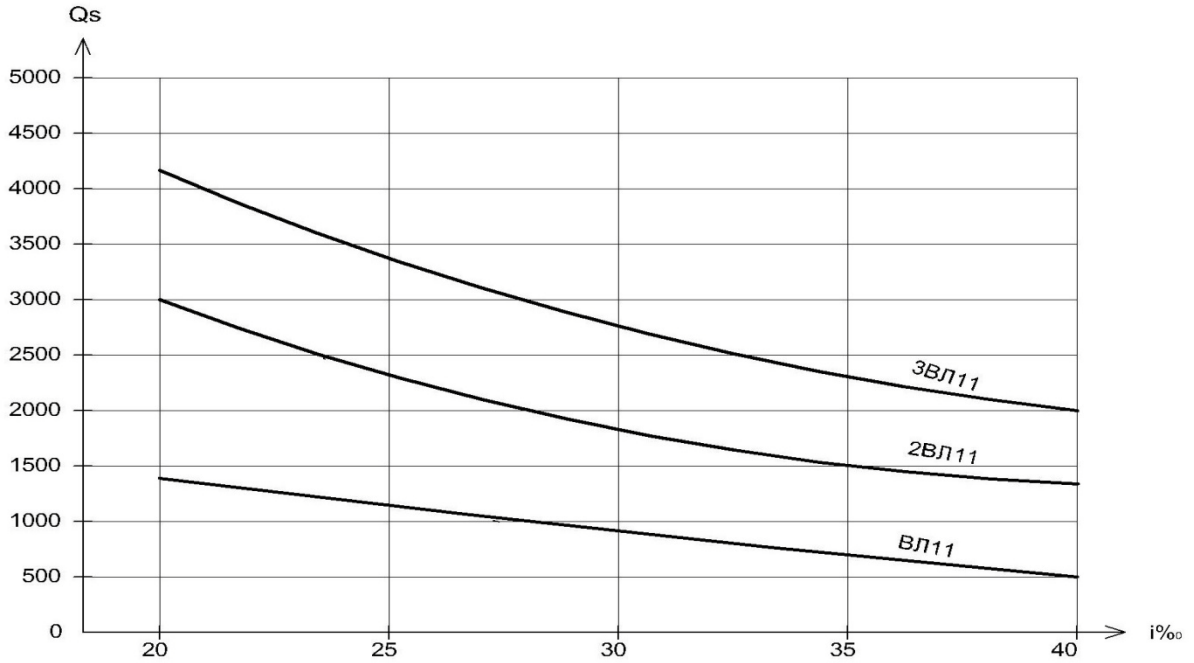
არსებული შემდეგის მითითებებით იმისათვის, რომ გავითვალისწინოთ განსხვავების გარდუვალობა დაშვებულ საანგარიშო და ფაქტიურ პირობებს შორის, აგრეთვე ავიცილოთ ლოკომოტივის გადატვირთულ რეჟიმში მუშაობა, ელექტრომაგვლის წვეის ძალა უნდა შემცირდეს 5% - ით ხოლო ზამთრის პერიოდში განსაკუთრებულ არახელსაყრელ პირობებში (წამყვან თვალსა და რელს შორის შეჭიდულობის თვალსაზრისით)  $\Psi$  კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობა უნდა შემცირდეს საცდელი გამგზავრებით დადგენილ სიდიდემდე, ყოველ შემთხვევაში არა უმეტეს ფორმულით განსაზღვრული მნიშვნელობის 15% - ისა ამ მითითებების თანახმად БЛ11 და БЛ10 ლოკომოტივებისათვის  $\Psi_k$  კოეფიციენტების შემცირებული მნიშვნელობა იქნება  $0.8 \cdot 0.25 = 0.2$  ლოკომოტივის საანგარიშო წვეის ძალა ტოლი იქნება (ერთმაგი წვევა)

$$F_k = 10^3 \cdot 184 \cdot 0.2 = 36800 \text{ კგ.}$$

შემცირებული შეჭიდულობის კოეფიციენტისათვის სატვირთო მატარებლის წონა სხვადასხვა ქანობებისათვის მოყვანილია №2 ცხრილში და გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ. №2 – ზე.

ცხრილი №2

ლოკომოტივის წვეის სახეები	სახელმძღვანელო ან ჯერადი წვეის ქანობი				
	20	25	30	35	40
БЛ11	1515	1194	976	817	696
2БЛ11	3029	2388	1951	1633	1392
3БЛ11	4544	3583	2926	2449.7	2088



**ნახაზი №2**

**მატარებლის წონები შემცირებული შეჭიდულობის კოეფიციენტის მიხედვით**

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ რთული რელიეფის პირობებში რკინიგზები ხასიათდება მცირე რადიუსიანი მრუდებით. მაგალითად სურამის უღელტეხილზე წრიული მრუდის მინიმალური რადიუსი შეადგენს 200მ ხოლო მარაბდა-ახალქალაქის ხაზზე 300მ.

გარდა ზემოთაღნიშნული გარემოებებისა შეჭიდულობის კოეფიციენტი  $\Psi$  მცირდება აგრეთვე მცირერადიუსიან მრუდებში (როდესაც რადიუსის სიდიდე  $R < 500$ მ) რაც გაითვალისწინება კოეფიციენტის  $K_{\psi}$  მეშვეობით.

$$\text{ე.ი. } \Psi_{\text{მრ}} = K_{\psi} \cdot \Psi_k \quad (2.4)$$

$K_{\psi}$  – კოეფიციენტის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{\psi} = \frac{250 + 1.55 R}{500 + 1.1 R} \quad (2.5)$$

№3 ცხრილში მოყვანილია  $K_{\psi}$  კოეფიციენტის რადიუსთან დამოკიდებულების მნიშვნელობები.



R	200	300	400	500
K <sub>ψ</sub>	0.78	0.86	0.93	0.98

ჩვეულებრივად როცა წვეის ძალა განსაზღვრულია წამყვანი თვლის რელსთან შეჭიდულობის პირობით, ( $\Psi_k$ ) და იგი შემცირებულია ამ შემცირებას აკომპენსირებენ მრუდის ფარგლებში მის წინ აღმართის მხარეს ქანობის შემსუბუქებით. ამ მოვლენის ექვივალენტურ ქანობს ითვლიან შემდეგი ფორმულის დახმარებით

$$i_{\psi} = (1 - K_{\psi}) i_p \quad (2.6)$$

თუ გრძივი პროფილი დაპროექტებულია ასეთი შემსუბუქების გაუთვალისწინებლად, მაშინ რომ არ დაგვეჭირდეს გრძივი პროფილის გადაკეთება ეს გარემოება უნდა გავითვალისწინოთ წონის ნორმის დადგენისას. კერძოდ შემადგენლობის მასა უნდა განისაზღვროს არა სახელმძღვანელო ქანობის მიხედვით არამედ დაყვანილი უდიდესი ქანობის მიხედვით

$$i_{k(გაგ)} = i + i_{\psi} + i_{\text{ს}} \quad (2.7)$$

$i$  – უდიდესი ქანობის მატარებლის ქვეშ % - ში

$i_{\text{ს}}$  – მრუდის დამატებითი წინაღობის ექვივალენტური ქანობიან % - ში

მატარებლის საანგარიშო მასა მცირერადიუსიან უბნებში შეჭიდულობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით განისაზღვრება ფორმულით

$$Q_{\psi} = K_{\psi} Q - P(1 - K_{\psi}) \quad (2.8)$$

ამ პირობით სატვირთო მატარებლის მასის სიდიდეები მოყვანილია №4 ცხრილში (მრიცხველში 300 მ რადიუსისათვის, მნიშვნელში – 200 მ რადიუსისათვის) და წარმოდგენილია ნახ. №3 – ზე.

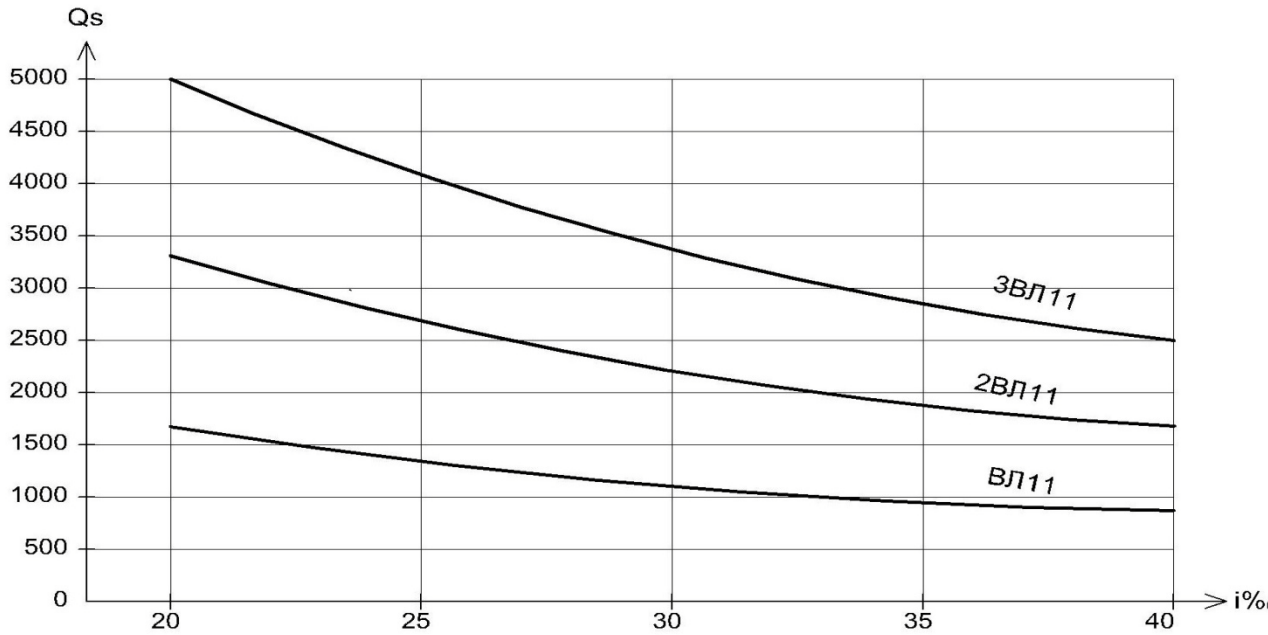
**ნახ. №3 მატარებლის წონები მცირე რადიუსიანი მრუდების  
გათვალისწინებით.**

ცხრილი №4

წვეის სახეობა	სახელმძღვანელო ქანობი ან ჯერადი წვეის ძალა				
	20	25	30	35	40
BJI11	1277	1001	814	677	573
	1141	891	721	597	503
	2554	2002	1627	1353	1146
2BJI11	2322	1782	1441	1193	1005
	3831	3004	2439	2030	1719
3BJI11	3423	2673	2161	1790	1507

ზოგიერთ შემთხვევაში მთიან პირობებში მატარებლის მასა შესაძლებელია შეიზღუდოს წვეის ძრავების გადახურების პირობით. ასეთ უბნებზე ხშირად გვხვდება დაძაბული აღმართები ციცაბო ქანობებით, რომელთა სიგრძეები რამდენიმე ათეულს აღწევს.

მაქსიმალური დატვირთვით მუშაობისას ასეთ აღმართებზე მოსალოდნელია წვეის ძრავების გადახურება. ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით ლოკომოტივი გადაყავთ საათურ რეჟიმზე. (თუ უფრო გრძელი აღმართი გვაქვს მაშინ ხანგრძლივ რეჟიმზე). BJI11 ლოკომოტივისათვის საათური რეჟიმის შესაბამისი წვეის ძალა შეადგენს  $F_k = 39760$  კგ. მინიმალური საანგარიშო სიჩქარე კი 48.7 კმ/სთ. ამ პირობით სატვირთო მატარებლის მასა სხვადასხვა ქანობისათვის მოყვანილია №5 ცხრილში და გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ. №4 –ზე.



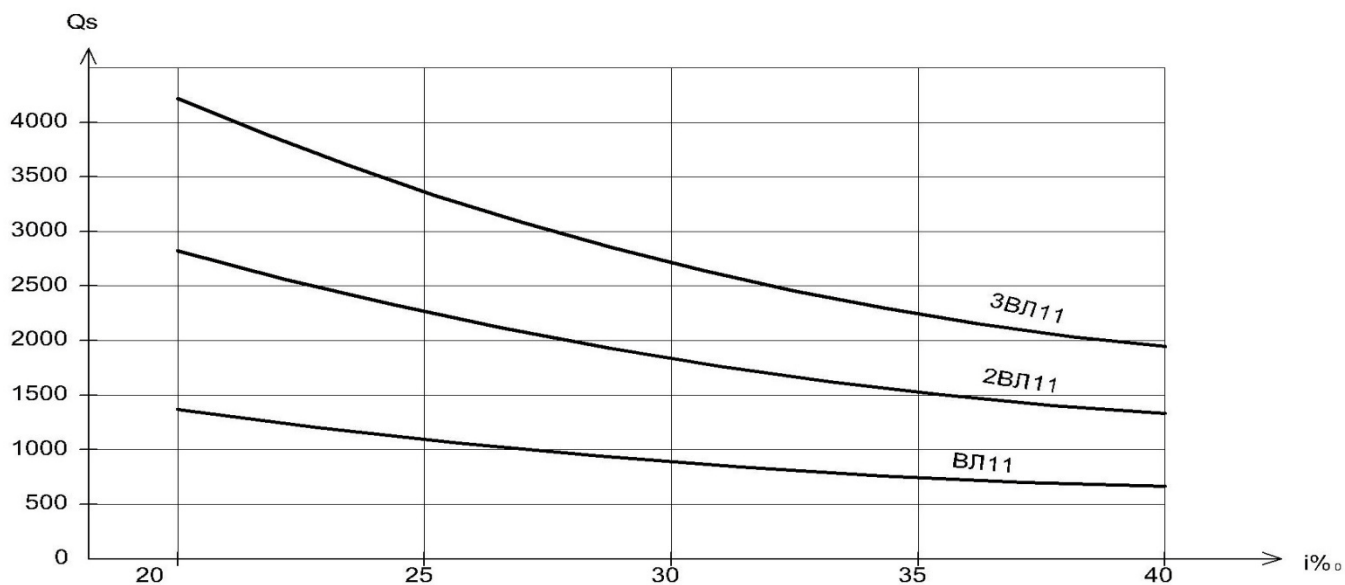
ნახ. №4 მატარებლის წონები ლოკომოტივის საათურ რეჟიმზე მუშაობისას.

ცხრილი №5

ლოკომოტივის ტიპი	სახელმძღვანელო ქანობი ან ჯერადი წვევის ქანობი				
	20	25	30	35	40
BL11	1652	1306	1069	898	767
2BL11	3304	2611	2138	1795	1534
3BL11	4956	3917	3208	2693	2302

30

მცირერადიუსიანი მრუდის ( $R=300$  მ) გათვალისწინებით ლოკომოტივის საათურ რეჟიმზე მუშაობისას მატარებლის მასის სიდიდეები მოყვანილია №6 ცხრილში და წარმოდგენილია ნახ. №5 – ზე.



ნახ. №5 მატარებლის წონები მცირერადიუსიან მრუდებში  
ელმავლის საათური რეჟიმის დროს.

ცხრილი №6

წვევის სახე	სახელმძღვანელო ან ჯერადი წვევის ქანობი				
	20	25	30	35	40
BL11	1395	1098	894	747	634
2BL11	2790	2194	1787	1492	1268
3BL11	4185	3292	2682	2239	1903

ციცაბო ქანობიან აღმართებზე მატარებლის მასა უნდა შემოწმდეს აგრეთვე ავტო გადაბმის სიმტკიცის მიხედვით ამ პირობით მატარებლის მასა უნდა განისაზღვროს ფორმულით

$$Q = \frac{S_{გაღ \delta}}{\omega_0 + i} \quad (2.9)$$

$S_{გაღ}$  - წვევის ძალით გამოწვეული გრძივი გამჭიმავი ძალაა, რომელიც ნორმების თანახმად არ უნდა აღემატებოდეს 130 ტონას.

$\delta$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს პროფილის გადატეხის გაველენას  $\delta = 0.8$

სატვირთო მატარებლის მასა განსაზღვრული ავტოგადაბმის სიმტკიცის პირობით სხვადასხვა ქანობზე მოყვანილია №7 ცხრილში ( $\omega_0 = 2.0$  კგ/ტ). ცხრილი №7

i	$Q_{\text{გად}}$
20	4730
25	3850
30	3250
35	2810
40	2480

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ სამმაგი წვეის შემთხვევაში ერთი ლოკომოტივი, როგორც წესი მიყვება შემადგენლობას ეგრეთ წოდებული „მიმწოლად“ რაც გამორიცხავს მატარებლის მასის შეზღუდვას ავტო გადაბმის პირობით. ამ შემთხვევაში გრძივმა შემკუმშავმა ძალამ რომ არ გამოიწვიოს შემადგენლობიდან ვაგონის გამოწნეხვა (ამოაგდოს ლიანდაგებიდან) იგი არ უნდა აღემატებოდეს 50 ტონას (როცა ვაგონის ღერძზე მოსული დატვირთვა  $q_0 = 12$  ტ).

მატარებლის მასა ექვემდებარება შემოწმებას აგრეთვე მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგების სასარგებლო სიგრძის მიხედვით. რთულ მთიან პირობებში მიმღებ გამგზავნი ლიანდაგის სიგრძე არსებულ ხაზებზე არაღემატება 720 მ (საპროექტო ხაზებზე 850 მ) ამ პირობის შესაბამისი შემადგენლობის მასა იანგარიშება ფორმულით

$$Q = q_0 (L_{\text{მ.გ}} - n l_{\text{ლოკ}} - 10) \quad (2.10)$$

$q_0$  – შემადგენლობის ერთი გრძივი მეტრის შესაბამისი მასა იცვლება 3.5-4.5 ტონამდე.

$L_{\text{მ.გ}}$  – მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგის სასარგებლო სიგრძე (ავილოთ 720, 850 მ).

$n$  – ლოკომოტივის რიცხვია

$l_{\text{ლოკ}}$  – ლოკომოტივის სიგრძე ( $l_{\text{ლოკ}} = 33$  მ)

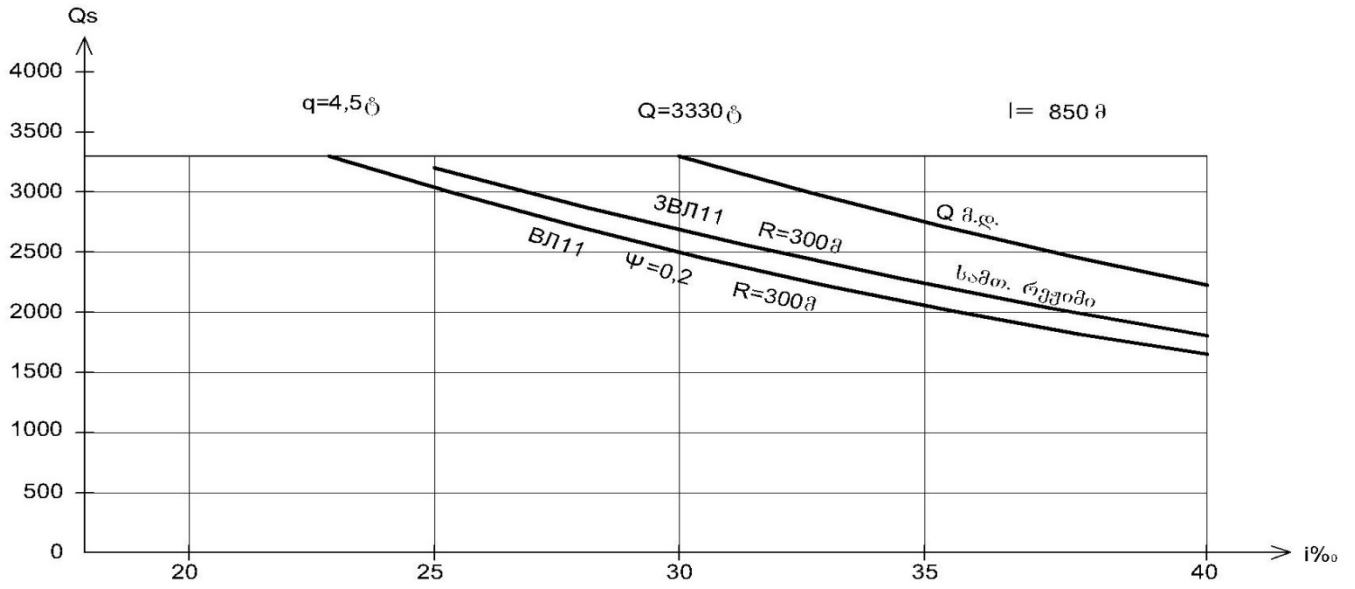
ამ პირობით მატარებლის მასის სიდიდეები მოყვანილია ცხრილ  
 №8 – ში.

მრიცხველში როცა  $q\mu = 4.5$

მნიშვნელში როცა  $q\mu = 4.0$

ცხრილი №8

წვევის სახეები	$l_{a.3} = 720$	$l_{a.3} = 850$
	3047	3632
	-----	-----
БЛ11	2708	3228
	2898	3483
	-----	-----
2БЛ11	2576	3096
	2750	3335
	-----	-----
3БЛ11	2444	2964



ნახაზი №6 მატარებლის წონის ნორმის შეზღუდვა  
სხვადასხვა პირობებით.

## დასკვნა

1. მთიან პირობებში მატარებლის წონა გარდა ლოკომოტივის სიმძლავრისა შეიძლება შეიზღუდოს თვალსა და რელს შორის შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირებით.
2. შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება განპირობებულია მცირერადიუსიანი მრუდებით და კლიმატური პირობებით (ატმოსფერული ნალექები, თოვლით დანამქვრა, ყინვა, ცვარი, მტვერი და სხვა).
3. შეჭიდულობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ასეთ პირობებში შეიძლება დაეცეს  $0.18 \div 0.2$  – მდე. მისი საანგარიშო სიდიდეა 0.25).
4. მთიან პირობებში მატარებლის წონის მნიშვნელობები როცა ქანობი იცვლება 20 – იან 40% მერყეობს 3300 ტონიდან 1600 ტონამდე.

(იხ. ნახაზი №6.)



## 2.1.1 მატარებლების წონის ნორმის განსაზღვრის თავისებურებები თბოწვევის გამოყენებისას მთიანი რელიეფის პირობებში

ჩვენი ქვეყნის რკინიგზა მთლიანად ელექტროფიცირებულია. ელექტროფიცირებული რკინიგზების გამტარუნარიანობა თბოწვევასთან შედარებით 20-25% მეტია. ხოლო მთიან პირობებში 30-40% - ით. ელექტროფიკაციის ღირებულება რკინიგზების საერთო ღირებულებაში მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენს (საერთო ღირებულების დაახლოებით 20%).

იმ შემთხვევაში, როცა გადაზიდვის ზომები მცირეა ადვილად შესაძლებელია მიზანშეწონილი აღმოჩნდეს თბოწვევის გამოყენება. ჩვენს პირობებში მაგალითად ტურისტული მარშრუტების ათვისება, ან მადნეულის გამოტანის შემთხვევაში უფრო ხელსაყრელი იქნება რკინიგზების დაპროექტება თბოწვევით.

რკინიგზების დაპროექტებისას მთიან პირობებში თბოწვევის გამოყენების შემთხვევაში აუცილებელია გავითვალისწინოთ ის გარემოება, რომ ზღვის დონიდან სიმაღლის მატებასთან ერთად მცირდება დიზელის ძრავის სიმძლავრე. თბომავლის წვევის ძალა ამ შემთხვევაში გამოითვლება ფორმულით

$$F_k = F \cdot (1 - K_p - K_t) \quad (2.11)$$

სადაც  $F$  – თბომავლის წვევის ძალაა სტანდარტულ ატმოსფერულ პირობებში. (760მმ ვერცხლისწყლის სვეტით გარემოს ტემპერატურა 20°).

$K_p$  – კოეფიციენტია, რომელიც ითვალისწინებს დიზელის ძრავის სიმძლავრის შემცირებას წნევის დაცემისას.

$K_t$  – იგივე გარემოს ტემპერატურის მატებასთან დაკავშირებით.

ზოგიერთი თბომავლებისათვის  $K_p$  და  $K_t$  კოეფიციენტების მნიშვნელობები დადგენილია და მოცემულია წვევის გაანგარიშების წესებში.

ცხრილში №9 მოცემულია  $K_p$  – მნიშვნელობები, ხოლო ცხრილში №10  $K_t$  – მნიშვნელობები წნევისა და ტემპერატურის ცვალებადობასთან დაკავშირებით

$K_p$  – კოეფიციენტის მნიშვნელობები

ცხრილი №9

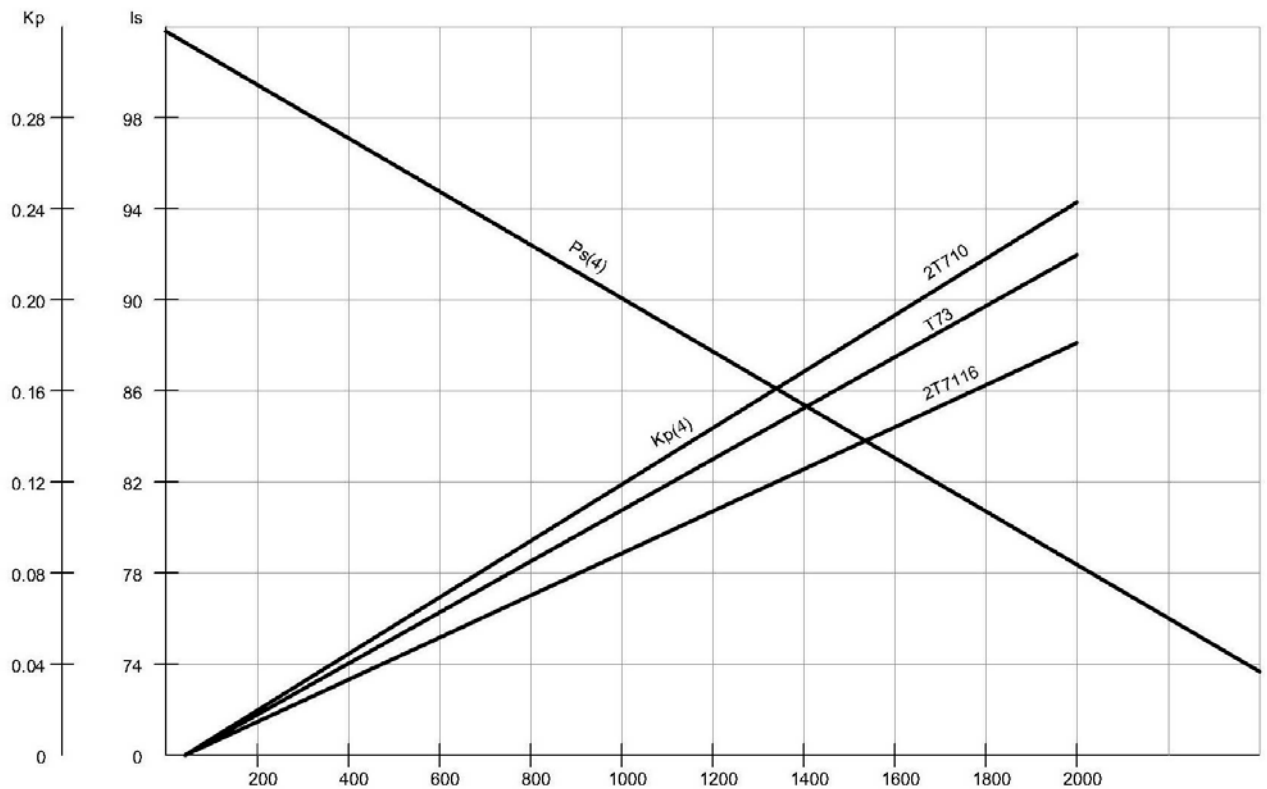
თბომავლის სერია	$h$ პარ. კპა (მმ ვერცხლისწყლის სვეტი)					
	101 (760)	99 (740)	96 (720)	93 (700)	91 (680)	88 (660)
TЭЗ	0	0.025	0.051	0.078	0.105	0.132
2 TЭ10, 2 TЭ10B,	0	0.028	0.057	0.086	0.115	0.144
2 TЭ10M	0	0.022	0.044	0.066	0.088	0.110
2 TЭ116						

$K_t$  – კოეფიციენტის მნიშვნელობები

ცხრილი №10

თბომავლის სერია	$t^{\circ}C$			
	< 20	30	40	50
TЭЗ	0	0.045	0.090	0.135
2 TЭ10Л, 2 TЭ10,	0	0.050	0.100	0.150
2 TЭ10M	0	0.040	0.080	0.120

მთიან პირობებში რკინიგზების დაპროექტებისას ხელსაყრელია ვისარგებლოთ  $K_p$  კოეფიციენტის დამოკიდებულებით ზღვის დონიდან სიმაღლის მნიშვნელობასთან (ნახ. №7)



**ნახაზი. 7 დიზელის სიმძლავრის შემცირების კოეფიციენტების მნიშვნელობები წნევისა**

$K_p$  (H) დამოკიდებულება აპროქსიმაცია სწორი ხაზით კარგად გამოიხატება განტოლებებით სხვადასხვა თბომავლებისათვის

$$\text{T}\exists\text{3 } K_p = 1.09 \cdot 10^{-4} H \quad (2.12)$$

$$2 \text{ T}\exists\text{10}\text{L}, 2 \text{ T}\exists\text{10}\text{B}, 2 \text{ T}\exists\text{10}\text{M} - K_p = 1.19 \cdot 10^{-4} H$$

$$2 \text{ T}\exists\text{116 } K_p = 9.1 \cdot 10^{-5} H \quad (2.13)$$

ზემოთ მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ დიზელის ძრავის სიმძლავრე ყოველ 100მ სიმაღლეზე მცირდება 0.9 ÷ 1.2% - ით.

ანალოგიური მიდგომა არის ამ საკითხებზე ევროპის ქვეყნებში კერძოდ გერმანიის ფედერაციულ რესპუბლიკაში ატმოსფერული წნევის  $h$  ბარ. სიმაღლესთან დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$h_{\text{ბარ.}} = 101.325 \left[ \frac{288 - 0.0065H}{288} \right]^{5.255} \quad (2.14)$$

ამ ფორმულით მიღებული სიდიდეები ახლოსაა ნახ №7 ნაჩვენებ ფუნქციონალურ დამოკიდებულებასთან.

ტემპერატურის ცვალებადობა სიმაღლესთან დამოკიდებულებით განისაზღვრება ფორმულით

$\Delta T = 0.0065H$  ზემოთ მოყვანილი ტემპერატურისა და სიმაღლის დამოკიდებულების გათვალისწინებით გერმანიაში დიზელის სიმძლავრეს გამოითვლიან ფორმულით

$$N = N_0(1 - \sigma H) \quad (2.14)$$

$N_0$  – დიზელის სიმძლავრე ზღვის დონიდან ( $H = 0$ )

$\sigma$  – კოეფიციენტი რომლის მნიშვნელობა იცვლება  $1 \cdot 10^{-4}$  – დან (გაგრილების გარეშე)  $3.5 \cdot 10^{-5}$  – გაგრილებით.

სათბობის ხარჯი ტოლი იქნება

$$E = E_0(1 + \beta H) \quad (2.16)$$

$E_0$  – სათბობის ხარჯია ზღვის დონეზე  $\beta$  – კოეფიციენტი, რომელიც იცვლება  $1.9 \cdot 10^{-5}$  – დან  $4 \cdot 10^{-6}$  (გაგრილების გარეშე და გაგრილებით).

წვეის გაანგარიშების წესების თანახმად მატარებლის მასის დადგენისას ატმოსფერული პირობების გათვალისწინებით თბომავლის წვეის ძალა მიიღება

$$F = F_k \cdot (1 - K_p - K_t) - \text{ტოლი.} \quad (2.17)$$

ამ შემთხვევაში საანგარიშო აღმართზე შენარჩუნებული იქნება ლოკომოტივის მინიმალური საანგარიშო სიჩქარე.

იმ შემთხვევაში თუ გზა გადის 1000 მეტრამდე სიმაღლეზე მასა მცირდება 10-12% - ით. (ლოკომოტივის სერიისაგან დამოკიდებულებით) სტანდარტულ ატმოსფერულ პირობებთან შედარებით. თუ ტრასა გადის 1500 მეტრი ზღვის დონიდან მაშინ მატარებლის მასა მცირდება 15-18% - ით. ხოლო თუ ტრასა გადის 2000 მეტრზე ზღვის დონიდან მაშინ მასა მცირდება 22-25% - ით, ამიტომ მთიან პირობებში ასეთი მეთოდით მატარებლის მასის გასაზღვრა ყოველთვის არ არის მიზანშეწონილი და ეკონომიურად გამართლებული. პროფესორ ი. კანტორის მიერ შემოთავაზებულია მთიან პირობებში მატარებლის მასის განსაზღვრის შემდეგი მეთოდი, რომლის არსი მდგომარეობს

შემდეგში: მატარებლის მასას განსაზღვრავენ ლოკომოტივის საანგარიშო წვეის ძალის მიხედვით, რომელიც მიღებულია წვეის გაანგარიშების წესებში სახელმძღვანელო ქანობზე მოძრაობისას დაბალი ატმოსფერული წნევისა და მაღალი ტემპერატურისას მოძრაობის სიჩქარე დაეცემა მინიმალურ საანგარიშო სიჩქარეზე დაბლა.

ჩვენ შევეცადეთ დაგვესაბუთებინა შემოთავაზებული მეთოდის ტექნიკურ ეკონომიკური ეფექტიანობა. ამისათვის ჩავატარეთ წვეისა და საექსპლუატაციო ეკონომიკური გამოთვლები პირობითი მთიანი მონაკვეთისათვის, რომლის სიგრძე ავიღეთ 300 კმ. სახელმძღვანელო ქანობი 9‰ თბოძალის ტიპი 3 TЭ10M.

წვეის ნორმა ლოკომოტივის წვეის ძალის სტანდარტული მნიშვნელობისათვის ტოლია 7250 ტ. ხოლო ატმოსფერული პირობების გათვალისწინებით  $H = 1300$  მ და გარემოს ტემპერატურა  $- 39^{\circ}$ ;  $K_p = 0.155$  და  $K_t = 0.095$  წვეის ძალას მივიღებთ  $F = F_k \cdot (1 - K_p - K_t)$  ტოლს და თუ გამოვიანგარიშებთ მატარებლის მასას მივიღებთ, რომ  $Q = 6000$  ტ.

პირველ შემთხვევაში სახელმძღვანელო ქანობზე აღმართის მიმართულებით სიჩქარე გამოდის საანგარიშო სიჩქარეზე 17 კმ/სთ ნაკლები. ხოლო მეორე შემთხვევაში ის ტოლია ლოკომოტივის მინიმალური საანგარიშო სიჩქარის  $- 23.4$  კმ/სთ-ში. მატარებლის მასის გაზრდის შემთხვევაში 7250 ტონამდე მოძრაობის საშუალო სიჩქარე მცირდება 8% - ით. მატულობს ლოკომოტივის მექანიკური მუშაობა და სათბობის ხარჯი, რაც აისახება მატარებლის გადაადგილების ხარჯების 15% - იან ზრდაში (იხ. ცხრილი №11) ამასთანავე მატარებლის მასის გაზრდით (21%) მცირდება მატარებელთა რიცხვი და ჯამური საექსპლუატაციო ხარჯები მცირდება 6% - ით, ხოლო სალოკომოტივო ჯამური ღირებულება „ღ“ - 10% -ით. მოძრაობის სიჩქარის შემცირებასთან დაკავშირებით იზრდება სავაგონო პარკის ღირებულება „ზ“. ჯამური დაყვანილი ხარჯები  $\text{ღ} + \text{გ} + \text{C} \cdot T_{\text{ნ.ზ.}}$ . (სადაც  $T_{\text{ნ.ზ.}}$  - ნაზღაურობის ნორმატიული ნორმა  $- 10$  წელი) მცირდება 6%. მართალია მოძრაობის საშუალო სიჩქარე პირველ ვარიანტში მცირდება, მაგრამ იმის გამო, რომ მატარებლის მასაა დიდი ამიტომ ხაზის გამზიდუნარიანობა იზრდება.

როგორც ვარიანტების შედარებამ გვიჩვენა მეორე ვარიანტში (როცა  $Q = 6000$  ტ) ჯამური დაყვანილი ხარჯები 65% - ით მეტია ვიდრე იმ ვარიანტში როცა  $Q = 7250$  ტ.

ცხრილი №11

მაჩვენებლები	მატარებლის მასა	
	$Q = 6000$	$Q = 7250$
სვლის დრო უბანზე სთ-ში	5.05	5.50
მოძრაობის საშუალო სიჩქარე კმ/სთ	57.5	53.0
სათბობის ხარჯი %	8.43/100	2.62/113
მატარებლის გადაადგილების ხარჯები %	100	1.5
წლიური ექსპლუატაციური ხარჯები %	100	94
სალოკომოტივო პარკის ღირებულება %	100	90
სავაგონო პარკის ღირებულება %	100	101
ჯამური დაყვანილი ხარჯები	100	94

უნდა აღინიშნოს, რომ საკითხის საბოლოო გადაწყვეტისათვის ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში საჭიროა ჩატარებული იქნას ვარიანტების შედარება.

საბოლოოდ კი შეიძლება დავასკვნათ, რომ რთულ ატმოსფერულ პირობებში მატარებლის მასა უნდა განისაზღვროს ლოკომოტივის სტანდარტული წვეის ძალის მიხედვით (საანგარიშო სიჩქარის შემცირებით) რაც იძლევა გარკვეულ ეკონომიკურ ეფექტს.

## 2.1.2 სურამის საუღელტეხილო რკინიგზის უბანზე თბომავლის წვეის გამოყენების შესაძლებლობის გამოკვლევა

სურამის საუღელტეხილო რკინიგზის ხაზის უბანი ითვლებოდა ერთ-ერთ რთულ მონაკვეთად. გრძივი პროფილის მაქსიმალური ქანობი ამ უბანზე შეადგენს 28.4%. წრიული მრუდის მინიმალური რადიუსი არის 200 მ.

ჩვენ დავისახეთ მიზნად შეგვესწავლა ამ უბანზე თბოწვეის გამოყენების შესაძლებლობა (ვინაიდან ექსტრემალურ და საგანგებო პირობებში შესაძლებელია ელექტროენერჯის გამორთვა). თბომავლის ტიპი ავიღეთ ТЭ 3 (წვეის ძალა – 20200 კვ, მინიმალური საანგარიშო სიჩქარე – 20.5 კმ/სთ.

კენტი მიმართულებით სურამის საუღელტეხილო უბნის აღმართი გრძივი პროფილის ქანობის მიხედვით 3 ზონად შეიძლება დაიყოს: 1-ლი ზონა ზესტაფონი-ძირულა, უდიდესი დაყვანილი ქანობი მატარებლის ქვეშ  $\dot{I}_k = 10\%$ , მე-2 ზონა ძირულა-მარელისი,  $\dot{I}_k = 18.4\%$ , მე-3 ზონა მარელისი-ლისი,  $\dot{I}_k = 28.4\%$ .

ТЭ 3 თბომავლის საანგარიშო წვეის ძალის და საანგარიშო მინიმალური სიჩქარის დადგენას საფუძვლად უდევს გენერატორის გრაგნილთა გადახურების პირობა ( $\mathcal{F}_r(\infty) = 2460$  ა) და წვეის გაანგარიშების წესებით ერთი სექციისათვის რეკომენდირებულია (1, გვ 43):  $\mathcal{F}_{kp} = 20200$  კვ,  $V_p = 20.5$  კმ/სთ.

სურამის უღელტეხილის განლაგების სიმაღლე ზღვის დონიდან, ჰაერის გაუხშობების და შესაბამისად დიზელში ჩაშვებული ნარევის გაღარიბების გამო, გავლენას იქონიებს თბომავლის სიმძლავრეზე. ასევე იქონიებს გავლენას მცირე რადიუსიანი ( $R < 800$  მ) მრუდები, წამყვან თვალსა და რელსს შორის მოდების კოეფიციენტის შემცირების გამო. ამიტომ, შემოწმების მიზნით, უნდა განისაზღვროს წვეის ძალის მნიშვნელობები ზემოთ აღნიშნულ სიმძლავრეთა

გათვალისწინებით: სიმძლავრის შემცირებისას  $\mathcal{F}_k = K_N \mathcal{F}_k(\text{სტ})$  დნ (კვ),

მოდების კოეფიციენტი შემცირებისას  $\mathcal{F}_k = 10^3 \Psi_k K_R \mathcal{P}_c$  დნ (კვ), ამ ფორმულაში  $\mathcal{P}_c$  – არის თბომავლის ერთი სექციის მასა,  $\mathcal{P}_c = 125$  ტ,

$\Psi_k$  – მოდების კოეფიციენტი წამყვან თვალსა და რელსს შორის

ИТП – ის თანახმად (1, გვ 44)  $\Psi_k = 0.118 + 5/27.5 + U$

$V$  – მოძრაობის სიჩქარე, კმ/სთ –ში

$\mathcal{F}_k(\text{სტ})$  – წვეის ძალა სტანდარტულ პირობებში ( $t_{\text{HB}}=20\text{c}$ ,  $H_{\text{ბარ}}=760$

ვ. წყლის სვეტი), მიიღება ИТП – ის მიხედვით, დნ (კვ),

$K_N$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ატმოსფერული წნევის ზეგავლენას დიზელის საწვავზე,

$K_R$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მოდების კოეფიციენტის შემცირებას მცირე რადიუსიან უბნებში,

ИТП – ის თანახმად (1, გვ.44)  $K_R = 3.5 R / 400 + 3 R$ ,

$R$  – მრუდის რადიუსია მეტრებში.

ვინაიდან რკინიგზის განხილული უბნისათვის ცნობილია მხოლოდ აბსოლიტური ნიშნულები, ხოლო  $K_N$  – კოეფიციენტი ИТП –ში წარმოდგენილია (1, გვ.47) ატმოსფერული წნევის მიხედვით სიმაღლიდან წნევაზე გადასასვლელად ვისარგებლოთ ლაპლასის შემდეგი ცნობილი ფორმულით:

$$\lg B_H = \lg B_0 - \frac{H}{18470 \cdot (1 + 0.031 t_{\text{საშ}})} \quad (2.18)$$

სადაც  $B_0$  – ატმოსფერული წნევა ზღვის დონეზე და  $B_0 = 760$  მმ. ვ. წყლის სვეტი,

$B_H$  – იგივე  $H$  დონეზე მმ. ვ. წყლის სვეტი,

$H$  – სიმაღლე ზღვის დონიდან, მ.

$t_{\text{საშ}}$  – ტემპერატურათა – საშუალო არითმეტიკული ზღვის დონეზე და განხილულ უბანზე,  $^{\circ}\text{C}$ .



ზემოთ აღნიშნულ ფაქტორთა გამათვალისწინებელი კოეფიციენტების ( $K_N$  და  $K_R$ ) განსაზღვრასთან დაკავშირებული გამოთვლები წარმოდგენილია №12 ცხრილში.

ცხრილი №12

ზონა	$V_p$	$\Psi_k$	$t_{საშ}$ C°	H მ	$B_H$ მმ.გ.წყ.სგ.	$K_N$	R მ	$K_R$
1-ლი ზონა ზესტაფონი- ძირულა	20.5	0.223	24	200	740	0.975	400	0.875
მე-2 ზონა ძირულა-	20.5	0.223	22	380	725	0.950	170	0.650
მარელისი მე-3 ზონა მარელისი-ლისი	20.5	0.223	20	720	690	0.900	200	0.700

გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, რკინიგზის საუღელტეხილო უბნისათვის დამახასიათებელია მთის კლიმატის თავისებურებანი. უამინდობას (თოვა, ქარბუქი, ყინვა) შეიძლება მოჰყვეს რელსის თავის მდგომარეობის გაუარესება (მოთოთოვილება, მოჭირქველა, დანამქვრა, მოყინველა, მოყინვა და ა.შ.). ამის შემდეგ მცირდება წამყვანი თვლების რელსთან მოდების კოეფიციენტი. ასეთი შემცირება დაიშვება 15% - მდე. (16 გვ 32 და 44), ე.ი. შესაბამისი კოეფიციენტი  $K_\psi = 0.85$  (სურამის საუღელტეხილო უბნისათვის მოითხოვს შესწავლას და დაზუსტებას). ამ გარემოების გათვალისწინება აუცილებელია იმ შემთხვევაში, როცა ლოკომოტივის საანგარიშო წვევის ძალა იზღუდება მოდების პირობით და სეზონურობით, რომელიც ხასიათდება უამინდობით და მოიცავს წლის გარკვეულ პერიოდს. შესაბამისი წვევის ძალა გამოითვლება შემდეგი ფორმულის დახმარებით:

$$F_k = 10^3 \cdot \mathcal{P}_c \Psi_k K_R K_\psi \text{ დნ (კგ)} \quad (2.19)$$

თუ 3 – ტიპის ერთი სექციის წვევის ძალის მნიშვნელობები გამოთვლილი სურამის საუღელტეხილო რკინიგზის უბნის პირობებისათვის ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების მიხედვით, მთავსებულია №13 ცხრილში.

V კმ/სთ	$\mathcal{F}_k$ დნ (კგ)								
	სტანდარტ პირობებში	სიმძლავრის დაცემის პირობა			მოდების კოეფიციენტის შემცირების პირობა			უამინდობა	
		1-ლი ზონა KN=0.975	მე-2 ზონა KN=0.95	მე-3 ზონა KN=0.90	1-ლი ზონა R<800 KR=1	მე-2 ზონა R=170 KR=0.65	მე-3 ზონა R=200 KR=0.70	მე-2 ზონა	მე-3 ზონა
		$K_\psi = 0.85$							
0	29100	28372	27645	26190	27500	24375	26250	20718	22312
10	29100	28372	27645	26190	31250	20312	21735	17265	18475
13	29100	28372	27645	26190	-	-	-	-	-
20	20655	20138	19622	18590	27500	17875	19250	15194	16362
29.5	14370	14010	13650	12933	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	25000	16250	17500	13812	14875

მატარებელში სექციების რაოდენობისა და წვეის რეჟიმის დასადგენად წინასწარ უნდა დაიშვას სექციების  $N_c$  რაოდენობა, განისაზღვროს ერთ სექციაზე მოსული წონის ნორმა  $Q_c = Q/N_c$  და გამოითვალოს ერთი სექციისაგან მისაღები საჭირო წვეის ძალა შემდეგი ფორმულის დახმარებით

$$\mathcal{F}_{k(საჭ)} = (\mathcal{P}_c + Q_c)(\dot{I}_k + \omega_0) \quad (2.20)$$

$\mathcal{F}_{k(საჭ)}$  – სიდიდისა და წვეის ძალის მახასიათებლების დახმარებით გაირკვევა წვეის რეჟიმი და მისი შესაბამისი სიჩქარე, როგორც სიმძლავრის ან მოდების პირობით შემზღუდავ მრუდებზე (რომელიც ადრე გადაიკვეთება) წვეის ძალის პროექციის აბსცისა. როცა წვეის რეჟიმი და მისი შესაბამისი მოძრაობის სიჩქარე მისაღები არ არის, უნდა შეიცვალოს წინასწარ დაშვებული სექციების რაოდენობა.

მე-14 ცხრილში წარმოდგენილია ამ გამოთვლების თანმიმდევრობა სურამის საუღელტეხილო უბნის სამივე ზონისათვის

ზონა	ექსპლუატაციის ჩვეულებრივ პირობებში						უამინდობისას				
	$\dot{I}_k$	$n_c$	$Q_c$ ტ	$F_{k(საჰ)}$ დნ (კგ)	წვევის რეჟიმი	V კმ/სთ	$n_c$	$Q_c$	$F_{k(საჰ)}$ დნ (კგ)	წვევის რეჟიმი	V კმ/სთ
1-ლი ზონა ზესტაფონი- ძირულა	10	2	1500	18850	სიმძლავ. პირობით	21.5	2	1500	18850	სიმძლავ. პირობით	21.5
მე-2 ზონა ძირულა-მარელისი	18.4	4	750	17500	მოდების პირობით	21.8	5	600	14500	მოდების პირობით	24
	28.4	6	500	18750	სიმძლავ. პირობით	19.6	7	428	16605	სიმძლავ. პირობით	18.8
მე-3 ზონა მარელისი-ლიხი											

მე-14 ცხრილის ანალიზიდან ირკვევა, რომ სურამის საუღელტეხილო უბანზე კენტი მიმართულებით წონის ნორმის 3000 ტონის გატარებას უზრუნველყოფს: ზესტაფონი-ძირულას ზონის ფარგლებში – წლის ნებისმიერ დროს ერთი ორ სექციანი თბომავალი.

ძირულა მარელისის ზონის ფარგლებში – ექსპლუატაციის ჩვეულებრივ პირობებში ორი ორ სექციანი თბომავალი, უამინდობისას (ძირითადად ზამთრის პერიოდში) უნდა დაემატოს ერთი სექცია.

მარელისი-ლიხის ზონის ფარგლებში – ექსპლუატაციის ჩვეულებრივ პირობებში სამი ორ სექციანი თბომავალი, უამინდობისას უნდა დაემატოს ერთი სექცია.

დენის მახასიათებლების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სურამის საუღელტეხილო უბნის აღმართის მთელი სიგრძის ფარგლებში გენერატორის მიერ გამომუშავებული დენის ძალა არ აღემატება ხანგრძლივი დენის მნიშვნელობას ( $P_r(\infty) = 2460$  ა). ამიტომ გენერატორის გრაგნილთა გადახურებას ადგილი არ ექნება.

ერთი სექციის დაუმატებლობის შემთხვევაში ძირულა-ლიხის დაძაბულ აღმართებზე, სადაც თავმოყრილია მცირე რადიუსიანი მრუდები, უამინდობისას მოძრაობის სიჩქარე შეიძლება დაეცეს 5-10 კმ/სთ-მდე, უარეს შემთხვევაში კი მატარებელი შეიძლება გაჩერდეს, ცხადია ეს თეორიული შედეგები უნდა შემოწმდეს საცდელი გასვლებით.

### 2.1.3. დამუხრუჭებით სვლის რეჟიმის ანალიზი თბომავლის წვეის შემთხვევაში

დამუხრუჭებითი სვლის რეჟიმი ფასდება შემდეგი ორი კრიტერიუმის მიხედვით:

1) ექსტრემალურ პირობებში მატარებლის გაჩერების უზრუნველყოფა დადგენილი სამუხრუჭო მანძილის ფარგლებში.

2) გრძელ ციცაბო დაღმართზე უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველყოფა მატარებლის მართვის დაკარგვის პირობით.

**ს ა მ უ ხ რ უ ჭ ო მ ა ნ ძ ი ლ ი ს პ ი რ ო ბ ა .** ამ პირობის მიხედვით თბომავლის წვეა არ განსხვავდება ელექტრული წვეისაგან, ამიტომ მასზე გავრცელდება ყველა ის შეზღუდვა, რაც ახასიათებს ელექტრულ წვეას. კერძოდ, სრული სამუხრუჭო მანძილი გაიანგარიშება შემდეგი ფორმულის დახმარებით:

$$S_m = \frac{V_{Ht_n}}{3.6} + 4,17 \sum \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{10^3 \varphi_{kp} \vartheta_p + \omega_{ox} - i_k}, \quad (2.21)$$

სადაც  $V_H$  – არის მატარებლის სიჩქარე დამუხრუჭების წინ, კმ/სთ,  $t_n$  – მუხრუჭების მომზადებისათვის საჭირო დრო, წმ,

$V_1, V_2$  – სიჩქარის ინტერვალის საწყისი და ბოლო სიჩქარე, კმ/სთ,

$\varphi_{kp}$  – ხახუნის კოეფიციენტი სამუხრუჭო ხუნდსა და თვლის არტახს შორის,

$\vartheta_p$  – სამუხრუჭო კოეფიციენტი,

$\omega_{ox}$  – მატარებლის საშუალო შეწონილი ძირითადი ხვედრითი წინაღობა უქმი სვლის დროს, ნ/კნ, (კგ/ტ),

$i_k$  – მატარებლის ქვეშ განლაგებული უბნის დაყვანილი ქანობი, %.

საქართველოს რკინიგზებზე სრული სამუხრუჭო მანძილი დაწესებულია 1200 მ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „რკინიგზების მშენებლობის, ლიანდაგის და სალიანდაგო მეურნეობის“ კათედრის მიერ ჩატარებული დაკვირვებებისა და გამოკვლევების (2)

შედგად დადგენილია, რომ რკინიგზის საუღელტეხილო უბანზე სამუხრუჭო კოეფიციენტის საშუალო არითმეტიკული

მნიშვნელობა შეადგენს  $\varphi_p = 0.28$ . როცა სამუხრუჭო მანძილის ფარგლებში ვერ ჩერდება მატარებელი, უნდა შეიზღუდოს მოძრაობის სიჩქარე. დამოკიდებულება დამუხრუჭების პირობით შეზღუდულ სიჩქარესა და დაღმართის ქანობს შორის, დადგენილი ზემოთ მოყვანილი ფორმულის მიხედვით და შეჯერებული ИТР – ის შესაბამის ნომოგრამებთან (1, გვ. 80-82), ნახაზის საფუძველზე დადგენილი უდიდესი დასაშვები სიჩქარის (სამუხრუჭო მანძილის პირობით) დამრგვალებული მნიშვნელობები სურამის საუღელტეხილო უბნის ცალკეული ზონების მიხედვით მოთავსებულია მე-15 ცხრილში.

ცხრილი №15

ზონა	დაღმართის უდიდესი ქანობი $i\%$	უდიდესი დასაშვები სიჩქარე $V$ კმ/სთ
1-ლი	10	75
მე-2	18	65
მე-3	28	50

**მატარებლის მართვის დაკარგვის პირობით**. თბომავლის წვევისათვის განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს მატარებლის მართვის დაკარგვის პირობა, ვინაიდან თბომავალზე ელექტრომავლისაგან განსხვავებით, არ გამოიყენება ელექტრული დამუხრუჭება (რეკუპერაცია).

მატარებლის მართვის დაკარგვის პირობით გრძელ ციცაბო დაღმართზე უდიდესი დასაშვები სიჩქარის დასადგენად რეკომენდირებულია (3) შემდეგი ფორმულა.

$$V_{ny} = \frac{20(270 \varphi_{p(\min)} i_k + \omega_{ox})}{i_k - 54 \varphi_{p(\min)} - \omega_{ox}} \quad (2.22)$$

$$აქ \quad \varphi_{p(\min)} = \varphi_{p(\text{BII})} + \Delta\varphi_{p(\text{ლღმ})}$$

$$\text{სადაც } \varphi_{p(\text{BII})} = \varphi_p - t_{\text{BII}} \sigma$$

(2) – ის თანახმად სურამის საუღელტეხილო უბნისათვის  $\varphi_p = 0.28$ , ხოლო საშუალო კვადრატული გადახრა  $\sigma = 0.04$ . სტანდარტიზირებული გადახრა, გადაჭარბების ალბათობისას  $\text{BII}=0.3\%$ ,  $t_{\text{BII}} = 3$ .

$$\text{ამგვარად } \varphi_{p(\text{BII})} = 0.28 - 3 \cdot 0.04 = 0.16$$

ექსტრემალურ პირობებში მემანქანემ უნდა გამოიყენოს ლოკომოტივის დამხმარე მუხრუჭები. სამუხრუჭო კოეფიციენტის შესაბამისი ნაზრდი იქნება

$$\Delta\varphi_{p(\text{ლღმ})} = \frac{n_{\text{ლ}} m (K_{p(\text{დ})} - K_{p(\text{გ})})}{\sum P + Q} \quad (2.23)$$

დადმართის მიმართულებით ლოკომოტივების რაოდენობა მატარებელში  $n_{\text{ლ}}=2$ , მუხრუჭიანი დერძების რაოდენობა  $T\exists 3$  თბომავლისათვის  $m=12$ , ლოკომოტივის სამუხრუჭო ხუნდების დაწოლა: დატვირთული რეჟიმისას  $K_{p(\text{დ})} = 10$  ტ,

ცარიელი რეჟიმისათვის  $K_{p(\text{გ})}=5$  ტ,  $\sum P=4 \cdot 125 = 500$  ტ, მატარებლის წონის ნორმა  $Q = 3500$  ტ.

$$\text{ამგვარად } \Delta\varphi_{p(\text{ლღმ})} = \frac{2 \cdot 12(10-5)}{500+3500} = 0.03$$

$$\text{ხოლო } \varphi_{p(\min)} = 0.16 + 0.03 = 0.19$$

მართვის დაკარგვის პირობით სიჩქარე შეიზღუდება მხოლოდ ლიხი-მოლითის და მოლითი-მარელისის უბნების დადმართებზე, რომელთა უდიდესი ქანობი მატარებლის ქვეშ შესაბამისად შეადგენს 28‰ და 25.8‰, მოძრაობის სიჩქარის უდიდესი დასაშვები მნიშვნელობები იქნება.

$$\text{ლიხი-მოლითი } V_{ny} = \frac{20(270 \cdot 0.19 - 28 + 1.5)}{28 - 54 \cdot 0.19 - 1.5} = 30 \text{ კმ/სთ}$$

$$\text{მოლითი-მარელისი } V_{ny} = \frac{20(270 \cdot 0.19 - 25.8 + 2)}{25.8 - 54 \cdot 0.19 - 2} = 40 \text{ კმ/სთ}$$

იგივეა მითითებული გზის უფროსის ბრძანებაში რეკუპერაციული დამუხრუჭების ამოვარდნის შემთხვევაში. უდიდესი დასაშვები სიჩქარის (შესაბამისად 40 და 50 კმ/სთ) 20%-ით შემცირების აუცილებლობის შესახებ.

მატარებლის მართვის დაკარგვის გამომწვევ ძირითად მიზეზებს მიეკუთვნება: სამუხრუჭო მაგისტრალის დაშრეტა დაღმართზე ხანგრძლივი, განუწყვეტელი დამუხრუჭების შედეგად: რელსის თავის, განსაკუთრებით, ცხიმ-ზეთოვანი პროდუქტებით გაჭუჭყიანების დროს, თვლების რელსებთან მოდების კოეფიციენტის მკვეთრი შემცირება, მატარებლის სამუხრუჭო უზრუნველყოფის დაქვეითება ექსპლუატაციურ პირობებში, უდიდესი დასაშვები სიჩქარის გადაჭარბება.

თბომაგლის წევაზე გადასვლასთან დაკავშირებით აღნიშნულ ფაქტორთა გავლენის აღბათობა უსაფრთხოებაზე მოიმატებს. ამიტომ განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს სათანადო პროფილაქტიკური ღონისძიებები და მათი გატარებისადმი კონტროლის გამტკიცება.

ასე მაგალითად უნდა გადაისინჯოს სურამის საუდელტეხილო უბნის გრძელ ციცაბო დაღმართზე გადასვლის წინ გზაში მუხრუჭების ეფექტზე შემოწმების ინსტრუქცია და მკაცრად მოეთხოვოს მემანქანებს მათი შესრულება.

სამუხრუჭო ლაბორატორიამ უნდა შეამოწმოს სამუხრუჭო მაგისტრალის დაშრეტაზე და გამყოფ პუნქტებზე მის შესავსებად მატარებლის ტექნიკური გაჩერების ხანგრძლივობის საკმარისობა. ანალოგიურ ყურადღებას ითხოვს სამუხრუჭო ხუნდების ცვეთისა და გადახურებისადმი კონტროლი.

უნდა გადაისინჯოს დამჭერი და დამცავი ჩიხების აღდგენისა და შესაბამისი სიგრძეების ნორმაში მოყვანის საკითხი საჭიროების მიხედვით სხვადასხვა სადგურებში.

თბომავლის წვეისათვის უდიდესი დასაშვები სიჩქარე მატარებლის მართვის დაკარგვის პირობით უნდა დაწესდეს: ღიხი-მოლითის დაღმართზე არა უმეტეს 30 კმ/სთ (ნაცვლად 40 კმ/სთ ელექტრული წვეისათვის) და მოლითი-მარეღისის დაღმართზე არა უმეტეს 40 კმ/სთ (ნაცვლად 50 კმ/სთ ელექტრული წვეისათვის).

თეორიული შედეგები მოითხოვს საცდელი გასვლებით შემოწმებას.

#### **2.1.4 თბომავლის გავლა მცირერადიუსიან მრუდებში**

მცირე რადიუსიან მრუდებში თბომავლის გავლის პირობებზე გავლენას ახდენს ისეთი ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები, როგორცაა: ღერძების რაოდენობა ურიკაში, მანძილი მათ შორის, თვლების ხისტი და სრული ბაზა, ურიკის მასა, ღერძზე მოსული დატვირთვა და გაბარიტული ზომები. ამ

მაჩვენებლების მიხედვით T33 ტიპის თბომავალი, როგორც ეს მე-16 ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს დიდად არ განსხვავდება 6 ღერძიანი B122 და B123 ტიპის ელექტრო მავლებისაგან. ამასთან, ეს ელექტრომავლები დიდი ხნის განმავლობაში სტაბილურად ემსახურებოდნენ სურამის საუდელტეხილო რკინიგზის უბანს.



№	ტექნიკური მახასიათებლები	განზ.	ТЭЗ	БЛ22	БЛ23
1	დერძების რაოდენობა	-	2(3-3)	3+3	3+3
2	ხისტი ბაზა	მმ	4200	4200	4400
3	თვლების სრული ბაზა	მმ	12800	12200	12600
4	დერძებს შორის მანძილი	მმ	2100	2100	2200
5	ურიკის ცენტრალურ საყრდენებს შორის მანძილი	მმ	9200	8580	9600
6	დერძზე მოსული დატვირთვა	ტ	21	22	23
7	ურიკის მასა:				
	რესორსქვედა	ტ	10.97	20.50	21.78
	რესორსზედა	ტ	13.98	19.50	19.02
8	გაბარიტული ზომები				
	სიმაღლე	მმ	5020	4900	5100
	სიგანე	მმ	3270	3106	3106

ლოკომოტივების სავალი ნაწილებისა და ლიანდაგის ზედანაშენის ელემენტების ურთიერთქმედების, აგრეთვე, ეკიპაჟის მცირე რადიუსიან მრუდებში გეომეტრიული ჩაწერის მახასიათებლები მდგრადობისა და სიმტკიცის თვალსაზრისით ТЭЗ თბომავლისა, БЛ22 და БЛ23 ელექტრომავლებისათვის დიდად არ უნდა განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან ამიტომ ТЭЗ თბომავლის შემოყვანას არ მოყვება განსაკუთრებული შედეგები და რაიმე ექსცესები მცირე 44 რადიუსიანი მრუდების გავლისას. მითუმეტეს, რომ БЛ22 და БЛ23 ელექტრომავლების ექსპლუატაციის პერიოდთან შედარებით ლიანდაგის ზედანაშენი სურამის საუღელტეხილო უბანზე ამჟამად უფრო გაძლიერებულია (რელსები Р-65, რკინაბეტონის შპალები, ღორღის ბალასტი) და თითქმის მის მთელ სიგრძეზე ჩატარებულია გეგმისა და გრძივი პროფილის რეკონსტრუქცია, რის შედეგადაც, გარდა იმ მცირე მონაკვეთისა, სადაც მეორე ლიანდაგი ჯერ კიდევ არ არის დაგებული წრიული მრუდის უმცირესი რადიუსის მნიშვნელობა აყვანილია 200 მ-მდე.

რაც შეეხება მცირე რადიუსიან მრუდებში გავლისას მგზავრობის კონფორტაბელობის უზრუნველყოფის პირობას, იგი მოძრავი შემადგენლობის ტიპზე არ არის დამოკიდებული, ფასდება განივი გაუბათილებელი აჩქარებით, რომელიც 0.7 მ/წმ არ უნდა აღემატებოდეს და ამ პირობით უდიდესი დასაშვები სიჩქარე მრუდში, როცა გარე სარელსლო ძაფის შემადგენლობა არის 150 მმ, განისაზღვრება შემდეგი ფორმულის დახმარებით.

$$V = \sqrt{4.6 R}$$

სადაც R – არის მრუდის რადიუსი.

ზემოთ ნათქვამის საფუძველზე დაწესებულია (4. გვ. 693) ТЭЗ ტიპის თბომავლის უდიდესი დასაშვები სიჩქარეები სწორში და მრუდებში რადიუსის მიხედვით წარმოდგენილია ცხრილში №17.

ცხრილი №17

რელსების ტიპი, შპალების რაოდენობა 1 კმ-ზე, ბალასტის სახეობა	V კმ/სთ						
	სწორში	მრუდებში როცა R =					
P – 65 P – 50 ღორღი-ხრეში 1600-2000	1000	500	400	350	300	250	200
		100	95	85	80	70	65

## 2.1.5. სანიტარულ-ჰიგიენური და ეკოლოგიური

### მდგომარეობა

თბომავლის წვეის შემოყვანის შედეგად მკვეთრად გაუარესდება სანიტარულ-ჰიგიენური მდგომარეობა სურამის გრძელ გვირაბში.

ერთი წყვილი მატარებლის მიერ დიზელის საწვავის ხარჯი გვირაბის ფარგლებში მე-18 ცხრილის მონაცემების თანახმად შეადგენს 252 კგ-ს.

№№	i	ω <sub>0</sub> ნ/კნ	ℓ მ	F <sub>kco</sub> დნ(კმ)	V კმ/სთ	Δt წთ	G <sub>c</sub> კგ/წთ	G=n <sub>c</sub> G=Δt კმ
ხაშური-ზესტაფონი n <sub>c</sub> =4, Q <sub>c</sub> =750 ტ, P <sub>c</sub> =125 ტ								
1	1.9	2.0	640	2925	50	0.77	5.7	17.6
2	0	2.0	350	1500	50	0.42	5.7	9.6
3	დაღმართი	2.0	3010	0	40	4.5	0.35	6.3
ზესტაფონი-ხაშური n <sub>c</sub> =4, Q <sub>c</sub> =750 ტ, P <sub>c</sub> =125 ტ								
1	20.3	1.4	160	12562	28	0.34	5.7	11.6
2	17.3	1.6	900	11812	32	1.68	5.7	57.5
3	18.3	1.6	700	12437	30	1.40	5.7	47.9
4	18	1.6	1250	12250	30	2.50	5.7	85.5
5	0	2.0	350	1250	50	0.42	5.7	14.4
6	-1.9	2.0	640	0	50	0.77	0.35	1.6
							სულ 252 კგ.	

1 კგ დიზელის საწვავის წვის შედეგად გამოიყოფა (5. გვ 50) ნახშირჟანგი 120 კგ, ხოლო აზოტის ჟანგეული 20.5 გრ, სულ გვირახის ფარგლებში გამოიყოფა  $(120+20.5) \cdot 252 = 35406$  გრ მავნე აირები. გვირახის მოცულობა მიახლოებით არის  $4000 \cdot 50 = 200\ 000$  მ<sup>3</sup> მავნე აირების კონცენტრაცია გვირახებში შეადგენს  $35406 : 200\ 000 = 0.18$  გრ/მ, ე.ი. ზღვრულ დასაშვებ ნორმაზე (0.005 გ/მ<sup>3</sup> 5, გვ. 50) 36 – ჯერ მეტს. ცხადია, საჭირო გახდება გვირახის ხელოვნური ვენტილაციის გაძლიერება.

გარდა ამისა, გაუარესდება მდინარე ჩხერიმელას ხეობის ეკოლოგიური მდგომარეობა.

## რეკომენდაციები

1. რკინიგზის საუღელტეხილო უბანზე თბომავლის წვევაზე დროებით გადასვლასთან დაკავშირებით სატვირთო მატარებლების წონის ნორმა და ლოკომოტივების რაოდენობა ერთ მატარებელში შეიძლება დარჩეს იგივე, რაც იყო დადგენილი ელექტრული წვევის პირობებში, სახელდობრ: ლუწი მიმართულებით (ხაშური-ზესტაფონი) – 3500 ტ ორი თბომავლის წვევით, კენტი მიმართულებით (ზესტაფონი-ხაშური) 3000 ტ ერთი თბომავლის წვევით (ერთმაგი წვევა).

ზესტაფონი-ძირულას უბანზე, ორი თბომავლის წვევით (ორმაგი წვევა) ძირულა-მარელისის, სამი თბომავლის წვევით (სამმაგი წვევა) მარელისი-ლიხის უბანზე.

T33 ტიპის თბომავლის ერთი ლოკომოტივი ორ სექციანია.

2. უამინდობისას (თოვა, ყინვა, ქარბუქი, ჟინჯღვლა), რაც სეზონურად დამახასიათებელია სურამის უღელტეხილისათვის, რელსის თავების გაუარესების გამო მცირდება მოდების კოეფიციენტი წამყვან თვალსა და რელსს შორის, რასაც შედეგად მოსდევს მოძრაობის სიჩქარის დაცემა 5-10 კმ/სთ-მდე ან, უარეს შემთხვევაში, მატარებლის გაჩერება დაძაბულ აღმართზე.

მატარებლების მოძრაობაში შეფერხებათა თავიდან ასაცილებლად სეზონურად უნდა გაძლიერდეს წვევა სადგურ ძირულიდან სადგურ ლიხამდე ერთი დამატებითი სექციის შემოყვანის სახით.

3. ვინაიდან თბომავალი მოკლებულია ელექტრული დამუხრუჭების (რეკუპერაციის) გამოყენების შესაძლებლობას, მოსალოდნელია გრძელ ციკაბო დაღმართზე მატარებლის მართვის დაკარგვის (გაქცევის) შემთხვევათა აღბათობის გაზრდა. ამიტომ, მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით დაგეგმირდება შემდეგი ღონისძიებების გათვალისწინება:

ა) მოძრაობის სიჩქარის შეზღუდვა დაღმართებზე: 30 კმ/სთ-მდე ლიხი-მოლითის უბანზე და 40 კმ/სთ-მდე მოლითი-მარელისის უბანზე ნაცვლად 40 და 50 კმ/სთ-ისა რომლებიც ამჟამად დაწესებულია ელექტრული წვევისათვის.

ბ) გრძელი, ციცაბო დაღმართების წინ, მუხრუჭების გზაში ეფექტზე შემოწმების ინსტრუქციის გადასინჯვა და მემანქანეების მიერ მისი განუხრელი შესრულების უზრუნველყოფა;

გ) მატარებლის სამუხრუჭო მაგისტრალის დაშრეტაზე და სამუხრუჭო ხუნდების გადახურებაზე საცდელი დაკვირვებების ჩატარება გზის მოძრავი სამუხრუჭო ლაბორატორიის დახმარებით. დასაშვები ნორმებიდან გადახრების აღმოჩენის შემთხვევაში შემუშავდეს სათანადო ღონისძიებები (გამყოფ პუნქტებზე ტექნიკური გაჩერების გახანგრძლივება, დამუხრუჭების ოპტიმალური წესის შერჩევა და ა.შ.)

დ) სადგურ მოლითზე და სადგურ მარელისზე დამცავი ჩიხების სიგრძეების საფუძვლიანი შესწავლა და განხილვა.

4. თბომავლის წვევაზე გადასვლის შედეგად მკვეთრად გაუარესდება სანიტარულ-ჰიგიენური პირობები სურამის გრძელ გვირაბში და ეკოლოგიური მდგომარეობა რკინიგზის მიმდებარე ტერიტორიის ფარგლებში.

გვირაბში მავნე აირების (ნახშირჟანგი და აზოტის ჟანგეული) კონცენტრაციას ზღვრულ დასაშვებ ნორმას 36-ჯერ გადააჭარბებს და ბუნებრივია, დაგჭირდება გვირაბის ხელოვნური ვენტილაციის მოწყობა. ასევე საზრუნავია თბომავლის გამონაბოლქვში მავნე აირების შემცირების გზით საჰაერო გაჭუჭყიანებისაგან დაცვა.

5. მოძრაობის სიჩქარეების ისეთი შეზღუდვები რომლებიც დაკავშირებულია წრიული მრუდის რადიუსთან, მომიჯნავე მრუდების ურთიერთ შეუღლებასთან, სამუხრუჭო მანძილთან, საინჟინრო ნაგებობათა კონსტრუქციული ელემენტების სიმტკიცესა და გაბარიტებთან, თბომავლის წვევისას უნდა დარჩეს იმავე სახით, როგორც ეს დაწესებული იყო ВЛ22 და ВЛ23 ტიპის ელექტრომავლების ექსპლუატაციის დროს.

ელექტრო ენერჯის დროებითი კრიზისის პერიოდში თბომავლის წვევაზე გადასვლა მოითხოვს მთელი რიგი დამატებითი ღონისძიებების გატარებას, მათ შორის შეიძლება აღინიშნოს: თბომავლების შექმნა, მემანქანეების მომზადება, დიზელის საწვავით მომარაგება, დეპოებისა და საეკიპირო მოწყობილობათა გადაკეთება და სხვა. ამასთან ერთად დაბალი საუბნო სიჩქარის გამო, შემცირდება გზის გამტარუნარიანობა

და გადაზიდვუნარიანობა, გაუარესდება გზის მიმდებარე ტერიტორიის ეკოლოგიური მდგომარეობა და გვირაბების სანიტარულ-ჰიგიენური პირობები.

მიუხედავად ასეთი ღონისძიებების გატარებისა თბომავლის წვევაზე გადასვლის შედეგად მოიხსნება მხოლოდ საკონტაქტო ქსელის წვევის დენით კვების პრობლემა. რკინიგზის ტრანსპორტის ყველა დანარჩენი ობიექტისა და ნაგებობა-მოწყობილობათა (სცბ, კავშირგაბმულობა, დეპოები, ქარხნები, გამყოფი პუნქტები და ა. შ.) მოთხოვნების დაკმაყოფილება ელექტროენერგიაზე კვლავ დარჩება მოსაგვარებელ პრობლემად. ამასთან დაკავშირებით შესწავლის მიზნით ყურადღებას იმსახურებს თბომავლის წვევაზე გადასვლის ნაცვლად უშუალოდ ელექტრო ენერგიით კვების წყაროს გამონახვის ალტერნატიული ვარიანტი ელექტრული წვევის შეუცვლელად დატოვების პირობებში.

ელექტროენერგიის კრიზისის შემთხვევაში უნდა ვიზრუნოთ ავტონომიური კვების უზრუნველყოფის მიზნით, რკინიგზის ტრანსპორტის საჭიროებისათვის, მიკრო ელექტრო სადგურების მშენებლობაზე. აღნიშნულის განსახორციელებლად, არსებობს შესაძლებლობა სურამის საუღელტეხილო უბნის ფარგლებში არსებული წყლის რესურსები გამოყენებული იქნეს საჭირო ელექტროენერგიის მისაღებად, მატარებელთა ნორმალური მოძრაობის უზრუნველსაყოფად.

## 2.2 გამყოფი პუნქტების განლაგების თავისებურებანი მთიანი რელიეფის პირობებში

გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხი ერთ-ერთი საკვანძო საკითხია რკინიგზების დაპროექტებისას. როგორც ცნობილია გამყოფი პუნქტებს მიეკუთვნება საუბნოს შუალედური სადგურები, ასაქცევები, გადასწრების პუნქტები (ორლიანდაგიან ხაზებზე).

გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხს დიდი ყურადღება ექცეოდა რკინიგზების დაპროექტებისა და მშენებლობის საწყის სტადიიდან. ამ პრობლემისადმი ინტერესი შემთხვევითი არ არის. ვინაიდან დამატებით გამყოფი პუნქტებისათვის მოედნების მოწყობა ექსპლუატაციის პირობებში გართულებულია, ხოლო თუ გვაქვს დაძაბული სვლა მაშინ შეუძლებელიც არის ან დაკავშირებულია დიდ დანახარჯებთან ამიტომ საჭიროა წინასწარ იყოს განჭვრეტილი რკინიგზის ხაზის გამტარუნარიანობის ზრდის დინამიკა მეორე ლიანდაგის დაგების გათვალისწინებით.

გამყოფი პუნქტების განლაგებაზე ბევრად არის დამოკიდებული რკინიგზის ხაზის სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯები. რაც ახლო-ახლო განლაგებულია გამყოფი პუნქტები მით მეტია გამტარუნარიანობა, მაგრამ შესამჩნევად გაიზრდება კაპიტალდაბანდება.

ამ დროს უარესდება ხაზის საექსპლუატაციო მაჩვენებლები. იზრდება მატარებლების გაჩერებათა რიცხვი, მეტია მატარებლების გაქანება-შეჩერების რაოდენობა, რაც საბოლოო ჯამში იწვევს საშუალო სიჩქარის შემცირებას, იზრდება აგრეთვე ელექტროენერჯის და დიზელის საწვავის ხარჯები, მოძრავი შემადგენლობისა და რელსების ინტენსიური ცვეთა.

თუ გამყოფი პუნქტებს განვალაგებთ შორი-შორს მაშინ შემცირება ხდება სამშენებლო ღირებულების, სამაგიეროდ მცირდება აგრეთვე ხაზის გამტარუნარიანობა და მალე დგება დღის წესრიგში რკინიგზის ხაზის გაძლიერების საკითხი.

შესაბამისად გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხის გადაწყვეტისას უნდა დავსახოთ გადასარბენის ისეთი ოპტიმალური სიგრძის დადგენა რომლის დროსაც იქნება ყველაზე ხელსაყრელი თანაფარდობა სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯებს შორის.

გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხს არაერთი სამეცნიერო გამოკვლევები მიუძღვნეს უცხოეთის და ჩვენი ქვეყნის მეცნიერებმა. ამ საკითხის გადაწყვეტისადმი ბევრი გამოკვლევები აქვს: ა. კარნალსკის, ს. ორბელიანცს, გ. ჩერნომორდიკს, ა. გიბშმანს, მ. პროტოდინოკოვს, ა. იონესიანს, ა. გასინოვს, ნ. კარტაშოვას, გ. კვანტალიანს და სხვა.

ევროპული ქვეყნის რკინიგზებზე გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხი თეორიულ დასაბუთებას არ ექვემდებარება. აშშ-შიც არ არის დადგენილი ნორმატივი გამყოფი პუნქტების განლაგებისას, ეს საკითხი წყდება ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში რკინიგზის ხაზის დანიშნულების მიხედვით.

ბოლო ხანებში საზღვარგარეთ აშენებული რკინიგზის ხაზები მიეკუთვნება სპეციალიზირებულ ხაზებს, რომლებიც განკუთვნილია: მადნეულის, ნახშირის, ტყის მასალის და სხვა გადაზიდვებისათვის ამ ხაზებს გააჩნია მკვეთრად გამოხატული სატვირთო და არასატვირთო მიმართულებები მცირე სამგზავრო გადაზიდვებით ამ ხაზებზე სატვირთო გადაზიდვების ათვისება გათვალისწინებულია სატვირთო მატარებლების რიცხვის მკვეთრი შემცირებით სამაგიეროდ იზრდება მათი წონები, მცირდება გამყოფი პუნქტების რიცხვი.

მაგალითად ავსტრალიაში რკინიგზის ხაზზე მოუნდ-ტომ პრეის-პოსტ კინძეი სიგრძით 288 კმ არ არის გათვალისწინებული არცერთი გამყოფი პუნქტი. მატარებლების მასა შეადგენს 14400 ტ.

მაგრიტანიაში 650 კმ-იან რკინიგზის ხაზზე გათვალისწინებულია მხოლოდ ერთი გამყოფი პუნქტი. მატარებლების მასა შეადგენს 14000 ტ.

რუსეთში გამყოფი პუნქტის განლაგების საკითხი ჩაისახა ჯერ კიდევ მაშინ როცა იბადებოდა რკინიგზის დაპროექტების თეორიის ელემენტები 1899 წლამდე გამყოფი პუნქტებს შორის მანძილი არ უნდა ყოფილიყო 16 ვერსსზე მეტი.

1899 წელს მიღებული ტექნიკური პირობების მიხედვით გამყოფი პუნქტები ისე უნდა ყოფილიყო განლაგებული რომ უზრუნველყო 19 წყვილი სამხედრო მატარებლის გატარება. მატარებლის მასა ორთქლმავლის წევით ტოლი იყო 575 ტონა.

გადასარბენის სიგრძეები სხვადასხვა ქანობებზე იყო სხვადასხვა. მაგალითად ნულოვან ქანობზე გადასარბენის სიგრძე ტოლი იყო 15,8 კილომეტრი.

4‰ - ქანობზე – 12,4 კმ. ხოლო 8‰ – 9,1 კმ.



1925 წელს მიღებული ტექნიკური პირობების თანახმად გამყოფი პუნქტები უნდა განლაგებულიყო ისეთი პირობით რომ უზრუნველყო 24 წყვილი პირობითი მატარებლის გატარება. ამ შემთხვევაში სახელმძღვანელო ქანობიან აღმართზე მიიღებოდა სიჩქარე ტოლი 15 კმ-სთ თარაზულ მოედანზე – 40 კმ-სთ დაღმართებზე კი 50 კმ-სთ. ამ პირობით ყველა სახელმძღვანელო ქანობზე გადასარბენის სიგრძე ტოლი იყო 7კმ. ხოლო ნულოვან ქანობებზე 14 კმ.

1931-1934 წლებში გამოცემული ტექნიკური პირობების მიხედვით გამყოფი პუნქტების განლაგება განხორციელებული უნდა ყოფილიყო 24 წყვილი მატარებლის გატარებაზე. სატვირთო მატარებლის მასა შეადგენდა 1000 ტონას.

ასეთი პირობებით გადასარბენი მოედნის სიგრძე თარაზული მოედნის შემთხვევაში შეადგენდა 15 კმ-ს ხოლო 4‰ – ქანობზე – 10,8 კმ, 8‰ – 7,2 კმ-ს.

1936-41 წლებში გამყოფი პუნქტების განლაგება წარმოებდა ეგრეთ წოდებული „პირობითი მატარებლების ცხრილების“ მიხედვით. ამ შემთხვევაში საგადასარბენო სვლის დრო მიიღებოდა 36 წთ. ეს პრინციპი შენარჩუნებული იქნა 1946-53 წლებში გამოცემულ ტექნიკურ პირობებში. იცვლებოდა მხოლოდ სვლის დროის ცხრილები.

ზემოთ მოყვანილი ტექნიკური პირობების მიხედვით გადასარბენის სიგრძეები მოცემულია ცხრილში №19.

ცხრილი №19

ტექნიკური პირობები	გადასარბენის სიგრძე კმ		
	თარაზულ მოედანზე	სახელმძღვანელო ქანობი	
		4‰	8‰
1899	15,8	12,6	9,1
1925	14	7,0	7,0
1931-1934	15	10,8	7,2
1936	18	13,6	10,4
1946	16,3	13,3	10,2
1953	17,1	13,6	10,7

შემდგომი პერიოდის გამოკვლევებში მეცნიერების ყურადღება მიექცა ისეთ საკითხებს როგორცაა გამყოფი პუნქტების განლაგების ნორმირების ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება.

საერთოდ გამყოფი პუნქტების განლაგების ნორმირების სამი ეტაპი შეიძლება გამოიყოს:

I – ეტაპი 1936-51 ამ ეტაპზე ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის გადასარბენის სიგრძე განისაზღვროს შემდეგი ძირითადი პირობიდან:

გადაზიდვების მინიმალური თვითღირებულება და ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ორლიანდაგიანად გადაკეთების პირობები. ამ პირობებიდან გამომდინარე ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის გადასარბენის ხელსაყრელი სიგრძე შეადგენდა 8-12 კმ-ს. სახელმძღვანელო ქანობი მიიღებოდა 4‰-12‰ – ფარგლებში.

მეორე ეტაპი – 1953-61 წწ. ფართოდ დაინერგა თბომავლები და ელექტრული წვეები, მატარებლების გაუჩერებელი აქცევა, მძიმე წონიანი მატარებლები. ყოველივე ამან განაპირობა ტექნიკური ნორმების გადახვევა. გადასარბენის ხელსაყრელი სიგრძის დადგენა ხდებოდა სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯების მინიმალური მნიშვნელობის მიხედვით. ჩატარდა გამოკვლევები აგრეთვე სიჩქარის და წონის ზრდის დამოუკიდებლობისა გადასარბენის სიგრძეზე.

სატვირთო გადაზიდვების საანგარიშო ლოკომოტივებად მიღებული იყო БЛ 23, БЛ8, ТЭ 3. სამგზავრო გადაზიდვებისთვის თბომავალი ТЭ 7. წონის ნორმის დადგენა ხდებოდა სახელმძღვანელო ქანობების შემდეგი მნიშვნელობებისათვის – 7‰, 9‰, 11‰ სამგზავრო მატარებლების წონად მიღებული იყო 1000 ტ.

ამ პირობებიდან გამომდინარე გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძე თბოწვევისას მატარებელთა გაუჩერებელი აქცევის პირობებში (50%) შეადგენდა – 18 – 20 კმ. ხოლო ელწვევისას 18 – 25 კმ. ამასთანავე დადგინდა რომ მატარებლის მასის 1000 ტონით გაზრდისას გადასარბენის სიგრძე იზრდება დაახლოებით 1-1,5 კმ-ით ასეთივე ზრდას იწვევს აგრეთვე მატარებლების მოძრაობის სიჩქარის გაზრდა.

სატვირთო მატარებლების – 10კმ/სთ – ხოლო სამგზავროების – 20კმ/სთ.

მესამე ეტაპი. 1962-1976 წ აქამდე არსებული ნორმების თანახმად გამყოფი პუნქტების განლაგება ხდებოდა საანგარიშო ცხრილების მიხედვით. დაისვა საკითხი: როგორ განვაღაგოთ გამყოფი პუნქტები:

საანგარიშო ცხრილების თუ რეალური მატარებლების მიხედვით: ამ საკითხის დრმა მეცნიერულმა შესწავლამ დაასაბუთა რომ I, II კატეგორიის რკინიგზებზე გამყოფი პუნქტები უნდა განლაგდეს რეალური მატარებლების რაოდენობის მიხედვით.

1962 წელს გამოცემული ტექნიკური ნორმებში გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხზე იყო მითითებული შემდეგი რეკომენდაციები:

სატვირთო მატარებლის მასა I კატეგორიის რკინიგზებზე გაიზარდოს – 6 ათას ტონამდე II კატეგორიის რკინიგზებზე – 5 ათას ტონამდე.

უნდა მოხდეს მატარებელთა გაუჩერებელი აქცევა გამყოფ პუნქტებზე.

III და IV კატეგორიის რკინიგზებზე გამყოფი პუნქტები უნდა განლაგდეს ექსპლუატაციის მე-10 წლისთავის ტვირთდაძაბულობის მიხედვით.

ამ ტექნიკური ნორმების თანახმად გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძე არ უნდა აღემატებოდეს 30 კმ-ს.

ზემოთმოყვანილი ტექნიკური ნორმების მოთხოვნები შენარჩუნებულია თანამედროვე ნორმებში. 1976 წლის ნორმებში უფრო დეტალურად არის გათვალისწინებული საექსპლუატაციო მუშაობის პირობები და ტექნიკური პარამეტრების კომპლექსური შერჩევა. კერძოდ გამყოფი პუნქტების რაციონალური განლაგებისას უნდა წარმოებდეს დაპროექტების სხვა პარამეტრებთან ურთიერთ კავშირში. გზის ტექნიკური აღჭურვილობასა და ვაგონების გატარების ორგანიზაციასთან.

თანამედროვე ტექნიკური ნორმების თანახმად პირველ და მეორე კატეგორიებზე გამყოფი პუნქტები უნდა განლაგდეს მოცემული დირექტიული წყვილი მატარებლების რიცხვის მიხედვით წყვილ პარალელური გრაფიკით გატარებისას.

III და IV კატეგორიების რკინიგზებზე ექსპლუატაციის საჭირო გამზიდუნარიანობის მე-10 წლისთავის მიხედვით.

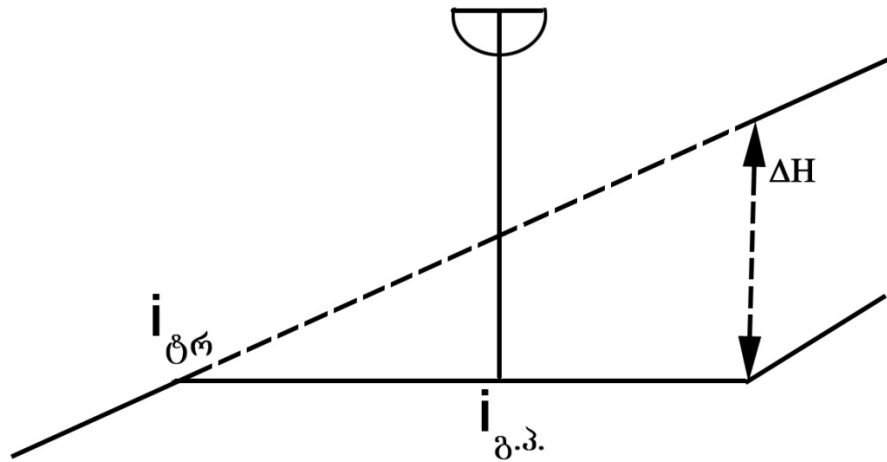
როგორც ჩანს გამყოფი პუნქტების განლაგების საკითხი შესწავლილია საკმაოდ დრმად და დაწვრილებით. ამასთანავე როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდე ამ შემთხვევებში არ აღემატებოდა 12%ს. რთული, მთიანი რელიეფის

პირობებში რკინიგზებისათვის დამახასიათებელია მაღალი სახელმძღვანელო ქანობი (25-35%) და მცირე რადიუსები ამიტომ ზემოთ მოყვანილ ტექნიკურ ნორმებში ასეთი მძიმე პირობები არ არის გათვალისწინებული. ეს გარემოება აიხსნება იმით რომ მთიანი რკინიგზების ხვედრითი წილი ყოფილი საბჭოთა კავშირის რკინიგზების საერთო სიგრძესთან შედარებით უმნიშვნელო იყო.

ფაქტორები რომლებიც განსაზღვრავენ თავისებურებებს რთულ პირობებში:

სამთო რკინიგზებისათვის დამახასიათებელია მიხვეულ-მოხვეული ტრასა ციცაბო გრძელი ქანობები. ასეთ გზებზე ხშირად გვხვდება ჯერადი წვეის ქანობი 30-40% – ფარგლებში. მრუდის მინიმალური რადიუსი ზოგ შემთხვევაში შეადგენს 200-300 მ. სამთო რკინიგზებისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე ძვირადღირებული ხელოვნური ნაგებობები: გვირაბები, ხიდები, ვიადუკები, აკვედუკები, მეწყერსაწინააღმდეგო და ზვავ საწინააღმდეგო ნაგებობები, საყრდენი კედლები, ნაპირსამაგრი კედლები და სხვა.

სამთო რკინიგზებზე გამყოფი პუნქტების განლაგება ძალზე გაძნელებულია და უმეტეს შემთხვევაში დაკავშირებულია ხაზის რთულ განვითარებასთან. ნახაზზე №8 ზე მოყვანილია ტრასის დაგრძელების სქემა გამყოფი პუნქტის მოწყობის შედეგად. ამ შემთხვევაში გამყოფი პუნქტის მოედნის სიგრძე შეადგენს 1300 მ. ქანობებს შორის მაქსიმალური გარდატეხის სიდიდე 13%, 60როფილეს ელემენტის მინიმალური სიგრძე – 200 მ.



ნახაზი №8  
ტრასის დაგრძელების სქემა.

ხაზის დაგრძელება გამოითვლება შემდეგი მარტივი ფორმულით

$$\Delta L = \frac{AH}{i_{ტრ}} \text{ მ} \quad (2.24)$$

AH – დაკარგული სიმაღლეა მ.

$i_{ტრ}$  – ტრასების ქანობია ‰.

ცხრილში №20 მოყვანილია ტრასის დაგრძელების სიდიდები გამყოფი პუნქტის მოედნის ქანობისაგან დამოკიდებულებით.

ცხრილი №20

სახელმძღვანელო ან ჯერადი წვევის ქანობი	ხაზის დაგრძელება მ			
	გამყოფი პუნქტის მოედნის ქანობი			
	0	1,5	2,5	10
20	1450	1342	1280	790
25	1492	1414	1360	972
30	1580	1513	1405	1147
35	1660	1600	1507	1283
40	1710	1660	1579	1385

როგორც ცხრილიდან ჩანს ერთი გამყოფი პუნქტის განლაგებით ტრასის დაგრძელება მერყეობს 800 დან 1700 მეტრამდე. თუ გაითვალისწინებთ იმ გარემოებებს რომ მთიან პირობებში ერთი კილომეტრი რკინიგზის ხაზის მშენებლობის ღირებულება შეადგენს 4-5 მლნ ლარს. ნათელი იქნება გამყოფი პუნქტის გაუქმებით მიღებული ეკონომია. ამიტომ მთიან პირობებში რკინიგზების დაპროექტებისას ცდილობენ რაც შეიძლება გრძელი გადასარბენი აიღონ (გამყოფი პუნქტების რიცხვის შემცირების ხარჯზე).

ამ შემთხვევაში აუცილებელია დაღმართის სიგრძეების შემოწმება დამუხრუჭების პირობებით. ხოლო აღმართის მიმართულებით შემოწმდეს წვეის ძრავის გახურების ტემპერატურა. არსებულ სამთო გზებზე ეს პრობლემები არ იდგა ასე მწვავედ. საქმე იმაშია რომ არსებული რკინიგზები აშენებულია ძველი ტექნიკური ნორმებით. მაშინ ლოკომოტივის სიმძლავრე იყო დაბალი, მოძრაობის სიჩქარეები იყო მცირე. ამიტომ გადასარბენის სიგრძეები გამოდიოდა შედარებით მცირე. მაგალითად, სურამის საუდელტეხილო უბანზე გადასარბენის სიგრძეები არ აღემატებოდა 7-9 კმ-ს.

ბოლო პერიოდში დაიწყო მთიანი რეგიონების ათვისება რკინიგზების გაყვანით. მაგალითად როცა მუშავდებოდა ტრანსკავკასიის რკინიგზის საუდელტეხილო ხაზის პროექტი (თბილისი-ვლადიკავკაზი) გადასარბენის სიგრძემ მიაღწია 20-25 კმ ორლიანდაგიან რკინიგზაზე. მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე, რომელიც ექსპლუატაციაში შევიდა გასული საუკუნის 80 –იან წლებში გადასარბენის სიგრძეები მერყეობს 10-15 კმ-ის ფარგლებში.

სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდე ამ ხაზზე ტოლია 35%.

ციცაბო გრძელი დაღმართების არსებობა აიძულებენ დამპროექტებლებს მხედველობაში მიიღონ გადასარბენის სიგრძის შემზღუდავი ფაქტორები. უნდა აღინიშნოს რომ რკინიგზის სამშენებლო ნორმებსა და წესებში (რუსეთის ფედერაცია) რომელიც მოქმედებაში შევიდა 1995 წლიდან შეტანილია საკითხი იმის შესახებ რომ გადასარბენის სიგრძის შემოწმება მოხდეს სატვირთო მატარებლების დამუხრუჭების პირობით ციცაბო დაღმართებზე. უნდა ავლნიშნოთ, რომ საქართველოში დღემდე არ არსებობს რკინიგზების დაპროექტების

ნორმები და წესები (ვსარგებლობთ რუსეთის ფედერაციის ანალოგიური ნორმებით).

ფაქტორები რომლებიც განსაზღვრავენ გადასარბენის სიგრძის აუცილებელ შემოწმებას, განპირობებული არის მატარებლების დამუხრუჭების თავისებურებებით გრძელ ციცაბო დადმართებზე. ასეთ თავისებურებებს მიეკუთვნება: სამუხრუჭე ხუნდებისა და თვლების გახურება, საჰაერო მაგისტრალის დაშრეტა, ხუნდების ცვეთა. აღმართის მიმართულებით საჭიროა აგრეთვე ელექტრული ძრავების შემოწმება გადახურებაზე.

ამ პირობებით გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა უდაოდ აამაღლებს მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების ექსპლუატაციის პირობებს.

## 2.2.1. ციცაბო ქანობიან დაღმართებზე სატვირთო მატარებლების დამუხრუჭების სითბური რეჟიმის გამოკვლევა

სამუხრუჭო სისტემის საიმედოობა და მოძრაობის უსაფრთხოება ციცაბო დაღმართებზე ბევრად არის დამოკიდებული სამუხრუჭო ხუნდების ტემპერატურულ რეჟიმზე.

მექანიკური დამუხრუჭების დროს ხახუნის შედეგად ხურდება ხახუნში მონაწილე დეტალები და გამოყოფილი სითბო გამოიფრქვევა გარემოში. მოძრაობის სიჩქარის გაზრდასთან ერთად იზრდება მატარებლის კინეტიკური ენერჯია და შესაბამისად იზრდება სამუხრუჭო სისტემის ფრიქციული მოწყობილობა.

კომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ხუნდები საშუალებას იძლევიან გავზარდოთ სამუხრუჭო ძალა და შესაბამისად დაღმართებზე დასაშვები სიჩქარეები. ამასთანავე კომპოზიციური მასალის ძირითადი ნაკლი მდგომარეობს მის დაბალ თბოგამტარუნარიანობაში, რაც მკვეთრად ზრდის თვლის სითბურ დატვირთვას. კომპოზიციური ხუნდების დადებით მხარეს შეადგენს აგრეთვე მაღალი ცვეთამედეგობა, რაც უზრუნველყოფს მათ ნორმალურ მუშაობას შედარებით გრძელ დაღმართებზეც.

გახურების შედეგად (350<sup>0</sup> ზევით) ირღვევა სამუხრუჭო ხუნდების მექანიკური მდგომარეობა და შესაბამისად მცირდება მოძრაობის უსაფრთხოების გარანტია. ამიტომ გრძელ დაღმართებზე აუცილებელია სამუხრუჭო ხუნდების თბური რეჟიმის შესწავლა.

მთიან პირობებში რკინიგზების გრძივ პროფილს ახასიათებს შედარებით მაღალი სახელმძღვანელო ქანობი. ხშირად მისი სიდიდე აღწევს 30-35%. მაგალითად სურამის უღელტეხილზე დაღმართის მაქსიმალური ქანობია 29%, ხოლო მარაბდა-ახალქალაქის უბანზე – 35%.

გაგრძელებული დაღმართის სიგრძე ბევრ შემთხვევაში რამოდენიმე კმ-ს აღწევს და ზოგჯერ მოიცავს მთელ გადასარბენს. მაგალითად მარაბდა-ახალქალაქის ხაზზე დაძაბული დაღმართის სიგრძე 10-15კმ-ს აღწევს. ბოლო პერიოდში ექსპლუატაციაში შემოვიდა მძლავრი ელმავლები, რამაც საშუალება მოგვცა მატარებლის წონის



გაზრდისა. გაიზარდა აგრეთვე მოძრავი შემადგენლობის სიჩქარეც. ამის გამო დამუხრუჭების პრობლემებმა ციცაბო ქანობიან დაღმართებზე მიიქცია მეცნიერებისა და პრაქტიკოსების ყურადღება. დღის წესრიგში დადგა მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის რეკონსტრუქცია, სადაც გათვალისწინებულია მატარებლის მასისა და მოძრაობის სიჩქარეების გაზრდა. ეს გარემოებები განაპირობებს ციცაბო ქანობიან დაღმართებზე მატარებლების უსაფრთხო მოძრაობის პირობების გამოკვლევის აუცილებლობას.

საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ დამუხრუჭების თბური რეჟიმის გამოკვლევით დაინტერესდნენ გასული საუკუნის 70-იან წლებიდან. საქმე ის გახლავთ, რომ არსებულ სამთო რკინიგზებზე გადასარბენის სიგრძეები მცირეა (მაგალითად სურამის უღელტეხილზე გადასარბენის სიგრძე შეადგენს 7-9 კმ-ს). მოძრაობის სიჩქარეებიც შეზღუდულია. ამიტომ ხუნდების გადახურების პრობლემაც არ იდგა დღის წესრიგში.

ხუნდების გახურების ტემპერატურის დადგენა ერთობ რთულია, ვინაიდან იგი დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე. ყველაზე სანდო და დასაბუთებული კვლევები ამ საკითხზე აქვს ცნობილ რუს მეცნიერს და პრაქტიკოს ვ. ინოზემცევს. პროფესორი ვ. ინოზემცევი ხუნდების გახურების ტემპერატურის შემოწმებისათვის გრძელ დაღმართებზე გვთავაზობს შემდეგ ფორმულას [1].

$$\frac{(1 - \alpha_p) \alpha_R h P \varepsilon S_0}{t S_m d} (1 - e^{-0.03 \sqrt{t}}) \leq 2 \quad (2.25).$$

სადაც

$\alpha_p$  - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს რეკუპერაციული დამუხრუჭების წილს.

$\alpha_R$  - თბური ნაკადის განაწილების კოეფიციენტი; თუჯის ხუნდებისათვის  $\alpha_R = 0,7$  კომპოზიციური ხუნდებისათვის – 0,95

$h$  - სიმაღლეთა შორის სხვაობაა

$p$  - თვალზე მოსული დაწოლაა  $p=10,5$  ტ

$\varepsilon$  - თვლის მუშაობის არათანაბრობის კოეფიციენტი  $\varepsilon = 1,5$

$S_0$  და  $S_m$  - სხვადასხვა ტიპის ვაგონების საანგარიშო სამუხრუჭო მანძილებია; ერთგვაროვანი ვაგონებისთვის  $S_0 = S_m$

$d$  - თვლის დიამეტრია,  $d=0,87$  მ

$t$  - დამუხრუჭების დროა, წმ-ში.

ზემოთ მოყვანილი ფორმულის დახმარებით შესაძლებელია დაღმართების მაქსიმალური სიგრძის დადგენა იმ პირობით, რომ ხუნდების გადახურების ტემპერატურა დარჩეს ნორმის ფარგლებში.

შეეცვალოთ სიმაღლეთა სხვაობა  $h$ . როგორც მანძილისა და ქანობის ნამრავლი  $h=\ell_i$  და თუ ფორმულა (2.25) შევიტანთ კოეფიციენტების რიცხობრივ მნიშვნელობებს მივიღებთ, თუჯის ხუნდებისათვის

$$\frac{12,7(1-\alpha_p)\ell_i}{t}(1-e^{-0,03\sqrt{t}}) \leq 2 \quad (2.26)$$

კომპოზიციური ხუნდებისათვის

$$\frac{16,3(1-\alpha_p)\ell_i}{t}(1-e^{-0,03\sqrt{t}}) \leq 2 \quad (2.27)$$

დამუხრუჭების ხანგრძლივობა  $t$  შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით

$$t = \frac{\ell}{v} 3600 \text{ წმ}$$

თუ ფორმულებს (2.26) და (2.27) ამოვხსნით  $\ell$  -ს მიმართ მივიღებთ, თუჯის ხუნდებისათვის

$$\ell = \frac{V}{3,24} \ln^2 \left( 1 - \frac{567}{(1-\alpha_p)v_i} \right) \quad (2.28).$$

კომპოზიციური ხუნდებისათვის

$$\ell = \frac{V}{3,24} \ln^2 \left( 1 - \frac{419}{(1 - \alpha_p) \nu_i} \right) \quad (2.29).$$

ბოლო წლებში ხუნდების გახურების ტემპერატურის შესახებ თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევები ჩატარდა ყოფილ რკინიგზის საკავშირო ინსტიტუტის ავტომუხრუჭების ლაბორატორიაში [2] ამ გამოკვლევების საფუძველზე ხუნდების გახურების ტემპერატურა დამყარებული სიჩქარით დამუხრუჭებისას შესაძლებელია გამოითვალოს შემდეგი ფორმულით:

$$T = \frac{q}{\alpha} (1 - e^{-z})^0 c \quad (2.30).$$

სადაც,

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

q – თბური ნაკადის სიმკვრივეა,

$\alpha$  – 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 კკლ/კგ

t – დამუხრუჭების ხანგრძლივობაა, წმ

თბური ნაკადის სიმკვრივე q განისაზღვრება მოძრაობის სიჩქარისა და დამუხრუჭება ძალის მიხედვით.

$$q = \frac{\alpha_r (1 - \alpha_p) b_m PVA \varepsilon}{3,6F} \quad (2.31)$$

სადაც

$\alpha_R$  – თბური ნაკადის გავრცელების კოეფიციენტი, თუჯის ხუნდებისათვის  $\alpha_R = 0,7$  ხოლო კომპოზიციური ხუნდებისათვის  $\alpha_R = 0.95$

$b_m$  დამუხრუჭების სვედრითი ძალაა კგ/ტ, თანაბარი მოძრაობისას

$$b_m = i - w_x$$

$i$  – დაღმართის დაყვანილი ქანობია, ‰.

$w_x$  – მატარებლის მოძრაობის წინაღობაა უქმი სეგისას.

$p$  – თვალზე მოსული დაწოლაა  $p = 11$  ტ.

$v$  – მოძრაობის სიჩქარეა, კმ/სთ;

$A$  – მუშაობის თბური ეკვივალენტი.

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

$\alpha_p$  - ელექტრული დამუხრუჭების წილია.

$F$  – თვლის ზედაპირის ფართობია, რომელზედაც გამოიყოფა სითბო  $F=0,257 \text{ m}^2$

სითბოგაცემის კოეფიციენტი

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

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

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

დაღმართებზე დამყარებული სიჩქარეებით მატარებლის მოძრაობისას  $t$  წამის განმავლობაში გავლილი გზა ტოლი იქნება

$$L = \frac{vt}{3600} \text{ კმ}$$

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული კომპოზიციური ხუნდები ნაკლებ თბოგამტარნი არიან და მათი გამოყენების შემთხვევაში უფრო

მოსალოდნელია მოხახუნე ზედაპირების გადახურება. ამიტომ გამოთვლებს ვაწარმოებთ მხოლოდ კომპოზიციური ხუნდებისათვის.

იმისათვის, რომ დავადგინოთ დადმართის მაქსიმალური სიგრძე ხუნდების გადახურების პირობით დამუხრუჭების დრო  $t$  შევცვალოთ გამოსახულებით  $3600 \frac{L}{v}$  და ფორმულა (2.30) ამოვხსნათ  $l$ -ს მიმართ, მივიღებთ

$$L = v \left[ \frac{1}{k\alpha} \ln \left( 1 - \frac{\alpha T}{q} \right) \right]^2 \text{ კმ} \quad (2.32)$$

სადაც  $K$  მუდმივია და ტოლია:

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

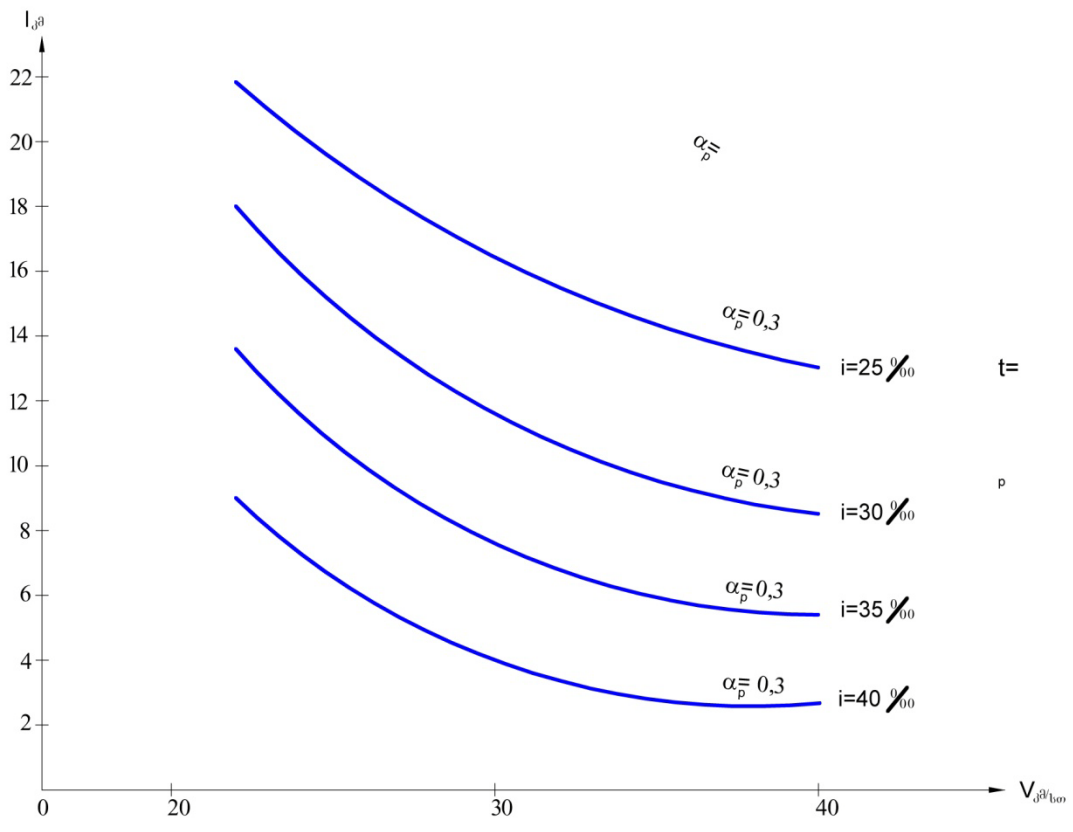
დადმართის მაქსიმალური სიგრძეების მნიშვნელობები გადახურების პირობით ქანობის, სიჩქარის და ელექტრული დამუხრუჭებისაგან დამოკიდებულებით მოცემულია ცხრილში 21-ში

**დადმართების მაქსიმალური სიგრძე ქანობისაგან  
დამოკიდებულებით**

*ცხრილი 21.*

$\alpha_p$	i=20% <sub>0</sub>			i=25% <sub>0</sub>			i=30% <sub>0</sub>			i=35% <sub>0</sub>		
	40	30	20	40	30	20	40	30	20	40	30	20
0	9,3	13,0	21,4	5,5	7,8	12,6	3,8	5,2	8,3	3,1	5,6	7,5
0,1	11,3	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	13,0	21,4	6,2	8,6	14,6	4,7	6,0	11,0
0,3	21,3	30,4	53,4	12,6	17,8	29,8	8,5	11,6	10,0	5,6	7,3	13,6

დადმართის მაქსიმალური სიგრძის დამოკიდებულება მოძრაობის სიჩქარისგან ქანობისა და ელექტრული დამუხრუჭებისაგან წარმოდგენილია ნახ. №9.



ნახ. 9. დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეები ხუნდების გადახურების პირობით

## 2.2.2. თეორიული გაანგარიშების შედეგების შეჯერება ექსპერიმენტების მონაცემებთან

თეორიული გამოკვლევის საიმედოობის დასადაგენად მიღებული შედეგები შევაჯერეთ სურამის საუფელტეხილო რკინიგზაზე ჩატარებული ექსპერიმენტების მონაცემებთან. ექსპერიმენტები საექსპლუატაციო პირობებში ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლების მიერ საქართველოს რკინიგზის სავაგონო მეურნეობის სამსახურის მუშაკებთან ერთად [4].

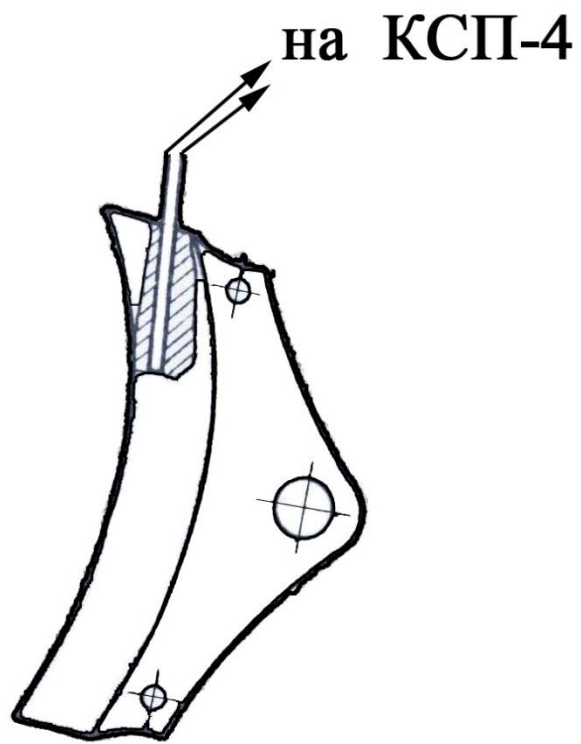
ექსპერიმენტები ჩატარებულ იქნა მუხრუჭების გამოსაცდელ ვაგონ-ლაბორატორიის დახმარებით. ვაგონ-ლაბორატორია ჩაბმული იყო სატვირთო მატარებლის ბოლო ვაგონზე. ცდები ტარდებოდა სურამის უფელტეხილის ხაშური-ზესტაფონის მონაკვეთზე.

ხუნდების გახურების ტემპერატურის გასაგებად ხუნდში 10 მმ სიღრმეზე მაგრდებოდა თერმოწყვილი (ნახ. 10). გახურების ტემპერატურის ჩაწერა წარმოებდა პოტენციომეტრის დახმარებით.

სულ ჩატარებულ იქნა 4 ცდა. ცდები ტარდებოდა როგორც მექანიკური, ასევე რეკუპერაციული დამუხრუჭების პირობებში. ქვემოთ მოყვანილი მაქვს 2 ცდის შედეგები.

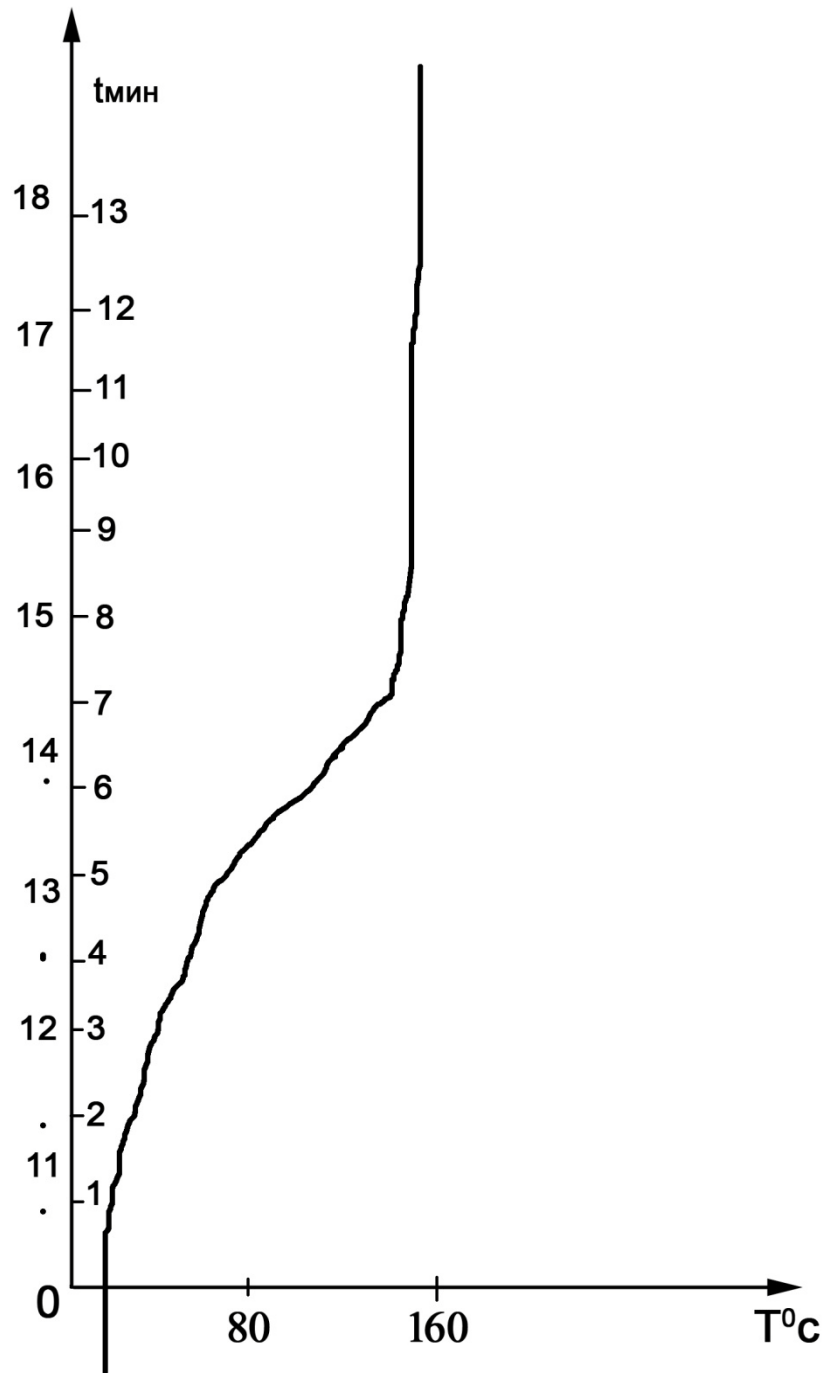
**I ცდა:** თუჯის ხუნდები. მხოლოდ მექანიკური დამუხრუჭებით: საცდელი მონაკვეთი წიფის გვირაბიდან სადგურ წიფამდე. დაღმართის მანძილი შეადგენს 5,2 კმ-ს. დაყვანილი ქანობი – 20%. მოძრაობის სიჩქარე 20 კმ/სთ. დამუხრუჭების ხანგრძლივობა  $t=15$  წთ. ხუნდების გახურების ტემპერატურა ჩაწერილი პოტენციომეტრის გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ. 11.

მოცემული გრაფიკის მიხედვით საწყისი ტემპერატურაა - 16<sup>0</sup>



ნახ. 10. ხუნდში თერმოწყვილის დამაგრების სქემა





ნახ. 11. ხუნდის ტემპერატურის ცვალებადობის გრაფიკი

ხუნდის გახურების საბოლოო ტემპერატურაა  $-152^{\circ}$ .

ტემპერატურის ნაზრდი შეადგენს  $T = T_{საწ} - T_{საგ} = 136^{\circ}$

გავიგოთ ხუნდის გახურების ტემპერატურა ფორმულით (6)

ზემოთ მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე შეგვიძლია გამოვითვალოთ

$$\alpha = 0,01654 \bullet q = 13,24 \quad t = 900c$$

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

ამიტომ T-ს მნიშვნელობა ტოლი იქნება:

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

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

**ცდა II.** კომპოზიციური ხუნდები. დამუხრუჭება-პნევმატიური რეკუპერაციის გამოყენებით.

ექსპერიმენტის უბანი – სადგურ-წიფიდან-სადგურ მოლითამდე დაღმართის მთლიანი სიგრძე შეადგენს 12.3 კმ-ს.

დაყვანილი ქანობი – 21,4%. მოძრაობის სიჩქარე – 30 კმ/სთ  
მატარებლის წონა  $P + Q = 2897$  ტ ლოკომოტივის ტიპი - BA11

რეკუპერაციულ დამუხრუჭებას აწარმოებდა ერთი ლოკომოტივი. ხუნდის გახერების ტემპერატურა გაიზომა სადგურ მოლითში უშუალო კონტაქტით და იგი შეადგენდა  $216^{\circ} C$ . ხუნდის გახურების საწყისი ტემპერატურა იყო  $18^{\circ}$ . ტემპერატურის ნამატი შეადგენს

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

წვევის გაანგარიშების წესების თანახმად ერთი БЛ11 ელმავლის სამუხრუჭო ძალა რეკუპერატიული დამუხრუჭების შემთხვევაში ტოლია  $B_p = 27000$  კგ-ს ამიტომ 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 გამოძინარე:

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

გახურების ტემპერატურა თეორიული გაანგარიშების გზით ტოლი იქნება

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

ე.ი. ამ შემთხვევაშიც თეორიული და ექსპერიმენტალური შედეგები თანხვედრებია, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ჩვენს მიერ ჩატარებული თეორიული გაანგარიშებები საიმედოა და ეჭვს არ იწვევს.

### 2.2.3. ციცაბო დაღმართებზე უწყვეტი

#### დამუხრუჭების დროის დადგენა

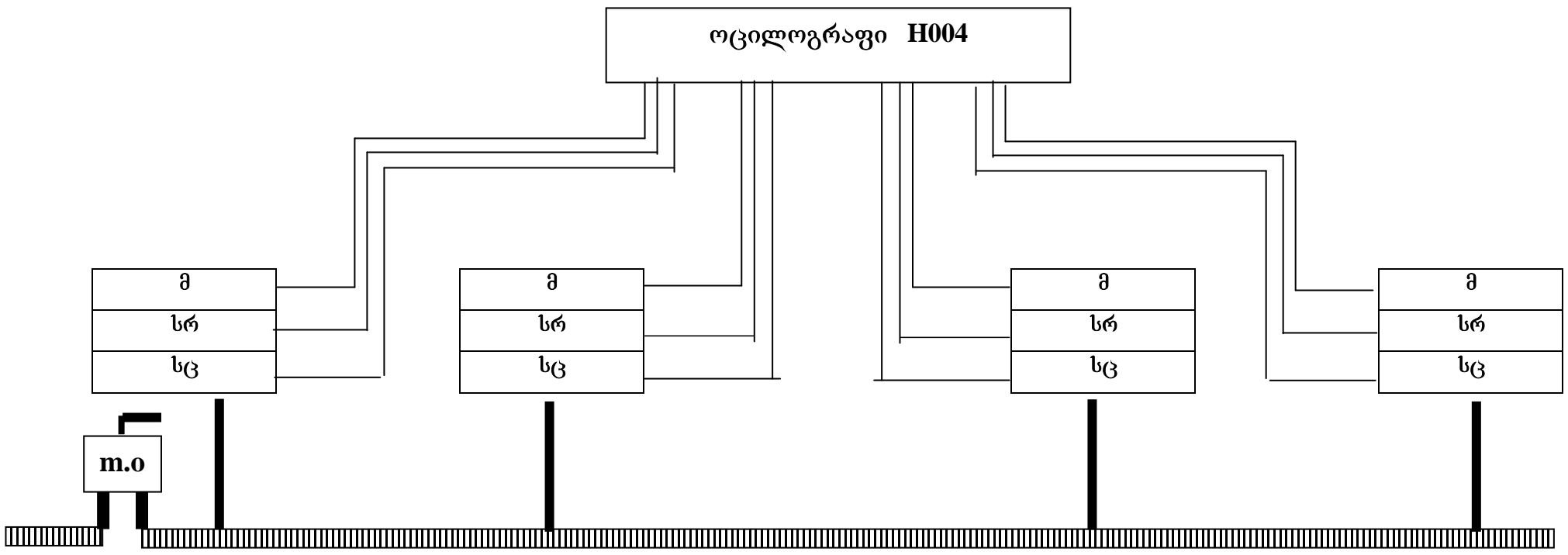
სატვირთო მოძრაობი შემადგენლობა აღჭურვილია ჰაერგამანაწილებელით №270-005-1, რომელიც უზრუნველყოფს ავტომუხრუჭების უშრეტობას. ჩიცაბო დაღმართებზე ავტომუხრუჭები გადართულ უნდა იქნეს მუშაობის სამთო რეჟიმებზე. ავტომუხრუჭების უშრეტობა განპირობებულია დამუხრუჭებისას სამუშაო კამერების საჰაერო მაგისტრალიდან იზოლირებით, ხოლო სამარაგო რეზერვუარები მუდმივად ივსება შეკუმშული ჰაერით მაგისტრალიდან მიუხედავად ზემოთ აღნიშნულისა, ციცაბო ქანობებზე ხანგრძლივად დამუხრუჭებისას წნევები სამუხრუჭო ცილინდრებში (სმ), სამარაგო რეზერვუარებში (სრ) მაგისტრალიდან (მ) შეკუმშული ჰაერის მომატებული გადინების გამო შეიძლება აღმოჩნდეს ნორმაზე დაბლა. მის გამო მაგისტრალის სიმკვრივის ნორმა ექსპლუატაციის პირობებში შესაძლებელია დაცული არ იყოს. (ნორმად მიღებულია 1 წუთის მანძილზე წნევის დაცემა 0.2 ატმოსფეროთი).

იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოება საქართველოს საუღელტეხილო და სამთო რკინიგზებზე მიღებულია სატვირთო მატარებლების აუცილებელი გაჩერება გამყოფ პუნქტებზე მაგისტრალის ჰაერით დასამუხრუჭად. (დგომის ხანგრძლივობა შეადგენს 4-6 წუთს).

ჩვენს ამოცანას შეადგენს დაგვედგინა ციცაბო ქანობიან დაღმართებზე სატვირთო მატარებლების უწყვეტი დამუხრუჭების ხანგრძლივობა.

ს ამოცანა მრავალი ურთიერთდამოკიდებული ფაქტორების გამო თეორიულ ამოხსნას არ ექვემდებარება. მიტომ მეცნიერები შეეცადნენ ექსპერიმენტალური გზით გადაეწყვიტათ ეს პრობლემა [5].

ქსპერიმენტი ჩატარებულ იქნა ყოფილი საბჭოთა კავშირის რკინიგზის საკავშირო საკვლევი ინსტიტუტის ავტოსამუხრუჭო ლაბორატორიაში. ქვემოთ მოყვანილია ექსპერიმენტების ჩატარების მიმდევრობა და აღწერა (ნახ. 12.).



ნახ. 12. ჯგუფური სტენდის სქემა

ჯგუფური სტენდი წარმოადგენდა სატვირთო მატარებლის პნევმატური ავტომუხრუჭების მოწყობილობას (მატარებლის წონა 5000 ტ).

**ჯგუფური სტენდის ძირითადი მახასიათებლები:**

- ოთხღერძიანი ვაგონების რიცხვი – 60
- სამუხრუჭე ღერძების რიცხვი – 240
- სამუხრუჭე მაგისტრალის სიგრძე (ორმაგი წვეით) – 840 მ.
- ჰაერის წნევა მთავარ რეზერვუარში 7-8 ატმ
- წნევის სიდიდე მაგისტრალში – 6 ატმ
- შტოკის გამოსავლის სიგრძე – 125 მმ
- სათადარიგო რეზერვუარის მოცულობა – 78 ლ
- სამუხრუჭე ცილინდრის მოცულობა – 14,5 ლ
- მთავარი რეზერვუარის მოცულობა – 7 მ<sup>3</sup>
- ჰაერგამანაწილებელის ტიპი - №270-005 (სამთო რეჟიმზე)
- მემანქანის ონკანი - №394
- ჰაერის წნევის ცვალებადობა პირველსა და ბოლო ვაგონებს შორის 6/5,7 ატმ
- მაგისტრალის გერმეტულობა იზომებოდა შემდეგნაირად:

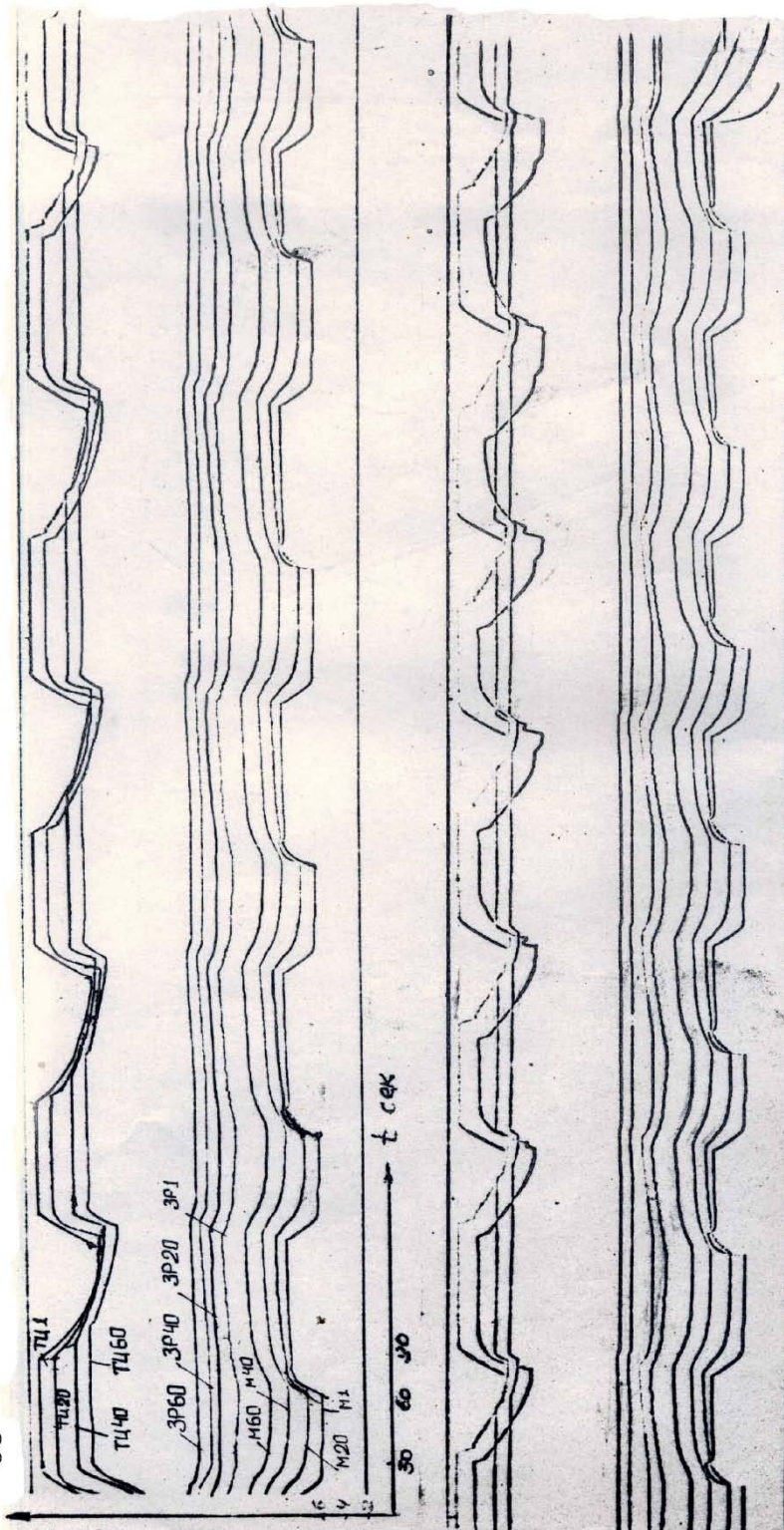
წნევა ეცემოდა 5 ატმ-დე და იზომებოდა დრო, სანამ წნევა არ დაეცემოდა 4 ატმოსფერომდე. ამ დრომ შეადგინა 55 წამი რაც ნორმაზე მეტია.

ცდების მიმდინარეობისას წარმოებდა წნევების ჩაწერა მიმღებისა (ЭДД-10) და ოსტილოგრაფის (H-004) საშუალებით. წნევები იზომებოდა სამუხრუჭო ცილინდრებში (სც), მაგისტალში (მ) და სათადარიგო რეზერვუარში (სრ) მატარებლის სიგრძის ოთხ კვეთში: №1, №20, №40, და №60 ვაგონებზე.

პნევმატური ავტომუხრუჭების უშრეტობის ხარისხის დასადგენად მიღებული იქნა დამუხრუჭების შემდეგი ციკლი: წარმოებდა სრული სამსახურებრივი დამუხრუჭება მაგისტრალში წნევის შემცირებით 4 ატმოსფერომდე და 30 წამის შემდეგ ჰაერის გამოშვებიდან მუხრუჭების აშვება მაგისტრალში ჰაერის წნევის 6 ატმოსფერომდე მომატებით. განსაზღვრული დროის შემდეგ ისევ წარმოებდა სრული სამსახურებრივი დამუხრუჭება და ა.შ. ციკლები ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდა მუხრუჭების აშვებიდან შემდგომ სრულ დამუხრუჭებამდე დროის ინტერვალით. ე.ი. იმ დროით რა დროშიც მიმდინარეობდა მუხრუჭების აშვება და დამუხრუჭება შეკუმშული ჰაერით სათადარიგო რეზერვუარებიდან.

სულ ჩატარებულ იქნა 3 ციკლი. I ციკლში მუხრუჭების დამუხტვის პერიოდი შეადგენდა 2,5 წთ, II-ში 2,0, III-ში 1,5 1,0 წთ. ყოველი ციკლის ბოლოს წარმოებდა საექსტერნო დამუხრუჭება და იზომებოდა წნევები მაგისტრალში და სათადარიგო რეზერვუარებში №59 და №60 ვაგონებზე მანომეტრის საშუალებით. (იხ. ნახ. 13.) ცხრილი №22 წარმოდგენილია ჰაერის წნევების მნიშვნელობები მაგისტრალში, სამუხრუჭო ცილინდრებში და სათადარიგო რეზერვუარებში ბოლო ორი ვაგონისათვის. საექსტერნო დამუხრუჭებამდე ჩატარდა სულ 12 ციკლი (42 წუთის ხანგრძლივობით). დამუხრუჭების შემდეგ წნევამ სამუხრუჭე ცილინდრებში შეადგინა 3,7 და 4,2 ატმ.

P კვ. სმ<sup>2</sup>



ნახ. 13. სამუხრუჭო სისტემაში წნევების ცვალებადობის გრაფიკი



**სამუხრუჭო სისტემაში წნევების ცვალებადობა  
(ციკლი №1)**

*ცხრილი 22.*

№№	წნევები დამუხრუჭების წინ კგ/სმ <sup>2</sup>					წნევები მუხრუჭების აშვებამდე კგ/სმ <sup>2</sup>				
	მ	სრ		სც		მ	სრ		სც	
	№60	№59	№60	№59	№60	№60	№59	№60	№59	№60
0.	5,7	6,0	5,5	–	–	–	–	–	–	–
1.	5,3	–	4,6	–	1,6	3,7	4,9	4,5	4,1	4,0
2.	5,2	–	4,6	2,0	1,2	3,7	4,7	4,2	4,0	4,0
3.	5,5	5,7	4,8	–	1,5	3,7	4,7	4,1	4,0	4,0
4.	5,5	–	4,8	3,0	2,0	3,75	4,15	4,1	4,1	4,0
5.	5,5	–	4,7	–	1,7	3,75	4,7	4,1	4,1	4,0
6.	5,5	–	4,7	2,2	1,7	3,7	4,7	4,1	4,1	4,0
7.	5,5	–	4,7	–	1,7	3,7	–	4,05	4,1	4,0
8.	5,2	–	4,8	–	1,6	3,7	4,4	4,05	4,1	4,0
9.	5,3	4,7	4,4	2,8	1,6	3,75	–	4,1	4,0	4,0
10.	5,3	–	4,7	–	1,6	3,7	–	4,0	4,0	4,0
11.	5,3	–	4,6	–	1,7	3,75	–	4,0	4,0	4,0
12.	5,2	–	4,5	–	1,7	3,75	4,5	4,0	4,1	3,95
13.	საექსტერნო დამუხრუჭება					0	4,4	4,0	4,1	3,9

II ციკლის დროს ( $\tau_{აშვ} = 2,0$ ) სულ ჩატარდა 8 ცდა 24 წუთის განმავლობაში. ამ ციკლის მონაცემები ანალოგიური იყო I ციკლისა. მე-3 ციკლისას პერიოდით ( $\tau_{აშვ} = 1,5$  წთ) ჩატარდა 5 ცდა შემდეგ კი შეიცვალა პერიოდის სიდიდე  $\tau_{აშვ} = 1,0$  ამ მნიშვნელობისათვის მეორე სრული სამსახურებრივი დამუხრუჭების შემდეგ მივიღეთ „დამყარებული“ რეჟიმი, რომლის დროსაც წნევების სიდიდემ ბოლო ვაგონის სამუხრუჭო ცილინდრებში და სამარაგო რეზერვუარებში შეადგინა შესაბამისად 3,9 და 4,5 ატმოსფერო.

დამუხრუჭების შემდგომმა განმეორებამ გავლენა ვერ მოახდინა წნევების ცვალებადობაზე. ამიტომ 28 წუთის შემდეგ შესრულდა სრული დამუხრუჭება.

საექსტერნო დამუხრუჭების შემდეგ წნევების სიდიდეები შეადგენდა 3,7 და 4,2 ატმოსფეროს. წნევების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში №23.

**სამუხრუჭო სისტემაში წნევების ცვალებადობა  
(ციკლი №2)**

*ცხრილი 23.*

№№	წნევები დამუხრუჭების წინ კგ/სმ <sup>2</sup>					წნევები მუხრუჭების აშვებამდე კგ/სმ <sup>2</sup>				
	მ		სრ		სც	მ		სრ		სც
	№60	№59	№60	№59	№60	№60	№59	№60	№59	№60
0.	5,7	6,0	5,5	—	—	—	—	—	—	—
1.	5,15	—	4,75	2,5	2,1	3,8	—	4,45	—	4,1
2.	5,05	—	4,65	3,0	2,4	3,75	—	4,25	—	4,05
3.	5,0	—	4,6	3,0	2,4	3,75	—	4,1	—	4,0
4.	5,0	4,7	4,55	3,1	2,4	3,75	—	4,1	—	4,0
5.	4,85	—	4,35	—	3,1	3,75	—	4,05	—	4,0
6.	4,8	4,45	4,35	3,9	3,1	3,75	4,5	4,0	4,0	4,0
7.	4,8	4,55	4,3	3,9	3,1	3,75	—	4,0	—	3,95
8.	4,8	4,5	4,3	3,86	3,1	3,8	—	4,0	—	3,95
9.	4,8	4,6	4,3	3,75	3,0	3,7	—	4,0	—	3,95
10.	4,75	4,6	4,25	3,9	3,1	3,75	—	4,05	—	3,95
11.	4,8	4,6	4,3	3,8	2,9	3,75	—	3,95	—	3,9
12.	4,75	4,55	4,25	3,8	2,9	3,75	—	3,95	—	3,9
13.	საექსტერნო დამუხრუჭება					0	4,3	3,95	4,0	3,9

როგორც ცდების შედეგებიდან ჩანს პნევმატური ავტომუხრუჭები სამთო რეჟიმზე მუშაობისას ხასიათდება მაღალი ხარისხის უშრეტობით 30 წუთის განუწყვეტელი დამუხრუჭებისას. ვინაიდან ჩატარებული ცდების ყველა ციკლში მიიღწეოდა „დამყარებული“ რეჟიმი, რის დროსაც წნევები სამუხრუჭო ცილინდრებში და სამარაგო რეზერვუარებში არ იცვლებოდა. ეს დრო შეიძლება ჩაითვალოს ზემოთმოყვანილი ცდების მინიმალურ დროდ. უწყვეტი დამუხრუჭების მაქსიმალური დროის დასადგენად აუცილებელია გავითვალისწინოთ რეალურ პირობებში სამთო რკინიგზებზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები. ამ მიზნით საქართველოს რკინიგზის სურამის

უღელტეხილზე ჩატარებულ იქნა რამოდენიმე ექსპერიმენტი რკინიგზის ტრანსპორტის სპეციალისტებისა და მეცნიერების მიერ.

როგორც ცნობილია სურამის საუღელტეხილო რკინიგზა ითვლებოდა ერთ-ერთ უროთულეს მონაკვეთად მთელს ყოფილ საბჭოთა კავშირში. მასზე მაქსიმალური ქანობის სიდიდე აღწევს 29%-ს. უფრო რთული მონაკვეთია მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზი, სადაც პროფილის მაქსიმალური ქანობის სიდიდეა 35%. გადასარბენების სიგრძე კი მერყეობს 10-15 კმ-ის ფარგლებში.

სურამის საუღელტეხილო გზაზე გაიარა გამოცდა აქამდე არსებულმა ყველა ტიპის მუხრუჭებმა.

ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 20-იან წლებში ამ უბანზე გამოცადეს კაზანცევისა და კუნცე-კნობის სისტემის მუხრუჭები. გამოცდის შედეგებმა აჩვენეს კაზანცევის სისტემის ავტომუხრუჭების სრული უპირატესობა განსაკუთრებით მუხრუჭების უშრეტობის პირობით. საქართველოს რკინიგზის საუღელტეხილო გზებზე არსებობს მოძრაობის შემდეგი პრაქტიკა: ყოველ გამყოფ პუნქტებზე, რომელსაც ემიჯნება გრძელი, დაძაბული დაღმართები სატვირთო მატარებლები ჩერდებიან 4-6 წუთის განმავლობაში ავტომუხრუჭების დასამუხტავად.

ჩვენ გავეცანით პნევმატური ავტომუხრუჭების გამოცდის შედეგებს, რომელიც ჩატარებულ იქნა სურამის უღელტეხილზე გასული საუკუნის 70-იან წლებში. ცდები ჩატარებულ იქნა ნავთობშიდ სატვირთო მატარებელზე მასით 3340 ტ, სამუხრუჭო ღერძების რიცხვი – 184. მატარებელი ეშვებოდა სურამის უღელტეხილზე 2 ელმავლით რეკუპერაციის გარეშე წნევები სამარაგო რეზერვუარში და სამუხრუჭო ცილინდრებში იზომებოდა ბოლო ვაგონზე ყოველ ნახევარ წუთში მანომეტრის საშუალებით. გაზომილი წნევების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი №24-ში. ამ ცხრილში ნაჩვენებია გამყოფი პუნქტების დასახელებაც, რომელზეც მიმდინარეობდა მაგისტრალის დამუხტვა.

როგორც ცხრილიდან ჩანს წნევები სამუხრუჭო ცილინდრებში და სამარაგო რეზერვუარებში ექსპლუატაციის პირობებში ნაკლებია, ვიდრე ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ცდების დროს. ეს გარემოება აიხსნება იმით, რომ ექსპლუატაციურ პირობებში ჰაერის გადინება სამუხრუჭო სისტემიდან უფრო მეტია.

ცდები ტარდებოდა როგორც რეკუპერაციით, ისე მის გარეშე. განუწყვეტელი დამუხრუჭების დრომ შეადგინა 35 წთ. ამ დროის შემდეგ წნევების სიდიდემ სამუხრუჭო ცილინდრებში და სამარაგო რეზერვუარებში

შეადგინა მინიმალური დასაშვები ნორმების ფარგლებში. დადმართის ბოლოს შეირჩეოდა გადახურებული ხუნდების თვლის ბანდაჟზე მიკვრა.

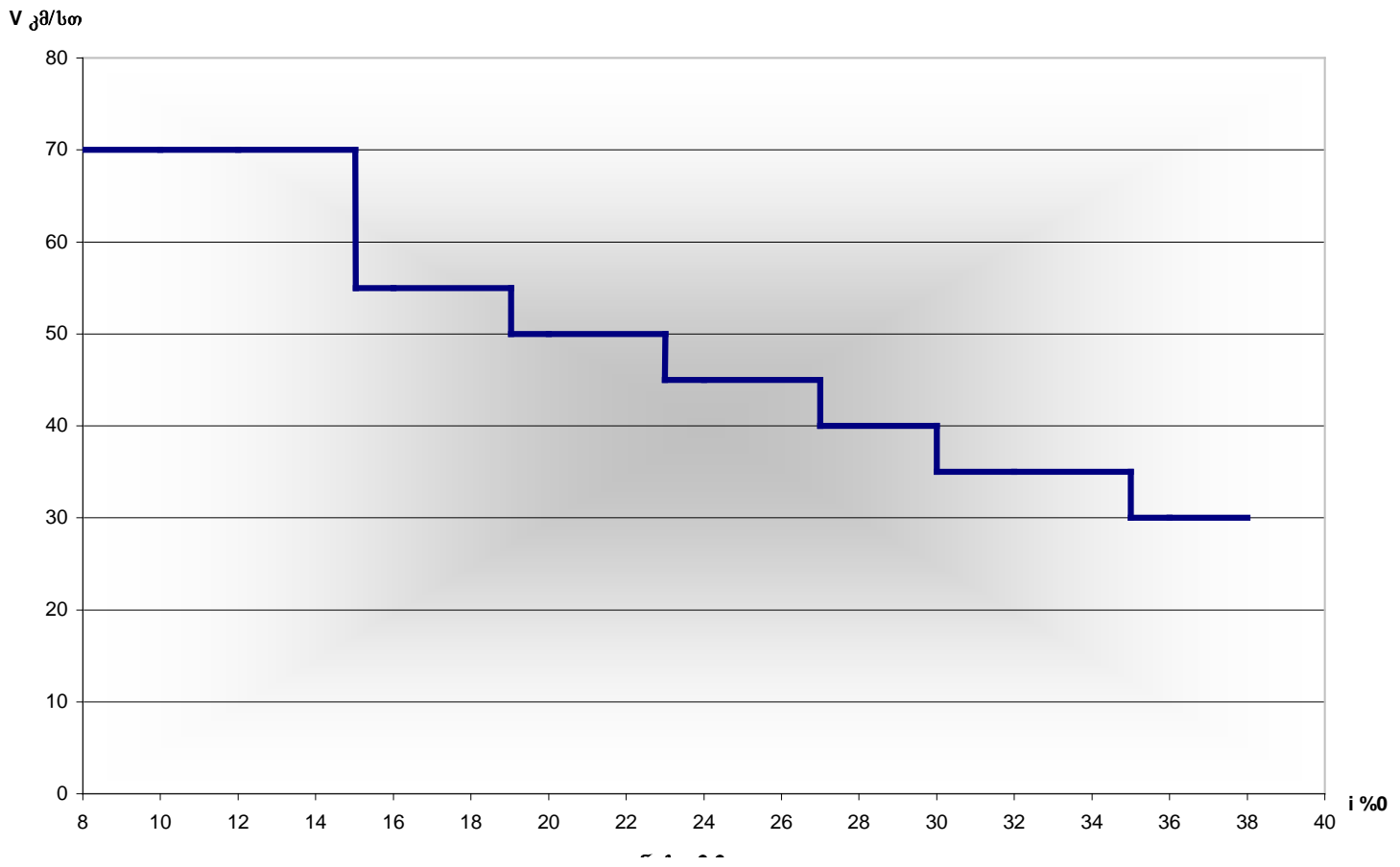
ჩატარებული ცდების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში და სამუხრუჭო მაგისტრალის სიმკვრივის ნორმის ფარგლებში შენარჩუნების შემთხვევაში დამუხრუჭების უწყვეტი დრო შეიძლება ავიღოთ 30-35 წთ.

თუ პროფილის ქანობი არ აღემატება 30%, მაშინ დამუხრუჭების ხანგრძლივობად ვიდებთ 35 წთ. თუ ქანობი მეტია 30%-ზე, მაშინ დამუხრუჭების უწყვეტი დრო უნდა შეიზღუდოს 30 წუთამდე.

სამუხრუჭო სისტემაში წნევების ცვალებადობა  
(სურამის უღელტეხილზე ჩატარებული ცდა)

ცხრილი 24.

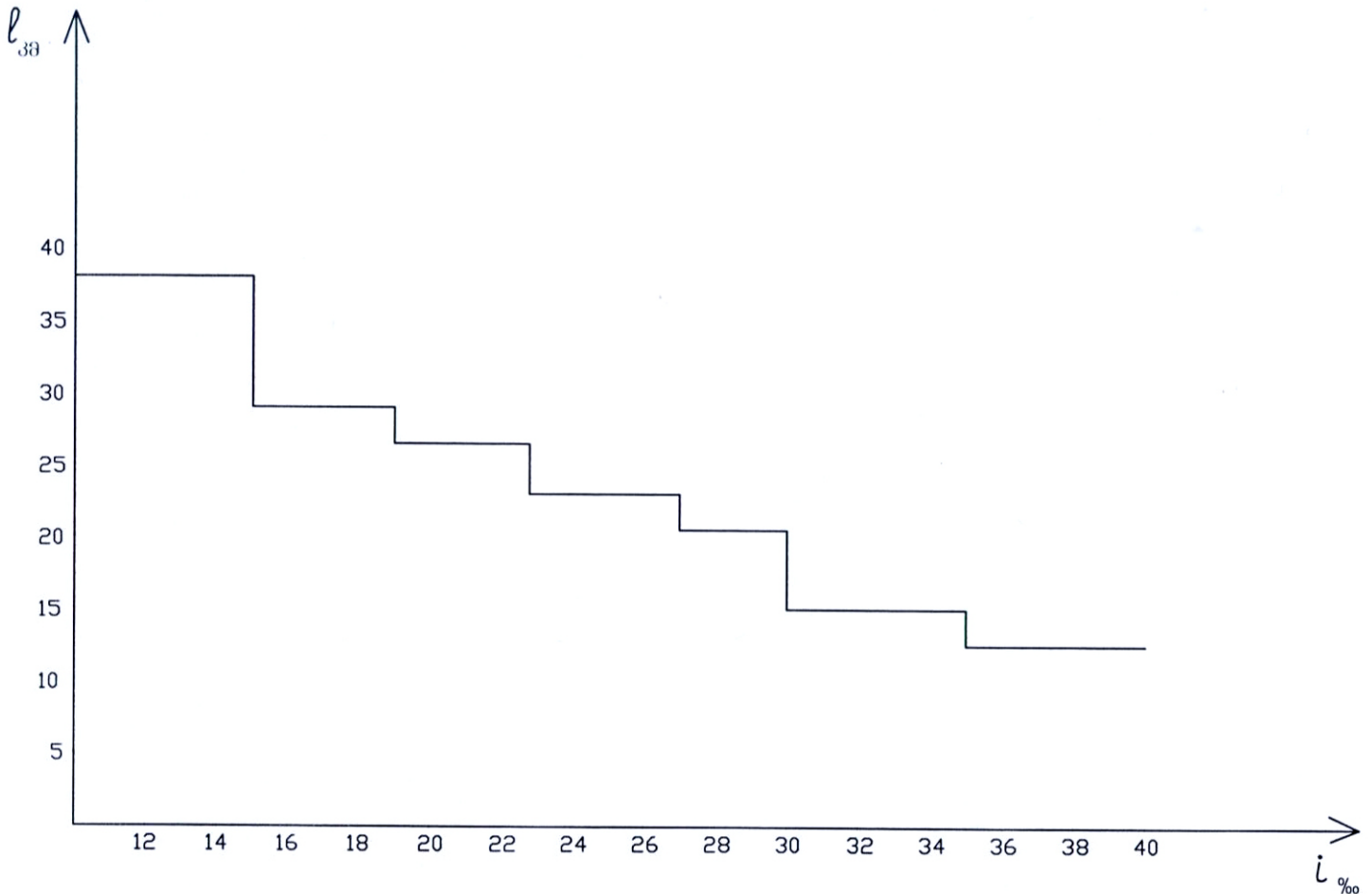
სრ	სც	სრ	სც	სრ	სც
საშური		წიფა		მოლითი	
6,0	0	5,9	0	3,4	3,3
ლიხი		6,6	1,4	3,4	3,0
6,2	0	5,4	1,4	5,85	0
5,8	1,5	4,0	2,4	6,0	0
5,7	1,0	4,5	2,6	5,2	1,5
5,7	0,8	4,5	2,0	5,2	1,4
5,2	3,3	5,0	1,4	5,2	1,3
5,0	3,2	5,2	1,0	5,3	1,2
5,0	1,8	4,4	3,5	5,3	1,2
5,2	1,2	4,4	3,0	5,5	1,0
5,8	0,8	4,6	2,5	5,6	0,6
5,9	1,2	4,8	2,2	5,4	0,5
5,4	1,2	4,8	2,0	5,0	1,5
5,2	2,0	4,4	3,4	5,0	1,8
5,0	3,4	4,4	3,0	5,0	1,8
4,9	2,0	4,3	3,3	5,0	1,6
5,6	1,2	4,3	3,3	4,8	1,2
5,7	0,9	4,0	3,4	4,8	2,0
5,4	1,0	3,8	3,4	5,0	2,0
5,6	1,0	3,6	3,3	5,1	1,5
4,8	3,0			5,3	1,1
4,5	3,2			5,3	0,8
4,4	3,2			5,3	1,2
4,3	3,0			5,3	1,0
4,4	2,7			4,6	0,9
4,8	3,0				3,5
4,6	2,7			მარეღისი	



ნახ. 14. დადმართებზე მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარეთა გრაფიკი

ვიციოთ რა დაღმართებზე უწყვეტი დამუხრუჭების ხანგრძლივობა ძნელი არ არის დაღმართის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა

$$l = \frac{V_{\text{საშ}} t_{\text{დამ}}}{60} \text{ კმ}$$



ნახ. 15

დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე მატარებლის დაშრეტის პირობით

$V_{\text{საშ}}$  დაღმართზე მატარებლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა

$$V_{\text{საშ}} = V_{\text{დამ}} - AV$$

$V_{\text{დას}}$  დაღმართებზე მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარეა.

დამოკიდებულია დაღმართის ქანობზე. დასაშვები მაქსიმალური სიჩქარის მნიშვნელობები მოყვანილია ნახ. 6.-ზე.

$\Delta V$  სიდიდე დამოკიდებულია დაღმართის ქანობის სიდიდეზე და მერყეობს 4-7 კმ/სთ-ს ფარგლებში. ჩვენ ავიღოთ 5 კმ/სთ. ე.ი.

$$\Delta V = 5 \text{ კმ/სთ}$$

ნახ. 15-ზე წარმოდგენილი დაღმართების მაქსიმალური სიგრძეები ქანობებისაგან დამოკიდებულებით.



### 2.3.1. დაღმართის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა ხუნდების გაცვეთის პირობით

ექსპლუატაციის პირობებში, განსაკუთრებით დაგრძელებულ დაღმართებზე დიდ მნიშვნელობას ანიჭებენ ხუნდების ცვეთამდეგობას.

სატვირთო მატარებლების ციცაბო დაღმართებზე დამუხრუჭებისას ფრიქციული მასალების გადახურების ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება მათი ცვეთაც.

კომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ხუნდები გამოირჩევა მაღალი ცვეთამდეგობით და ამიტომ ასეთი ხუნდები უზრუნველყოფენ შედარებით გრძელ დაღმართებზე მუხრუჭების ნორმალურ მუშაობას, ხოლო თუჯის ხუნდების შემთხვევაში, რომლებიც არ არიან ცვეთამდეგი, დაღმართის წინ მოწმდება მათი სისქის საკმარისობა. ნორმების თანახმად თუჯის ხუნდების მინიმალური სისქე არ უნდა იყოს ნაკლები 12 მმ-სა.

ცვეთის სიდიდე დაღმართებზე მატარებლის დამყარებული სიჩქარით მოძრაობის შემთხვევაში გამოითვლება პროფ. ვ. ინოზემცევის ფორმულით:

$$\Delta h = \frac{(1 - \alpha_p) V t \sqrt{\alpha} A b P}{F_K (\Delta \tau_{\text{მაქ}} - \Delta \tau_{\text{საშ}}) \sqrt{\Pi \lambda \gamma}} - 2 \frac{C_p}{X} \quad (2.33)$$

სადაც  $V$  – მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა.

$t$  – დამუხრუჭების ხანგრძლივობა.

$\alpha$  – ტემპერატურის გამტარუნარიანობის კოეფიციენტი.

$A$  – მუშაობის სამუხრუჭო ეკვივალენტი.

$b$  – ხვედრითი სამუხრუჭე ძალა.

$p$  – თვალზე მოსული დაწოლაა.

$F$  – ხუნდის გეოთერმული ფართობია.

$\tau_{\text{მაქ}}$  და  $\tau_{\text{საშ}}$  – შესაბამისად ტემპერატურებია, რომლის დროსაც წარმოებს თბური საკონტაქტო წერტილებში ცვეთა და საშუალო ტემპერატურა ხახუნის ზედაპირზე.

$\lambda$  – თბოგამტარობის კოეფიციენტი.

$\gamma$  – ხვედრითი წონა.

$C$  – ხვედრითი თბოტევადობა.

$\alpha$  – ფაქტიური საკონტაქტო ფართის კოეფიციენტი.

$\alpha_p$  – რეკუპერაციის კოეფიციენტი.

თუჯის ხუნდების თბოფიზიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით ზემოთმოყვანილი ფორმულით შესაძლებელია ხუნდის მინიმალური სისქის დადგენა შემდეგი მარტივი გამოსახულების საშუალებით:

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

$l$  - დაღმართის სიგრძე მ,

$i$  - დაღმართის ქანობი.

ამ გამოსახულებიდან შესაძლებელია გამოვითვალოთ დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე ხუნდის სისქესთან დამოკიდებულებით:

$$l = \frac{33,3(\Delta H - 10)}{i} \text{ კმ} \quad (2.34)$$

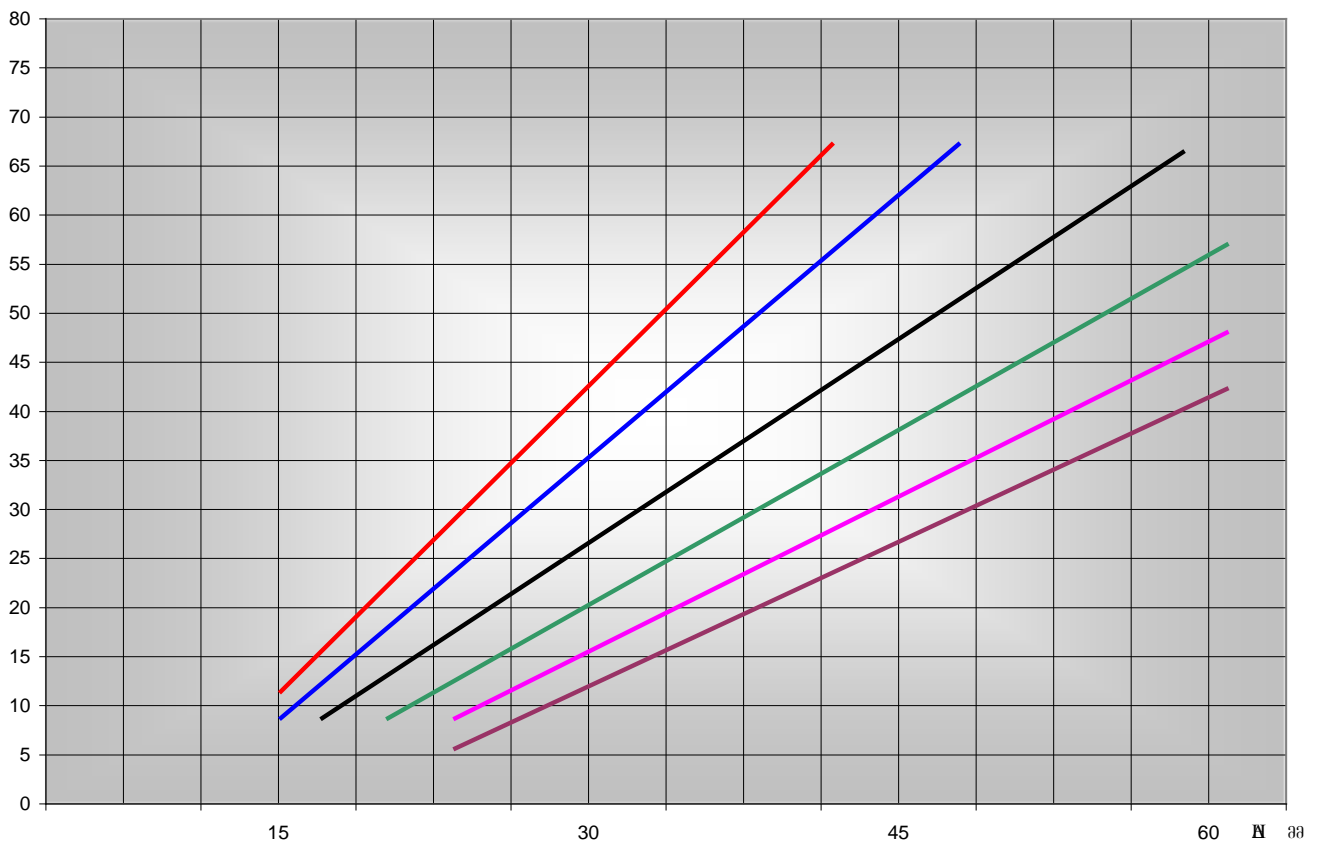
დაღმართის მაქსიმალური სიდიდის მნიშვნელობი ხუნდის სისქისაგან დამოკიდებულებით მოყვანილია ცხრილი №25.

სოლო გრაფიკულად წარმოდგენილია ნახ. 16-ზე.

დადმართის მაქსიმალური სიგრძე ხუნდის სისქესთან დამოკიდებულებით  
ცხრილი №25.

$\Delta H$ მმ	i ‰	ℓ კმ
40	15	66.6
30		44.4
20		22.2
15		11.1
40	20	50
30		33.3
20		16.3
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

L, j<sup>0</sup>



ნახ. 16. დაღმართის მაქსიმალური სიგრძის დამოკიდებულება  
ხუნდების სისქისაგან.

## 2.4. აღმართის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა ელექტრული ძრავების გადახურების პირობით

ელექტრული ძრავების გახურება ძირითად დამოკიდებულია ძრავის დატვირთვაზე და დატვირთვის ხანგრძლივობაზე, დატვირთვა და იმის მოქმედების დრო თავის მხრივ დამოკიდებულია მატარებლის ძრავაზე და პროფილის მახასიათებლებზე. ამიტომ მთიან პირობებში აუცილებელია ელექტრული მანქანების შემოწმება გადახურებაზე დადგენილი წონის პირობებში, რათა დაერწმუნდეთ, რომ მოცემულ უბანზე არ იქნება მოსალოდნელი ძრავის გახურება დასაშვებ ტემპერატურის ზემოთ. როგორც აღნიშნული იყო, მთიან პირობებში რკინიგზებისათვის დამახასიათებელია გრძელი, ციცაბო აღმართები რომელზედაც ლოკომოტივის უწყვეტმა მუშაობამ დიდი დატვირთვით შესაძლებელია გამოიწვიოს ძრავის გადახურების საშიშროება. ძრავის დასაშვები მაქსიმალური ტემპერატურა დამოკიდებულია იზოლაციის კლასზე. მათი სიდიდე მოყვანილია ცხრილში №26.

### ძრავების გახურების მაქსიმალური ტემპერატურა

*ცხრილი 26.*

იზოლაციის კლასი	B	F	H
ღუზის ხვია	145 <sup>0</sup>	165 <sup>0</sup>	185 <sup>0</sup>
პოლუსების ხვია	155 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>	205 <sup>0</sup>

ძრავის შემოწმებისას გადახურებაზე ადგენენ გადაჭარბების ტემპერატურას გარემოს ტემპერატურაზე.

$$\tau_{მ.ა.ქ} = \theta_{ღ.ა.ს} - \theta_{გ.არ.}$$

სადაც  $\theta_{ღ.ა.ს}$  – ძრავის გახურების დასაშვები ტემპერატურაა (ცხრ.26).

$\theta_{გ.არ.}$  - გარემოს ტემპერატურაა.

გარემოს საანგარიშო ტემპერატურას ადგენენ მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების მიხედვით, როგორც საშუალო წლიური ტემპერატურა

(არა ნაკლები ხუთი წლის მონაცემები), რომელიც გაზომილი იქნება ადგილობრივი დროით 7, 13 და 19 საათებში იენისის, ივლისის და აგვისტოს თვეებში, თუ ეს ტემპერატურა აღმოჩნდა 15<sup>0</sup>-ზე დაბალი, მაშინ წვევის გაანგარიშების ნორმების თანახმად აიღებენ 15<sup>0</sup>-ს. ჩვენ გამოკვლევებში გარემოს ტემპერატურას ვიღებთ 25<sup>0</sup>-ს ტოლს.

ძრავის გახურებას ტემპერატურის ანალიზურად ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულის დახმარებით.

$$\tau = \tau_{\infty} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}} \text{ } ^{\circ}\text{C} \quad (2.35)$$

სადაც  $\tau_{\infty}$  და T ძრავის თბური მასსიათებლებია.

t – ძრავის მუშაობის ხანგრძლივობა, წთ.

$\tau_0$  - ძრავის საწყისი ტემპერატურაა.

(2.35) განტოლება შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით.

$$\tau = \tau_{\infty} + e^{-\frac{t}{T}} (\tau_0 - \tau_{\infty}) \quad (2.36)$$

აქედან:

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

განვსაზღვროთ ძრავის მუშაობის მაქსიმალური დრო

$$t = -T \ln \frac{\tau - \tau_{\infty}}{\tau_0 - \tau_{\infty}} \text{ წთ.} \quad (2.37)$$

აღმართის მაქსიმალური სიგრძე ტოლი იქნება:

$$\ell = \frac{V_{\text{სანგბ}}}{60} \text{ კმ}$$

$$\ell = \frac{V_{\text{საათ}} t}{60} \text{ კმ საათური რეჟიმით ძრავის მუშაობისას}$$

სადაც  $V_{საანგ}$  და  $V_{საათ}$  – შესაბამისად ლოკომოტივის მინიმალური საანგარიშო და საათური რეჟიმით მოძრაობის სიჩქარეებია  $t$  და  $l$  სიდიდეები თანამედროვე ლოკომოტივებისათვის საწყისი ტემპერატურებისაგან დამოკიდებულებით მოყვანილია ცხრილში 27-ში. (მრიცხველში სრული დატვირთვით მუშაობა, მნიშვნელობა საათური რეჟიმი).

გრაფიკული დამოკიდებულება  $l=f(\tau_0)$  სრული დატვირთვის ქვეშ მუშაობისას მოყვანილია ნახ. 17. ხოლო საათური რეჟიმით მუშაობისას ნახ. 18.

**აღმართის მაქსიმალური სიგრძე წვეის ძრავის  
გადახურების პირობით**

*ცხრილი 27.*

ლოკომოტივის ტიპი	$t^0$				$l$ კმ			
	$\tau_0^0$				$\tau_0^0$ C			
	15	40	60	80	15	40	60	80
ВЛ10 да ВЛ11 (ТЛ-2Л1)	$\frac{37}{59}$	$\frac{32}{52}$	$\frac{26}{45}$	$\frac{19}{35}$	$\frac{28}{47.0}$	$\frac{24.2}{41.6}$	$\frac{19.7}{35.8}$	$\frac{14.5}{27.8}$
	$\frac{33.4}{54}$	$\frac{28.6}{48}$	$\frac{24}{42}$	$\frac{18}{34}$	$\frac{24.4}{47.5}$	$\frac{21}{42}$	$\frac{17.9}{26.7}$	$\frac{13.2}{29.7}$
ВЛ60К (НБ-412К)	$\frac{41.5}{73}$	$\frac{36.8}{67}$	$\frac{33.2}{61.5}$	$\frac{29}{55}$	$\frac{29.6}{64}$	$\frac{26.2}{48.5}$	$\frac{23.6}{54}$	$\frac{20.7}{48}$
	$\frac{33.5}{48}$	$\frac{30}{42.5}$	$\frac{25.5}{37}$	$\frac{19.4}{30}$	$\frac{24.7}{41.5}$	$\frac{22.2}{26.7}$	$\frac{18.7}{32}$	$\frac{14.3}{25.8}$
ВЛ80К (НБ-414Б)	37.5	33	28.2	23	29.2	25.7	22	17.9

როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, აღმართის მაქსიმალური სიგრძე ძრავების გადახურების პირობით საათური რეჟიმის დროს გაცილებით მეტია, ვიდრე ძრავის სრული დატვირთვით მუშაობისას.

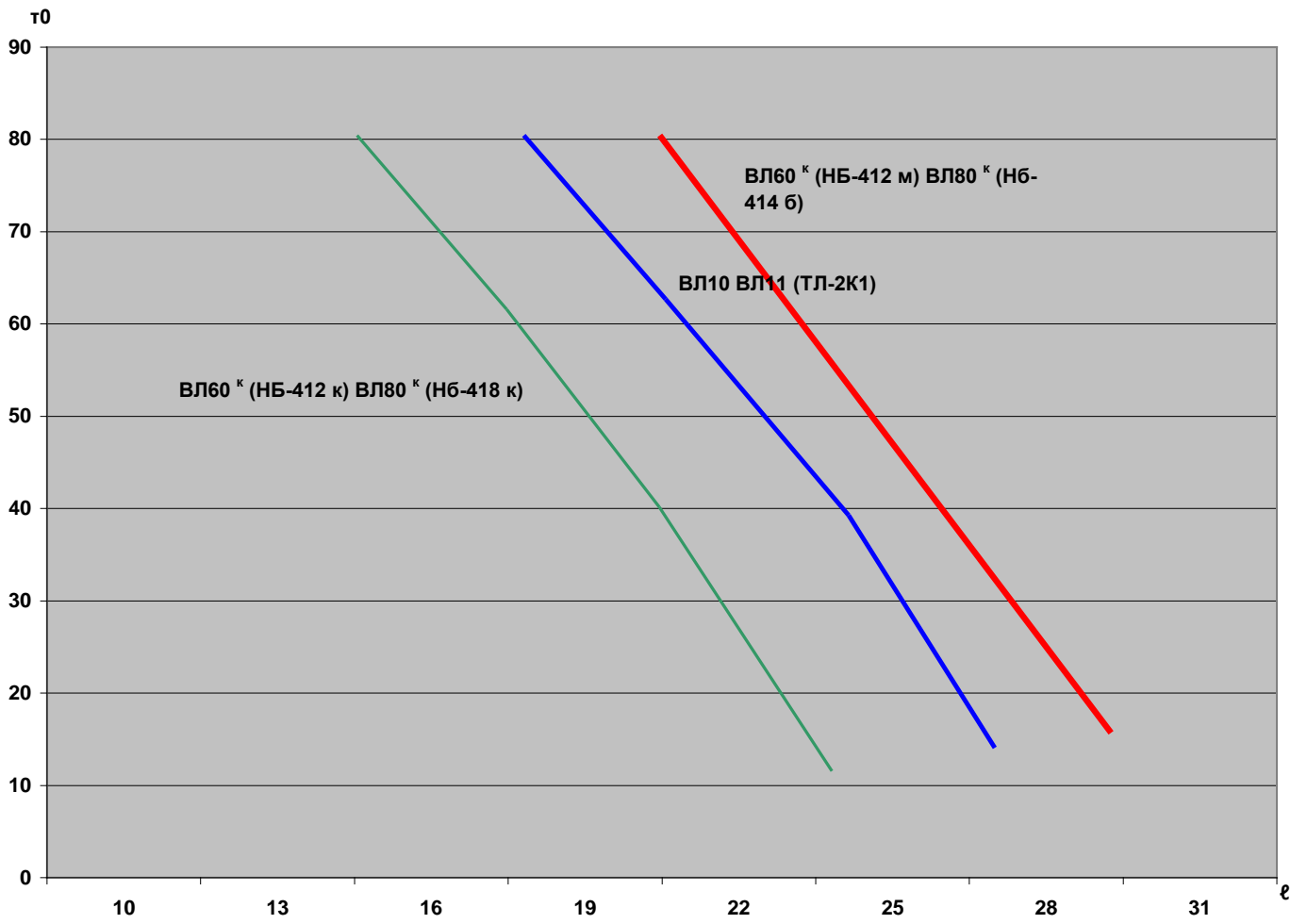
ექსპლუატაციურ პირობებში ძრავის გადახურების თავიდან აცილების მიზნით ხშირად მიმართავენ ძრავის მუშაობის რეჟიმის რეჟიმის შეცვლას ლოკომოტივი გადაყვანილ საათურ რეჟიმზე. ამ შემთხვევაში აუცილებელია

მატარებლის საანგარიშო მასა. შევამციროთ  $\Theta \frac{F_{საათ}}{F_{საანგ}}$  სიდიდემდე. როგორც

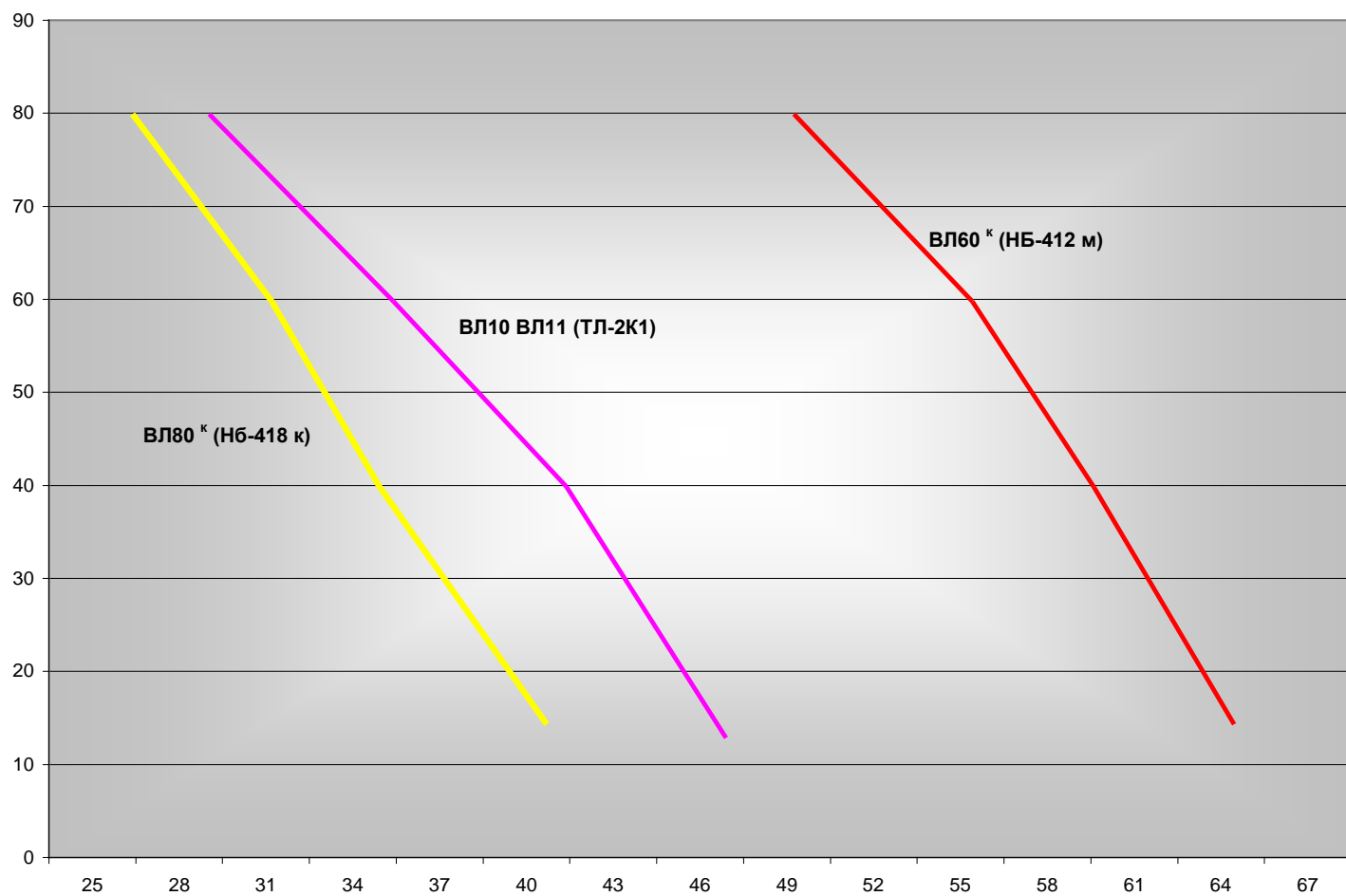
ცნობილია ციცაბო ქანობებიან დაღმართებზე გამოიყენება რეკუპერაციული დამუხრუჭება. ამ შემთხვევაშიც აუცილებელია შემოწმდეს დამუხრუჭებისას



წევის ძალა ნაკლებია, ვიდრე წნევის რეჟიმში. ამიტომ დაღმართის სიგრძე გადახურების პირობით არ შეიზღუდება. რეკუპერაციული დამუხრუჭებისას ძრავის გახურების ტემპერატურის შემოწმება განსაკუთრებით საჭიროა იმ შემთხვევაში, როცა გრძელ დაღმართს წინ უძღვის დიდი დაღმართი.



ნახ. 17. აღმართის მაქსიმალური სიგრძე წვევის ძრავის გადახურების პირობით.



ნახ. 18. აღმართის მაქსიმალური სიგრძე წვევის ძალის გადახურების პირობით  
(საათობრივ რეჟიმში).

## 2.5. ციცაბო დაღმართებზე მატარებლის დამუხრუჭების თავისებურებანის გათვალისწინება რკინიგზების დაპროექტებისას

### 2.5.1. გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა ორლიანდაგიანი რკინიგზებისათვის

რკინიგზის გადასარბენი ეწოდება ორ მეზობელ გამყოფ პუნქტებს შორის მოთავსებულ რკინიგზის მონაკვეთს. გამყოფ პუნქტებს ეკუთვნის: საუბნო სადგური, შუალედი სადგური, ასაქცევეები და გადასწრების პუნქტები (ორლიანდაგიანი ხაზისათვის).

სამშენებლო ნორმების და წესების თანახმად ორლიანდაგიან რკინიგზებზე გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძე არ უნდა აღემატებოდეს 30კმ-ს. იოლი რელიეფის პირობებში გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძე გარდა ზემოთმოყვანილი ნორმებისა, არაფრით არ იზღუდება. სულ სხვა ვითარებაა რთული რელიეფის პირობებში. როგორც წინა თავში იყო აღნიშნული რთული რელიეფის პირობებში გამყოფი პუნქტების განლაგება დაკავშირებულია ხაზის განვითარებასთან და საბოლოო ჯამში იზრდება სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯები. ამიტომ დამპროექტებლები ცდილობენ რაც შეიძლება გამყოფი პუნქტების რიცხვი იყოს ნაკლები ე.ი. გადასარბენის სიგრძე გაზარდონ. მაგრამ აქ წამოიჭრება საკითხი ციცაბო დაღმართების მაქსიმალური სიგრძის შეზღუდვის შესახებ დამუხრუჭების პირობებით. ბევრ შემთხვევაში მთიანი რელიეფის პირობებში სახელმძღვანელო (ან ჯერადი) ქანობები აღემატება 30%-ს. ასეთ დროს აუცილებელია დაღმართის სიგრძე (იგივე გადასარბენის სიგრძე) შემოწმდეს დამუხრუჭების პირობებით. კერძოდ დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე უნდა დადგინდეს ხუნდების გადახურების, მისი ცვეთის და საჰაერო მაგისტალის დაშრეტის პირობებით.

როგორც წინათ ავლნიშნეთ ხუნდების ცვეთის პირობით დაღმართების მაქსიმალური სიგრძე ბევრად აჭარბებს დაღმართების სიგრძეს დადგენილს ხუნდების გადახურების პირობით. ამიტომ დაღმართის მაქსიმალურ სიგრძეს ვადგენთ ხუნდების გადახურების პირობით. როგორც ცნობილია კომპოზიციური ხუნდები არის თბოგაუმტარი, ამიტომ ასეთი მასალისაგან დამზადებული ხუნდები გადახურების მიმართ ძალიან მგრძობიარენი არიან. შესაბამისად

დადმართის მაქსიმალური სიგრძე კომპოზიციური ხუნდებისათვის შედარებით ნაკლებია, ვიდრე თუჯის ხუნდების შემთხვევაში. ამიტომ დადმართის მაქსიმალურ სიგრძეს ვადგენთ ამ ტიპის ხუნდებისათვის.

დადმართის მაქსიმალურ სიგრძეს ვადგენთ ფორმულით:

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

სადაც V – მოძრაობის სიჩქარეა.

L – მუდმივია და ტოლია 22,71

$\alpha$  – სითბოგაცემის კოეფიციენტი.

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

q – თბური ნაკადის სიმკვრივეა.

$$q = \frac{\alpha_r (1 - \alpha_p) b_m \cdot p \cdot v \cdot A \cdot \varepsilon}{3,6F}$$

T – გადახურების მაქსიმალური დასაშვები ტემპერატურაა  $T=350^{\circ}$

დადმართის (გადასარბენის) მაქსიმალური სიგრძე როცა  $i=30\%$  და მოძრაობის სიჩქარეები ვ-20, 30, 40 კმ/სთ მოყვანილია ცხრილში 28.

**დადმართის მაქსიმალური სიგრძე სიჩქარისაგან  
დამოკიდებულებით**

*ცხრილი 28.*

$\alpha_p$	$i=30\%$		
	20	30	40
0	3.3	5.2	3.8
0.1	10.8	6.6	4.7
0.2	14.6	8.6	6.2
0.3	19.0	11.6	8.5

სამუხრუჭო მაგისტრალის დაშრეტის პირობით გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძის დასადგენად დამუხრუჭების დროს ვიღებთ 30 წთ-ს. ვიცით რა დამუხრუჭების დრო და მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, დადმართის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა არ არის რთული

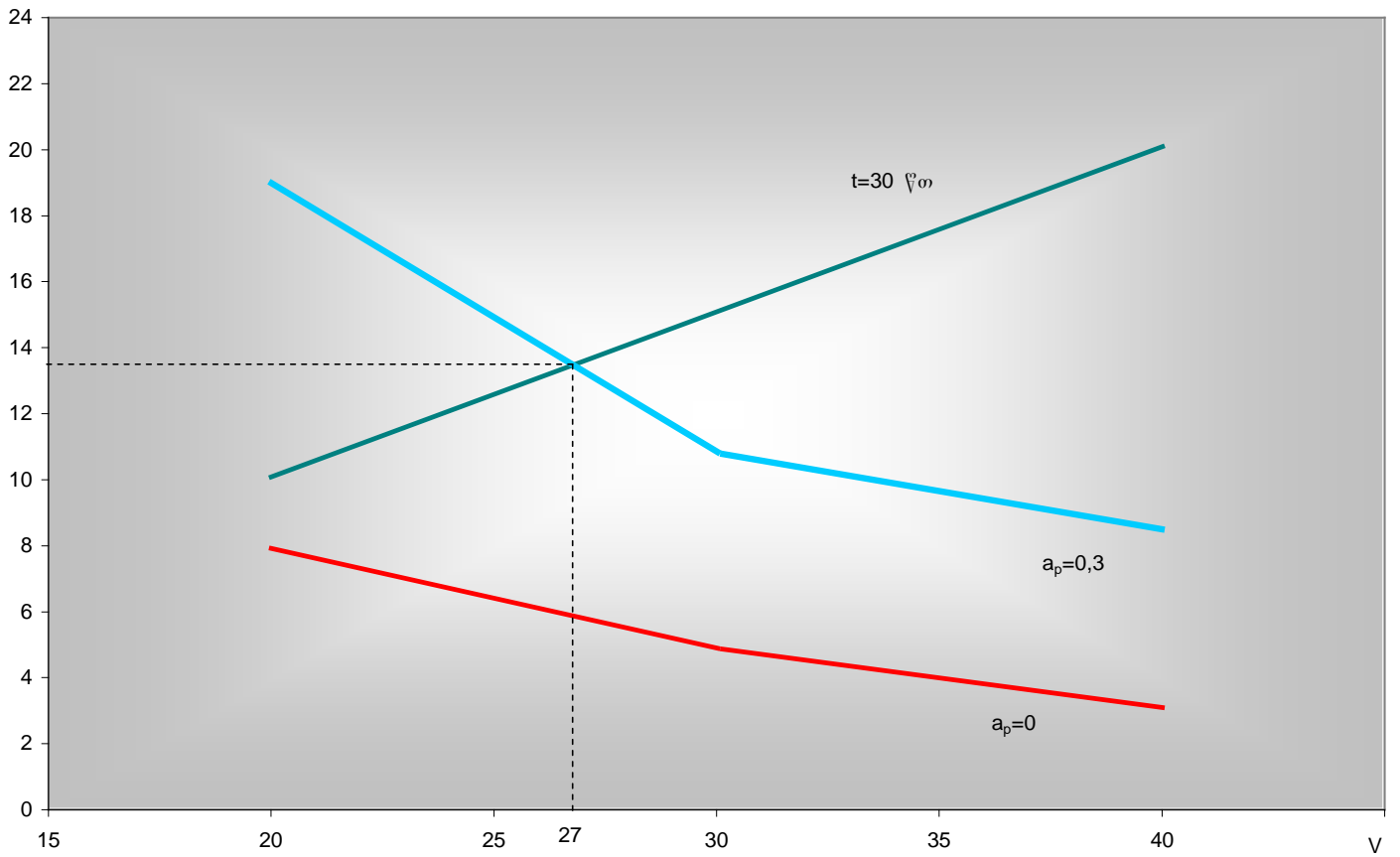
$$l = \frac{vt}{60} \quad \text{კმ}$$

იმისათვის, რომ დადმართის მაქსიმალური სიგრძე გაიზარდოს (ხუნდების გადახურების პირობით) საჭიროა შევამციროთ მოძრაობის სიჩქარე, მეორე მხრივ ამ დროს დადმართის სიგრძე მაგისტრალის დაშრეტის პირობით მცირდება. აუცილებელია ამ ორი ურთიერთგამომრიცხავი ფაქტორების ერთდროული გათვალისწინება. ამისათვის კორდინატთა ერთ სისტემაში უნდა ავაგოთ გადასარბენის სიგრძის დამოკიდებულების გრაფიკი გადახურებისა და დაშრეტის პირობებით, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 19-ზე

როგორც ნახ. 19-დან ჩანს დადმართის სიგრძე როცა  $i=30\%$  და  $\alpha_p=0,3$  ტოლის 8.5 კმ-ის. დადმართის სიგრძის გასადიდებლად შევამცირებთ მოძრაობის სიჩქარეს 25 კმ/სთ-მდე. ამ სიჩქარეზე დგება გადასარბენის სიგრძის შეზღუდვა საპაერო მაგისტრალის დაშრეტის პირობით. ამ შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძე ტოლია 13.5 კმ.

სამუხრუჭო ამოცანის გადაწყვეტისას, ისეთის, როგორიცაა დადმართებზე მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარის დადგენა, ელექტრული (რეკუპერაციული) დამუხრუჭება მხედველობაში არ მიიღება ე.ი.  $\alpha_p=0$  მაგრამ როცა ვადგენთ გადასარბენის, იგივე დადმართის მაქსიმალურ სიგრძეს ხუნდების გადახურების პირობით მხედველობაში ვიღებთ რეკუპერაციულ დამუხრუჭების კოეფიციენტს. ამ გარემოებას შემდეგი თვალსაზრისით ვასაბუთებთ: იმ შემთხვევაში თუ რეკუპერაციული დამუხრუჭება გამოირთო, ვამცირებთ დადმართზე მოძრაობის სიჩქარეს და ამ სიჩქარით მატარებელი მიგვეყავს უახლოეს გამყოფ პუნქტზე. ამ შემთხვევაში არ უნდა შეიზღუდოს დადმართის სიგრძე მაგისტრალის დაშრეტის პირობით:

1 კმ



ნახ. 19. გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა ორლიანდაგიანი რკინიგზებისათვის.



## 2.5.2. ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დადგენა

მთიან პირობებში უმეტეს შემთხვევაში გვხვდება გადასარბენები დაძაბული ციცაბო ქანობებით. ამ სახის გადასარბენის სიგრძე ნაკლებია, ვიდრე იოლი რელიეფის შემთხვევაში ერთიდიამვე გამტარუნარიანობისას ბოლო პერიოდში ექსპლუატაციაში შემოვიდა მძლავრი ლოკომოტივები, გაიზარდა დაღმართებზე დასაშვები სიჩქარეები, რამაც შესაძლებლობა მოგვცა გადასარბენის სიგრძის გაზრდისა 14-18 კმ-მდე. შედარებით მაღალი გამტარუნარიანობისას (24-30 წყ. მატარებელი დღე-ღამეში). მაგალითისათვის სურამის უღელტეხილზე, რომელიც აშენდა მე-19 საუკუნის 70-იან წლებში გადასარბენის სიგრძეები შედარებით იყო მოკლეები (7-9 კმ).

გასული საუკუნის 80-იან წლებში ექსპლუატაციაში შევიდა მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის უბანი, სადაც გვხვდება გადასარბენები 10-15 კმ-ს სიგრძით. ასეთ შემთხვევაში დღის წესრიგში დგება საკითხი გადასარბენის სიგრძის შემოწმებისა დამუხრუჭების პირობებით. ჩვეულებრივ იოლი რელიეფის პირობებში გადასარბენის სიგრძის წინასწარი დადგენა შეუძლებელია, სანამ მანამ არ აიგება მისი გრძივი პროფილი. რთული რელიეფის პირობებში კი როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული გვხვდება დაძაბული ერთგვაროვანი ქანობები, რომელზედაც წინასწარ ცნობილია დასაშვები სიჩქარეები როგორც აღმართის, ისე დაღმართის მიმართულებით. ამიტომ ასეთი გადასარბენის სიგრძის დადგენა არ არის რთული.

დაძაბული ქანობიანი გადასარბენის სიგრძე შეიძლება გამოითვალოს შემდეგი ტოლობიდან:

$$60\left(\frac{\ell}{v_{\text{აღ}}} + \frac{\ell}{v_{\text{დაღ}}}\right) = \frac{1440}{N} - 2\tau - t_{\text{გ.შ.}} \quad (2.38)$$

სადაც  $N$  – რკინიგზის ხაზის გამტარუნარიანობაა.

$2\tau$  – სასადგურო ინტერვალია.

$t_{\text{გ.შ.}}$  – მატარებლის გაქანება – შენელებაზე დაკარგული დროა.

$v_{\text{აღ}}$  და  $v_{\text{დაღ}}$  – შესაბამისად აღმართებზე და დაღმართებზე მოძრაობის სიჩქარეებია.

ამ გამოსასვლელებიდან თუ მივიღებთ მხედველობაში

$$2\tau + t_{\text{გ.შ.}} = 10 \text{ წთ.}$$

გადასარბენის სიგრძე ტოლი იქნება

$$l = \frac{\left(\frac{1440}{w} - 10\right) V_{\text{ალ}} V_{\text{გაგ}}}{60(V_{\text{ალ}} V_{\text{გაგ}})} \text{ კმ} \quad (2.39)$$

აღმართებზე სიჩქარე, როგორც წესი, შეესაბამება ლოკომოტივის სიჩქარეს საათური რეჟიმით მუშაობისას. თანამედროვე ლოკომოტივებისათვის იგი ტოლია დაახლოებით 50 კმ/სთ.

დაღმართებზე სიჩქარე

$$V_{\text{daR}} = V_{\text{მ.შ.}} - \Delta V$$

სადაც  $V_{\text{დახ}}$  – დაღმართებზე დასაშვები სიჩქარეა დამუხრუჭების პირობით.

$\Delta V$  – შესწორება სიდიდეა, დამოკიდებულია ქანობებზე და მიიღება 5 კმ/სთ-ის ტოლი.

ზემოთ მოყვანილი ფორმულით გამოთვლილი გვაქვს გადასარბენის სიგრძეები გამტარუნარიანობის მიხედვით და მოყვანილია ცხრ. 29-ში.

**გადასარბენის სიგრძეების გამტარიანობისაგან  
დამოკიდებულებით**

*ცხრილი 29.*

i%	V <sub>დად</sub>	გადასარბენის სიგრძე კმ					
		N=16	N=20	N=24	N=30	N=36	N=40
15	50	33.3	25.8	20.8	15.8	12.5	10.8
20	45	31.6	24.4	19.7	15.0	11.8	10.3
25	40	29.6	23.0	18.5	14.1	11.1	9.6
30	35	27.5	21.3	17.2	13.0	10.3	9.0
35	30	25.0	19.4	15.7	11.9	9.4	8.2
40	25	22.2	17.2	13.9	10.5	8.2	7.2

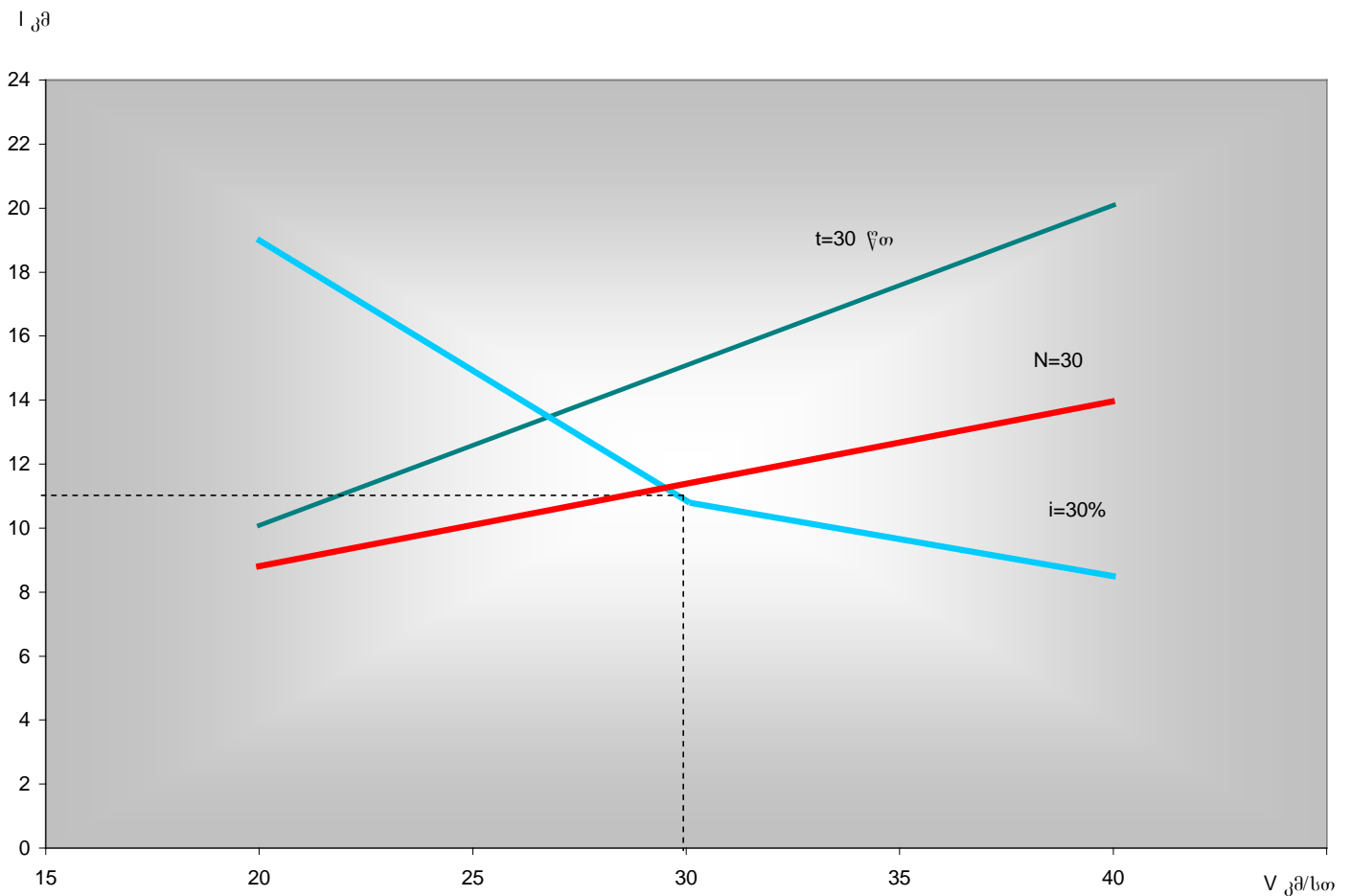
მთიან პირობებში გამოყოფი პუნქტების განლაგებისას შესაძლებელია გვექონდეს ადგილი შემდეგ ორი შემთხვევისას:

- 1) გადასარბენის სიგრძე გამტარუნარიანობის მიხედვით ნაკლებია ან ტოლია გადასარბენის სიგრძისა დადგენილი დამუხრუჭების პირობებით.
- 2) გამტარუნარიანობის მიხედვით მიღებული გადასარბენის სიგრძე მეტია ვიდრე დამუხრუჭების პირობებით.

პირველ შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძე იზღუდება რკინიგზის ხაზის გამტარუნარიანობით და გამოყოფი პუნქტები უნდა განვალაგოთ მის მიხედვით.

მეორე შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძის შეზღუდვა უნდა მოხდეს დამუხრუჭების პირობებით. ამ დროს გადასარბენის სიგრძის გაზრდა შესაძლებელია მოხდეს დადმართებზე სიჩქარის შემცირებით, მეორე მხრივ დადმართებზე სიჩქარის შემცირება გამოიწვევს გადასარბენის სიგრძის შემცირებას გამტარუნარიანობის მიხედვით. ამიტომ გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის დასადგენად აუცილებელია გავითვალისწინოთ ორივე ფაქტორი: გამტარუნარიანობა და დამუხრუჭების პირობები. ამისათვის საჭიროა ავაგოთ ერთ კოორდინატთა სისტემაში გადასარბენის სიგრძეების  $l = f(N, V_{დად})$  და  $l = f(N, V_{დად}, t)$  მრუდები. ასეთი შეთავსებული მრუდები წარმოდგენილია ნახ. 20-ზე. მრუდების გადაკვეთის წერტილი შეესაბამება გადასარბენის ოპტიმალურ სიგრძეს.

მაგალითი: რკინიგზის ხაზის გამტარუნარიანობა  $N=30$  წყ.მატ/დღე-ღამეში (დაღმართის ქანობი  $i=30\%$  გამტარუნარიანობის მიხედვით გადასარბენის სიგრძე შეადგენს 10.5 კმ-ს (იხ. ცხრილი 29). დამუხრუჭების პირობებით (ხუნდების გახურების პირობა) კი 8 კმ-ს. როგორც ჩანს დამუხრუჭების პირობებით გადასარბენის სიგრძე ბევრად ნაკლებია, ვიდრე გამტარუნარიანობის მიხედვით. გადასარბენის სიგრძის გაზრდის მიზნით ვამცირებთ დაღმართზე სიჩქარეს. ამ დროს მცირდება გადასარბენის სიგრძეც გამტარუნარიანობის მიხედვით. გადასარბენის ოპტიმალურ სიგრძეს ორივე პირობით შეესაბამება მრუდების თანკვეთის წერტილი „ა“ ამ შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძე ტოლია 11.5 კმ-ს.



ნახ. 20. ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა

## 2.6. მატარებლის უსაფრთხო მოძრაობის პირობების გათვალისწინება რკინიგზების დაპროექტებისას

ციცაბო, გრძელ დაღმართებზე მოსალოდნელია მატარებლის მართვის დაკარგვა („გაქცევა“). ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით რკინიგზების დაპროექტებისას აუცილებელია დაუშვათ შემდეგი პირობა

$$10^{-3} \dot{I} < \varphi_{kp} \vartheta_p < \Psi_k$$

სადაც  $\varphi_{kp}$  – არის ხახუნის კოეფიციენტი თვალსა და სამუხრუჭო ხუნდს შორის.

$\vartheta_p$  – საანგარიშო სამუხრუჭო კოეფიციენტი.

$\Psi_k$  – შეჭიდულობის კოეფიციენტი თვალსა და რელსს შორის.

$\dot{I}$  – დაყვანილი ქანობა %.

ზემო აღნიშნული პირობის დარღვევის შედეგად დაღმართზე მატარებელმა შეიძლება დაკარგოს მართვა, რასაც მოსდევს მარცხი მძიმე შედეგებით.

აღნიშნული პირობის დარღვევის ძირითადი მიზეზებია  $\Psi_k$ ,  $\vartheta_p$  და  $\varphi_{kp}$  ცვლადი ბუნება, ამ კოეფიციენტზე უმთავრესად კლიმატური, ბუნებრივი და ექსპლუატაციური ფაქტორების გავლენა, რის შედეგადაც, როგორც წესი, ქვეითდება მატარებლის სამუხრუჭო უზრუნველყოფის დონე და გამწეობის უნარი.

შეჭიდულობის კოეფიციენტი ლოკომოტივის წამყვან თვალსა დარელსს შორის რეკუპერაციული დამუხრუჭებისას აიღება  $0.8 \Psi_k$ , ხოლო მკაცრი კლიმატური პირობების გათვალისწინებით  $0.8 \cdot 0.85 \Psi_k$ , ანუ  $0.68 \Psi_k$ , სადაც  $\Psi_k$  – არის შეჭიდულობის საანგარიშო კოეფიციენტი.

მეორე მხრივ დამუხრუჭებული სვლის რეჟიმის შესაბამისი შეჭიდულობის კოეფიციენტის გამოსათვლელად რეკომენდირებულია შემდეგი ფორმულა

$$\Psi_k = [0.17 - 0.0015(q-5)] f(V)$$

სადაც  $q_0$  – არის ღერძზე მოსული დატვირთვა **ВЛ11** ლოკომოტივისათვის  $q_0 = 23$ ტ.

$f(V)$  – სიჩქარის ფუნქციაა განისაზღვრება სპეციალური გრაფიკის დახმარებით.

მატარებლის უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველსაყოფად გადამწვევტი მნიშვნელობა ენიჭება სამუხრუჭე კოეფიციენტის განსაზღვრას.

სამუხრუჭე კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით

$$\varphi_p = \frac{\sum K_p}{\sum p + Q}$$

სადაც  $K_p$  – არის სამუხრუჭო ხუნდზე მოსული დაწოლა. ამგვარად სამუხრუჭო კოეფიციენტი, ერთი მხრივ დამოკიდებულია  $K_p$  სიდიდეზე, ხოლო მეორე მხრივ მან არ უნდა გადააჭარბოს შეჭიდულობისა და ხახუნის კოეფიციენტების ფარდობას

$$\varphi_p < \frac{\Psi_k}{\varphi_{kp}}$$

$K_p$  – დამოკიდებულია თავის მხრივ, ღერძზე მოსულ დატვირთვაზე (ცარიელი, საშუალო და დატვირთული რეჟიმები) და პნევმატური სამუხრუჭო სისტემის ექსპლუატაციურ მდგომარეობაზე.

$\Psi_k$  – სიდიდე  $\varphi_p$  –ის დამოკიდებულებას შემოაქვს იმ ფაქტორთა ზეგავლენა, რომლებზედაც დამოკიდებულია რელსის თავის მდგომარეობა.

აღნიშნულ ფაქტორთა სიმრავლიდან უმეტესობა შემთხვევითი ხდომილებას წარმოადგენს. ამიტომ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რკინიგზების მშენებლობის კათედრის თანამშრომლის მიერ (თ. კუპატაძე) სურამის საუღელტეხილო უბანზე ჩატარებულ დაკვირვებათა მონაცემების გასაანალიზებლად გამოიყენება მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორია. აღმოჩნდა, რომ კოეფიციენტის ცვლადი ბუნება კარგად ეწერება ნორმალური განაწილების კანონში, ამ დასკვნაზე დაყრდნობით შემუშავებული

იქნა ფორმულა, რომელიც გვაძლევს საშუალებას დავადგინოთ სამუხრუჭე კოეფიციენტის ის მინიმალური მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება მატარებლის სამუხრუჭე უზრუნველყოფის დაქვეითებულ (0.33% ალბათობით) დონეს ექსპლუატაციურ სიტუაციაში.

$$\varphi_{p(\text{მინ})} = \varphi_p - 3\delta + \sum \varphi_p(\text{ლ})$$

სადაც  $\varphi_p$  - არის სამუხრუჭო კოეფიციენტის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა,

$\varphi_p(\text{ლ})$  - სამუხრუჭო კოეფიციენტია ლოკომოტივის დამხმარე მუხრუჭების მიხედვით.

$\sum$  - საშუალო კვადრატული გადახრა.

მაგალითად სურამის რკინიგზის საუდელტეხილო გზისთვის  $\varphi_p = 0.28$  ?? = 0.04.

ექსპლუატაციის სიტუაციაში მემანქანე ვალდებულია აამუშაოს ლოკომოტივის მუხრუჭების. ამ ემთხვევაში სამუხრუჭო კოეფიციენტი ტოლია.

$$\sum \varphi_p(\text{ლ}) = \frac{\sum K_p(\text{ლ})}{\sum p + Q}$$

$$\sum K_p(\text{ლ}) = n_{\text{ლ}} m_{\text{ლ}} K_p(\text{ლ}),$$

აქ  $n_{\text{ლ}}$  - ლოკომოტივების რაოდენობაა მატარებელში.

$m_{\text{ლ}}$  - დერძების რაოდენობაა ლოკომოტივში.

$K_p(\text{ლ})$  - ერთ დერძზე მოსული ხინდების დაწოლაა დატვირთული რეჟიმის შესაბამისად - ВЛ11 - ლოკომოტივისათვის  $K_p(\text{ლ}) = 14$  ტ.

მაგალითად როცა  $Q = 2000$  ტ (ორმაგი წვევისათვის)

$$\varphi_p(\text{ლ}) = \frac{2 \cdot 8 \cdot 14}{2 \cdot 184 + 2000} = 0.095$$

თუ ზემოთ აღნიშნულ ფაქტორებს გავითვალისწინებთ ექსტრემალურ

სიტუაციაში მატარებლის სამუხრუჭო კოეფიციენტი ციცაბო ქანობებზე შეიძლება დაქვეითდეს /0.33% ალბათობით/ შემდეგ მინიმუმამდე I წონის ნორმა

$$Q = 1500 \text{ ტ (ორმაგი წვეა) } \mathfrak{P}_{p(\text{მინ})} = 0.28 - 3 \cdot 0.04 + 0.12 = 0.28$$

II წონის ნორმა  $Q = 2000 \text{ ტ.}$

$$\mathfrak{P}_{p(\text{მინ})} = 0.28 - 3 \cdot 0.04 + 0.095 = 0.255$$



## 2.7. მთიან პირობებში გამყოფი პუნქტების მოედნების განლაგების სქემები

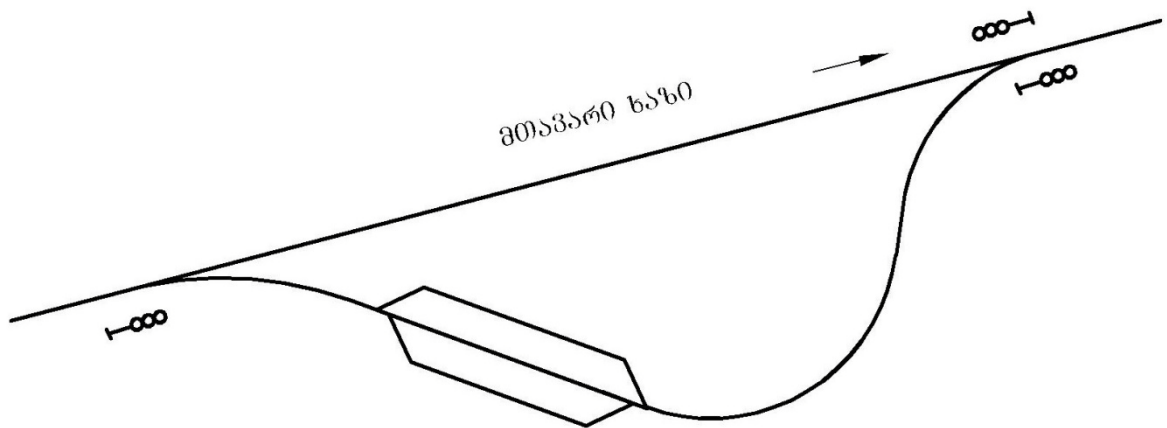
მთიან პირობებში რკინიგზების დაპროექტების დროს, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს აღმართის სწრაფად დაძლევის პროცესი. მთიან რეგიონებში რკინიგზის სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდეს ხშირ შემთხვევებში განაპირობებს რელიეფის საშუალო ბუნებრივი ქანობები და როგორც წესი, საკმაოდ მაღალია. ამიტომ, მთიანი რკინიგზების უმეტეს ნაწილზე გამოყენებულია ჯერადი წვევის (ორმაგი ან სამმაგი) ქანობი. თუ მხედველობაში მივიღებთ ასეთი რკინიგზების ექსპლუატაციისათვის დამახასიათებელ განსაკუთრებულ თავისებურებებს, რაც გამოწვეულია რთული ტოპოგრაფიული, საინჟინრო გეოლოგიური, მკაცრი კლიმატური პირობებისა და სახელმძღვანელო ქანობების მაღალი სიდიდებით. მატარებლების უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველყოფის პირობების და გზის გამტარუნარიანობის ამაღლების მიზნით, ხშირ შემთხვევაში საჭირო ხდება გამყოფი პუნქტების ახლო მანძილებზე განლაგება. გამყოფი პუნქტები, როგორც წესი, უნდა განლაგდეს თარაზულ მოედნებზე. რადგან თითოეული გამყოფი პუნქტის სიგრძე 1250 მეტრიდან 2000 მეტრამდეა, დაძაბული სვლების უბნებზე ტრასირების დროს ერთი გამყოფი პუნქტის განლაგებისას რამოდენიმე ათეულ მეტრამდე სიმაღლე იკარგება. რამდენიმე გამყოფი პუნქტის განლაგების შემთხვევაში ადგილი აქვს საკმაოდ დიდი სიმაღლის დაკარგვის შემთხვევებს. ზემოთ აღნიშნული სიმაღლის დაკარგვა შემდგომში იწვევს მთავარი ხაზის საექსპლუატაციო სიგრძის დაგრძელებას. ამის შესაბამისად იზრდება ტრასის სიგრძე ხელოვნური ნაგებობების რაოდენობა და სიგრძეები, მიწის სამუშაოების, ელექტროფიკაციის და კავშირგაბმულობის მოცულობები რის გამოც ძვირდება როგორც სამშენებლო ასევე საექსპლუატაციო ხარჯები.

მთიან პირობებში გვხვდება ერთგვაროვან ქანობიანი აღმართები და ზოგიერთ შემთხვევაში ტრასა განლაგებულია რელიეფის კორიზონტალების მართობულად. რომ არ მოხდეს დასაძლევ სიმაღლის დაკარგვა გამყოფი პუნქტი შესაძლებელია განლაგდეს ტრასის განივად ხოლო მთავარმა ხაზმა არ შეიცვალოს მიმართულება და ქანობი. შემდეგ კი მოხდეს გამყოფი პუნქტიდან გასვლა მთავარი ხაზის მიმართულებით და მასთან შეერთება. ასეთ შემთხვევებში ტრანზიტი ან ის მატარებლები რომლებიც არ საჭიროებენ

გაჩერებას გამყოფი პუნქტების გაუვლელად გააგრძელებენ მოძრაობას დანიშნულების მიმართულებით. ხოლო ის მატარებლები რომელთა გაჩერება აუცილებელია ჩვეულებრივად შევლენ გამყოფ პუნქტში და ყველა საჭირო ოპერაციის ჩატარების შემდეგ გამყოფი პუნქტიდან გაემართებიან დანიშნულების სადგურისაკენ.

ქვემოთ წარმოდგენილ ნახაზებზე წარმოდგენილია გამყოფი პუნქტების განლაგების სარეკომენდაციო სქემები.

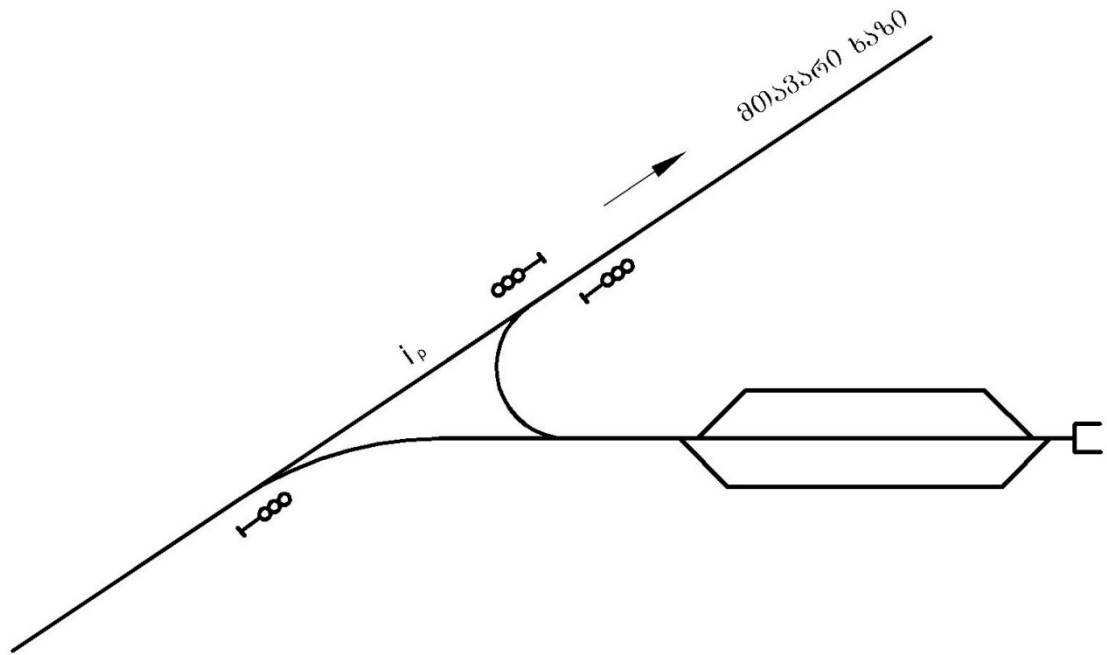
გამყოფი პუნქტების ამდგვარი წესით განლაგების შემთხვევებში, ხელსაყრელი პირობები იქმნება როგორც სადგურების სქემის შესარჩევად ასევე შენობა ნაგებობების განსაზღვრებად. ამასთან ერთად აღმართის მიმართულებით მოძრავი მატარებლების გაუჩერებლად გატარება საშუალებას იძლევა სრულად იქნეს გამოყენებული დაგროვებული კინეტიკური ენერჯია და არ მოხდეს სიჩქარეების შეზღუდვა, რომელიც თან ახლავს გამყოფი პუნქტის გავლას. ყოველივე ეს, სათანადოდ გაზრდის გზის გამზიდუნარიანობას და აამაღლებს მატარებლების უსაფრთხო მოძრაობის პირობებს.



ნახაზი №21 არსებულ ერთლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა

ნახაზ №21-ზე განხილულია ერთლიანდაგიანი რკინიგზის შემთხვევა, როდესაც გამტარუნარიანობის ანგარიშის ან სხვა პირობების მიხედვით საჭიროა გამყოფი პუნქტების განლაგება. ზემოთ განხილული მდგომარეობიდან გამომდინარე, რომ არ მოვახდინოთ სახელმძღვანელო ქანობის შემცირება გამყოფი პუნქტის მოწყობა წარმოებს მთავარი ლიანდაგიდან დამოუკიდებლად. კერძოდ მთავარი ხაზიდან ისრული გადაყვანის საშუალებით გადავდივართ რომელიმე მხარეს სადაც უფრო მოსახერხებელია ტოპოგრაფიული და საინჟინრო გეოლოგიური პირობების გათვალისწინებით გამყოფი პუნქტის მოწყობა. თარაზულ მოედანზე ან დასაშვებ ქანობზე ეწყობა გამყოფი პუნქტი. შემდეგ კი ტრასის განვითარების საშუალებით გამყოფი პუნქტი განლაგების მიმართულებიდან ვახდენთ მთავარ ხაზთან მიერთებას.

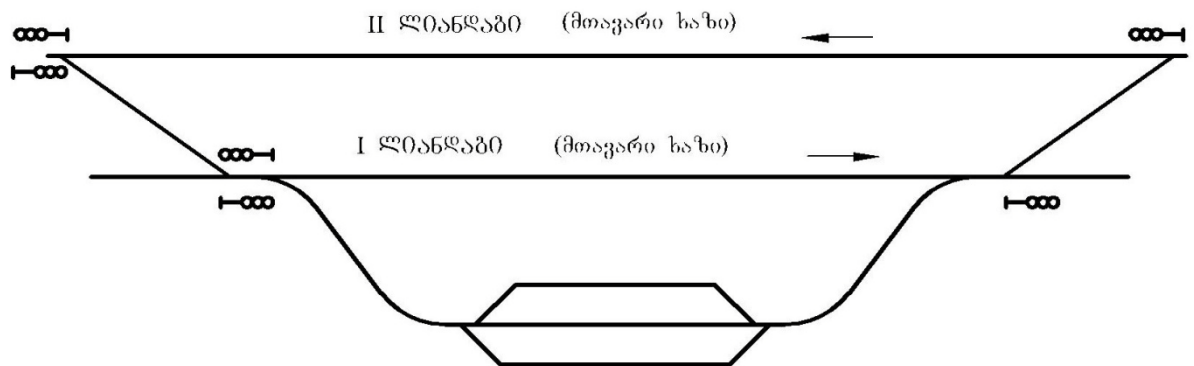
II შემთხვევაში გამყოფი პუნქტის მოწყობა ხდება ერთლიანდაგიან რკინიგზაზე წინა შემთხვევის ანალოგიურად, მხოლოდ მთავარ ხაზთან მიერთება ხდება მთავარი ხაზიდან გადასვლის ადგილას ასეთი მიერთება გამყოფი პუნქტის მოწყობის შემდეგ განიხილება ისეთ პირობებში, როდესაც რელიეფის ტოპოგრაფიული ან საინჟინრო გეოლოგიური პირობები საშუალებას არ იძლევა მთავარ ხაზთან მიერთებას გამყოფი პუნქტების გაგრძელების მიმართულებით. ე.ი. გვაქვს ჩიხური გამყოფი პუნქტი. შადგურის განლაგების სქემა წარმოდგენილია 22-ე ნახაზზე.



**ნახაზი №22 არსებულ ერთლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის  
განლაგების სქემა (ჩიხური სქემა)**

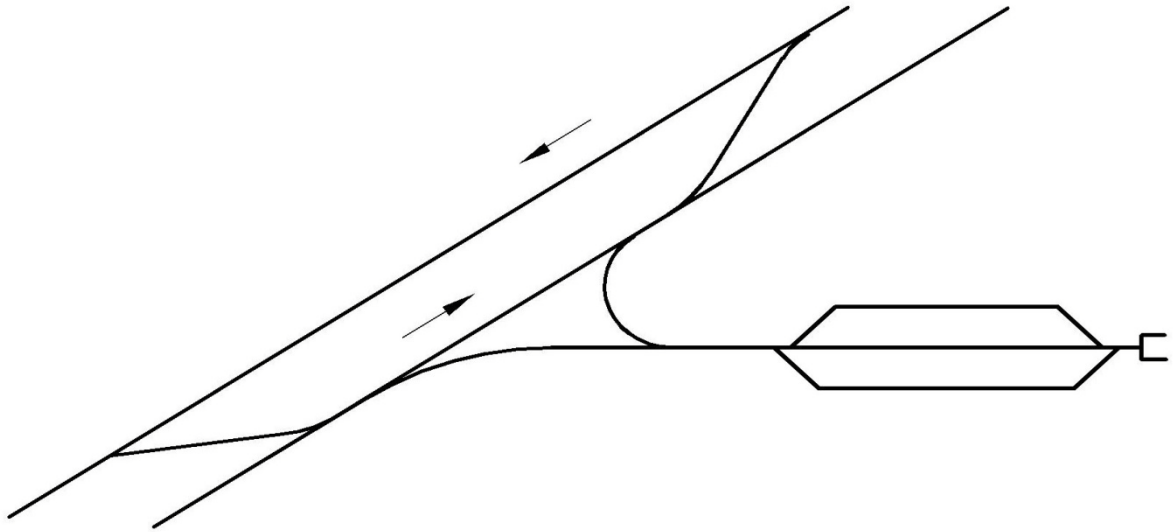
№23 ნახაზზე განხილულია ორლიანდაგიანი რკინიგზის შემთხვევაში გამყოფი პუნქტის მოწყობის საკითხები.

კერძოდ 23-ე ნახაზის მიხედვით წარმოდგენილია გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა შემდეგი პირობით. მთავარი ხაზი სახელმძღვანელო ქანობის შეუცვლელად მიემართება დანიშნულების მიმართულებით. გამყოფი პუნქტის მოსაწყობად ისრული გადაწყვანის დახმარებით მთავარი ხაზის მიმართულებიდან მარჯვნივ გადახვევის შემდეგ შერჩეულ ადგილზე მოეწყობა გამყოფი პუნქტი. შემდეგ კი რკინიგზის ლიანდაგი გაგრძელდება მთავარი ხაზის მიერთების ადგილამდე. ამ შემთხვევებში მთავარი ხაზიდან გადახვევა და მასთან მიერთება ხდება ერთ დონეზე.



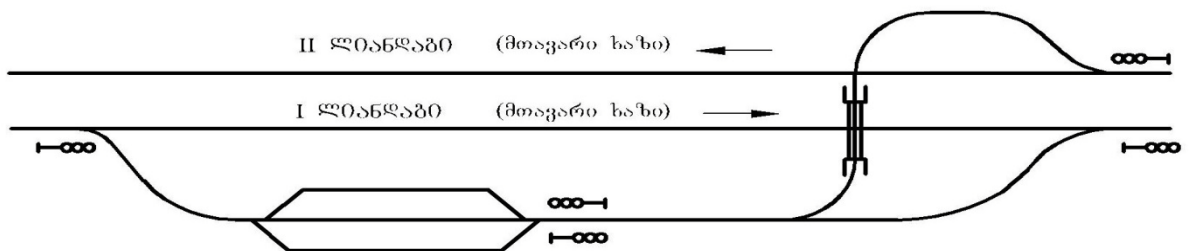
ნახ №23 ორლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა

24-ე ნახაზზე განხილულია გამყოფი პუნქტის მოწყობა ორლიანდაგიანი რკინიგზის შემთხვევაში იმ განსხვავებით, რომ გამყოფი პუნქტის მიერთება მთავარ ხაზთან ხდება გადასვლის ადგილის ფარგლებში. გადასვლა და მიერთება ორივე შემთხვევაში წარმოებს ერთ დონეზე.



ნახაზი №24 ორლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა (ჩიხური სქემა).

25-ე ნახაზზე განხილულია გამყოფი პუნქტის მოწყობა ორლიანდაგიანი რკინიგზის შემთხვევაში. ასეთ შემთხვევებში გამყოფი პუნქტის მიერთება I მთავარ ხაზთან ხდება ერთ დონეზე. ხოლო მეორე ლიანდაგიდან გამყოფ პუნქტში შესვლა და გასვლა ხორციელდება გზაგამტარების მეშვეობით.



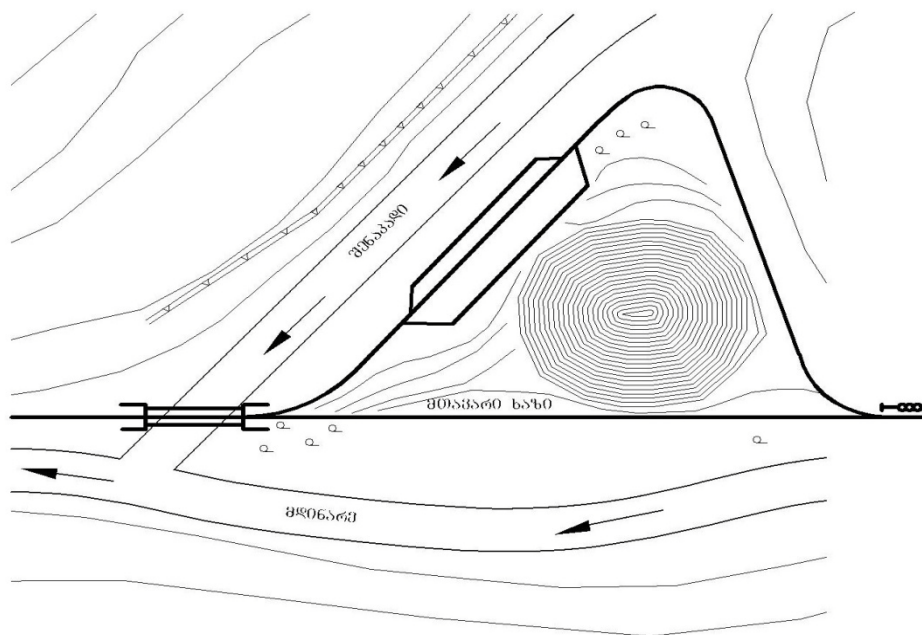
ნახ №25 ორლიანდაგიან ხაზზე გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა (სხვადასხვა დონეზე მიერთებით).

## 2.8. გამყოფი პუნქტების სქემების განლაგების ზოგიერთი თავისებურებანი მდინარის ხეობებით ტრასირების დროს

მთიან პირობებში ხშირ შემთხვევებში რკინიგზის დაპროექტება ხდება მდინარის ხეობის გასწვრივ სადაც სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდე მდინარის ქანობის სიდიდის ტოლია. მთიანი რელიეფის პირობებიდან გამომდინარე მდინარეებს ვიწრო ხეობები გააჩნიათ, რაც ართულებს გამყოფი პუნქტების მოწყობას. ამასთანავე როგორც წესი გამყოფი პუნქტების უმეტესი ნაწილი თარაზულ მოედანზე ნულოვან ქანობებზეა განლაგებული. რაც თავის მხრივ აკარგვინებს სიმაღლეს ტრანზიტულად მიმავალ მატარებლებს.

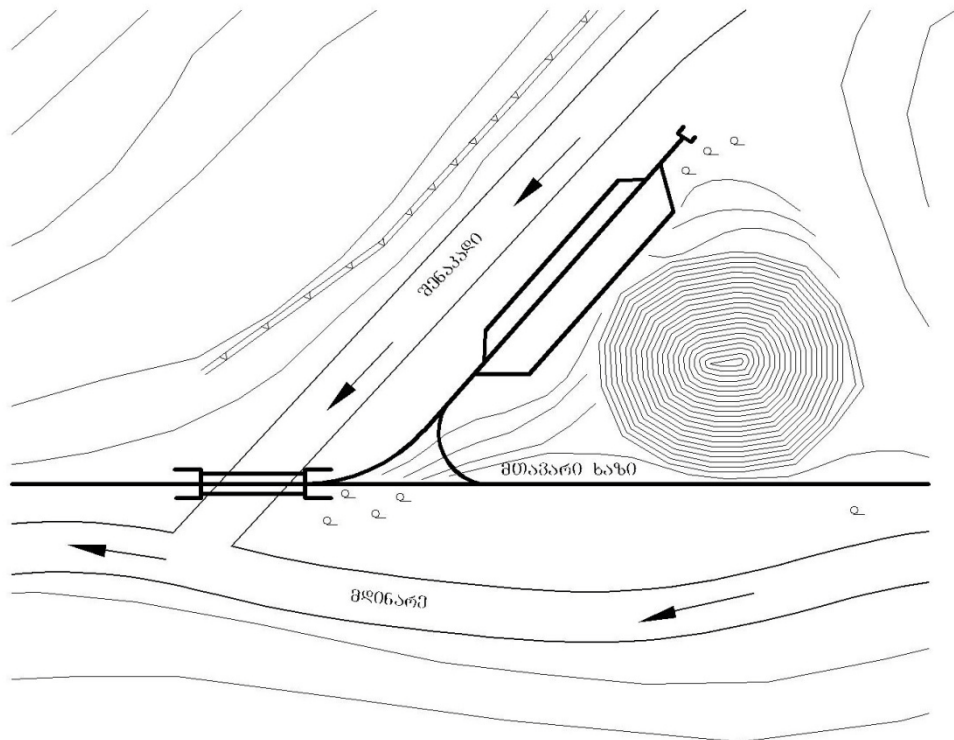
ზოგიერთ შემთხვევაში არის შესაძლებელი გამყოფი პუნქტი მოეწყოს მდინარის შენაკადის ხეობაში, რაც მოგვცემს იმის საშუალებას, რომ მთავარ ხაზზე არ დაიკარგოს სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდე ტრასირების დროს, არ დაგრძელდეს მთავარი ხაზი და ტრანზიტულად მოძრავ მატარებლებს მიეცეს სიმაღლის დროულად დაძლევის საშუალება. ქვემოთ განხილულია სხვადასხვა შემთხვევები:

26-ე ნახაზზე წარმოდგენილია ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ტრასა მდინარის ხეობის გასწვრივ, გამყოფი პუნქტის აწყობა მდინარის შენაკადის ხეობის გასწვრივ შემდეგ კი გამყოფი პუნქტებიდან ხდება მთავარ ხაზთან მიერთება გამყოფი პუნქტის მიმართულების გაგრძელებით.



ნახ №26 გამყოფი პუნქტების განლაგების სქემა მდინარის შენაკადის ხეობაში ერთლიანდაგიან რკინიგზის ხაზზე.

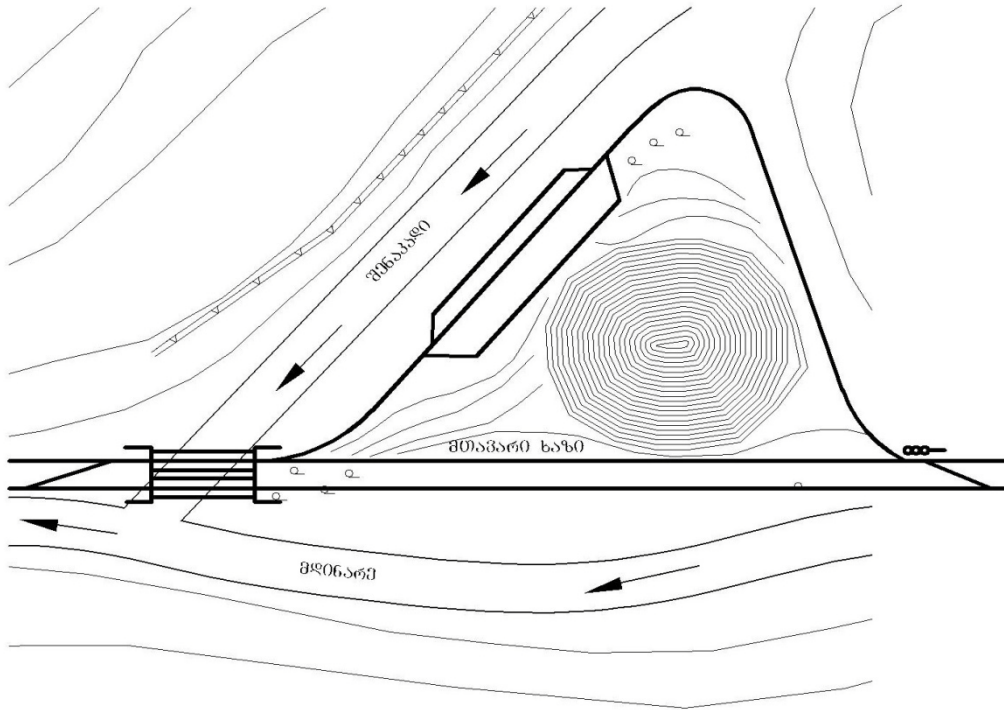
27-ე ნახაზზე განხილულია იგივე შემთხვევა. იმ განსხვავებით, რომ მთავარ ხაზთან მიერთება გამყოფი პუნქტის მოწყობის შემდეგ ხდება იმავე ადგილზე საიდანაც მოხდა მთავარი გზიდან გადახვევა გამყოფი პუნქტის მოწყობის მიზნით, ვინაიდან რთული რელიეფის გამო არ იყო შესაძლებელი მთავარ ხაზთან მიერთება მომხდარიყო გამყოფი პუნქტის გაგრძელების გაგრძელების მიმართულებით.



**ნახ №27 გამყოფი პუნქტებისგანლაგების სქემა მდინარის შენაკადის ხეობაში (ჩიხური სქემით ერთ დონეზე მიერთებით).**

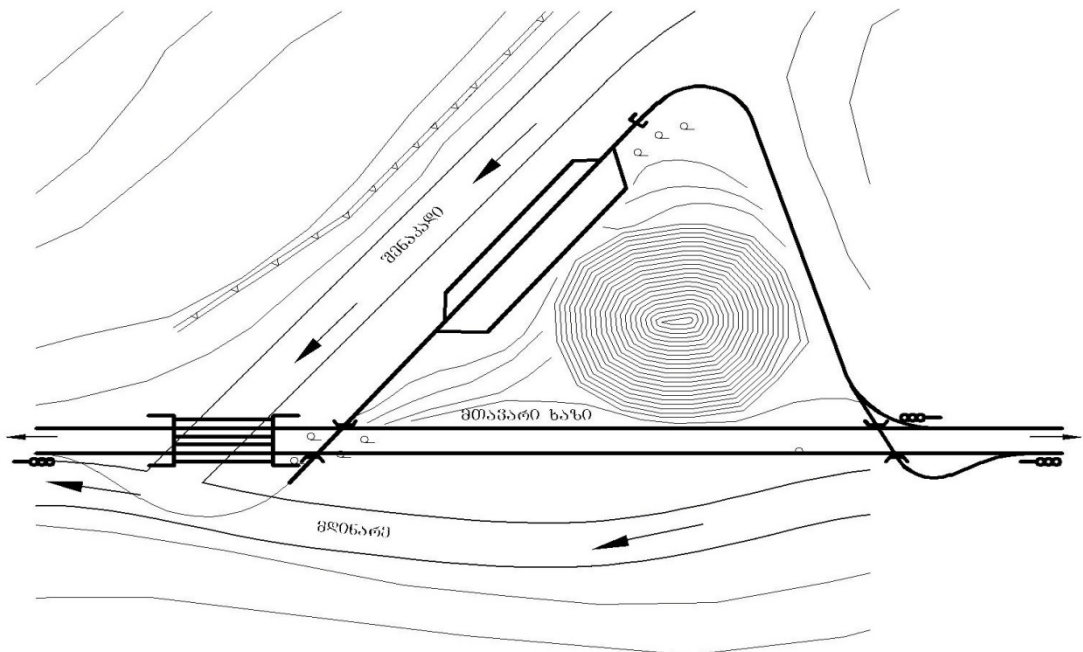
28-ე ნახაზზე განხილულია გამყოფი პუნქტის მოწყობის შემთხვევა ორლიანდაგიანი რკინიგზის შემთხვევაში. გამყოფი პუნქტის მოსაწყობად და მოწყობის შემდეგ მთავარი ხაზიდან გადასვლა და მიერთება ხდება ერთ დონეზე ისრული გადაწყველების დახმარებით.





**ნახ №28** გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა მდინარის შენაკადის ხეობაში ორლიანდაგიან რკინიგზაზე ერთ დონეზე მიერთებით.

29-ე ნახაზზე განხილულია გამყოფი პუნქტის მოწყობა ორლიანდაგიანი რკინიგზის შემთხვევაში მდინარის შენაკადის ხეობაში. მთავარი ხაზიდან გადასვლა გამყოფი პუნქტის მოსაწყობად და მთავარ ხაზთან მიერთება გამყოფი პუნქტის მოწყობის შემდეგ ხდება სხვადასხვა დონეზე გზაგამტარების მოწყობით.



**ნახ №29** გამყოფი პუნქტის განლაგების სქემა ორლიანდაგიან რკინიგზაზე რკინიგზაზე (სხვადასხვა დონეზე მიერთებით).

## 2.9. ნაშრომის პრაქტიკაში რეალიზაცია

უკანასკნელ პერიოდში ჩვენს ქვეყანაში დიდი ყურადღება ექცევა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარებას. მათ შორის ერთ-ერთი პრიორიტეტულია სარკინიგზო ტრანსპორტი. მიმდინარეობს როგორც ახალი რკინიგზის ხაზის მშენებლობა, ასევე არსებული ხაზის რეაბილიტაციარეკონსტრუქცია. ამის ნათელი მაგალითია საქართველო-თურქეთის დამაკავშირებელი რკინიგზის ხაზის-ახალქალაქი-ყარსის მონაკვეთის მშენებლობა. ამ მონაკვეთის მშენებლობამ დღის წესრიგში დააყენა არსებული მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის რეკონსტრუქციის საკითხი. ეს მონაკვეთი აშენდა და ექსპლუატაციაში შევიდა გასული საუკუნის 80-იან წლებში. თავიდან ეს რკინიგზის ხაზი ადგილობრივი დანიშნულების იყო (III კატეგორიის). ახლა როცა ეს მონაკვეთი საერთაშორისო რკინიგზის ხაზის შემადგენელი ნაწილი გახდა აუცილებელი გახდა მისი რეაბილიტაციარეკონსტრუქცია. არაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის საერთო სიგრძე შეადგენს 160 კმ. ის გადის ურთულეს ტოპოგრაფიულ, გეოლოგიურ და კლიმატურ პირობებში. მისი ცალკეული მონაკვეთი ზღვის დონიდან 2000 მ და მეტ სიმაღლეზე მდებარეობს. ეს მონაკვეთი ურთულეს უბნად ითვლება მთელ ყოფილ საბჭოთა კავშირში. სახელმძღვანელო ქანობი ამ ხაზზე შეადგენს 35% (ზოგიერთ მონაკვეთზე აჭარბებს კიდევც). თავიდანვე ამ ხაზის დაპროექტება მშენებლობაც ნორმების დარღვევით წარიმართა. საქმე ის გახლავთ რომ III კატეგორიის რკინიგზაზე მაქსიმალური გრძივი ქანობი არ უნდა აღემატებოდეს 30%-ს. ამ ხაზის ზოგიერთი მონაკვეთი გადის ღრმა ჭრილში რაც იწვევს თოვლით დანამქვრას და რკინიგზა წელიწადში 5-7 თვე უფუნქციოდ არის. მინიმალური რადიუსი შეადგენს 300 მ-ს. როგორც ზემოთ ავლნიშნეთ აუცილებელი იყო ამ მონაკვეთის რეკონსტრუქციის ჩატარება. რეაბილიტაციარეკონსტრუქცია პროექტი შედგენილ იქნა ტენდერში გამარჯვებული საპროექტო ინსტიტუტე „კიევიპროტრანსის“ მიერ. უნდა აღინიშნოს, რომ მოძრაობის შეუფერხებლობის უზრუნველსაყოფად ბევრი თამამი ღონისძიებები ჩატარდება: გაჯანსაღდება მიწის ვაკისი, შეიცვლება და შეკეთდება ბევრი ხელოვნური

ნაგებობა, გრძელი ღრმა ჭრილი გადაიხურება გალლერიეს საშუალებით და სხვა.

მთავარი საკითხი რაც ამ ხაზის რეკონსტრუქციისას წამოიჭრა გახლავთ მატარებლების უსაფრთხოების პირობის დაცვა ციცაბო ქანობიან დაღმართებზე. საქმე ის გახლავთ რომ ამ მონაკვეთზე გვხვდება დაძაბული დაღმართები რომლის ქანობი 35%-ია და სიგრძე ბევრ შემთხვევაში 10 კმ-ს აღემატება. გზის ექსპლუატაციის პერიოდში ამ მონაკვეთზე მოხდა ავარიები რომლებიც დამთავრდა ფატალური შედეგებით. დაიღუპნენ ადამიანები და ქვეყანამ განიცადა დიდი მატერიალური ზარალი. ყოველივე ამის გათვალისწინებით საპროექტო ინსტიტუტ „კიევიპროტრანსის“ თანამშრომლები დიდი სერიოზულობით მოეკიდნენ მოძრაობის უსაფრთხოების საკითხს. „კიევიპროტრანსისა“ და სტუ-ს მშენებლობის კათედრას შორის დაიდო ხელშეკრულება თემის შესრულებაზე „მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე სატვირთო მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების საკითხების გამოკვლევა“ თემა შესრულდა და ჩაბარდა შემკვეთს 2008 წელს. ამ თემაში მონაწილეობას ღებულობდა ამ ნაშრომის ავტორიც.

პირველ რიგში გაანალიზდა ყველა გადასარბენები და დადგინდა მისი მოძრაობის სიჩქარეები. სამუხრუჭო კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობის მიხედვით (0.25) ყველა იმ სადგურებზე და ასაქცევებზე რომლებსაც ემიჯნებოდა გრძელი დაღმართები მიეცა რეკომენდაცია დამჭერი და დამცავი ჩიხების მოწყობისა. ყველაზე რთული მონაკვეთი მოძრაობის უსაფრთხოების პირობით და გამტარუნარიანობის მიხედვით არის თეთრიწყარო-ნადარბაზევის გადასარბენი. ამ გადასარბენის სიგრძე შეადგენს 14.7 კმ (იხ. ნახ. №30) გადასარბენის გეგმა წარმოდგენილია ნახ №31.

დაძაბული დაღმართის სიგრძე ამ გადასარბენზე შეადგენს 12.8 კმ-ს გრძივი ქანობი კი 33.5 %.

ავტორის წვლილი თემის დამუშავებაში მდგომარეობდა იმაში რომ დაედგინა ხუნდების გადახურების პირობით დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეები. ამისათვის ვისარგებლე ჩემს მიერ შემოთავაზებული ფორმულით (2.32)

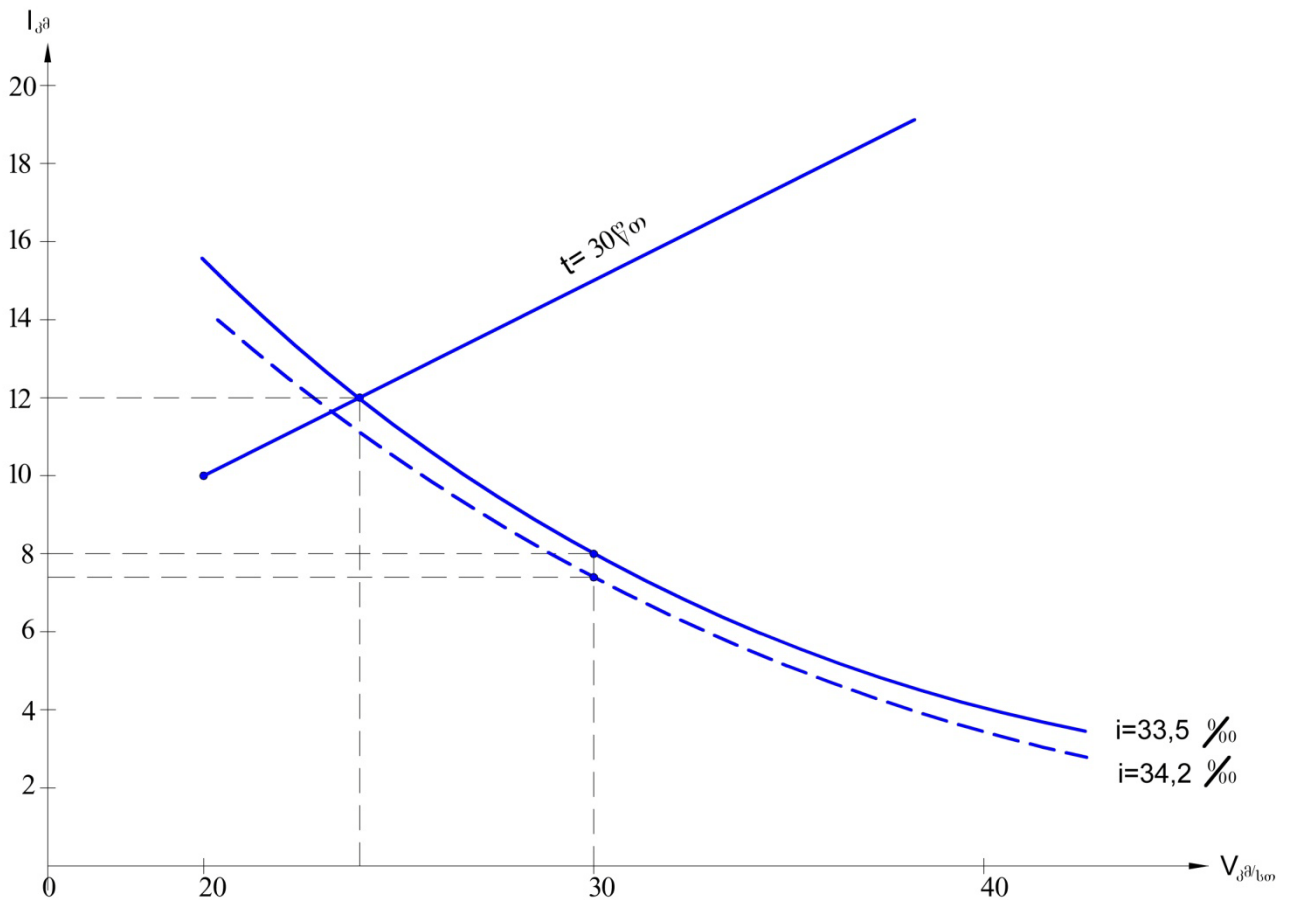
$$L = V \left[ \frac{1}{k\alpha} \ln \left( 1 - \frac{\alpha T}{q} \right) \right]^2 \quad \text{კმ}$$

ამ ფორმულით განსაზღვრული დაღმართის სიგრძეები 33.5% ქანობიან დაღმართზე სხვადასხვა სიჩქარეებისათვის მოცემულია ნახ. №32





როგორც ნახ. №32 –დან ჩანს მატარებლის დაღმართზე 30 კმ/სთ სიჩქარით



ნახ. 32

**ნახაზი №32 გადასარბენის სიგრძის შემოწმება დამუხრუჭების პირობით (თეთრიწყარო-ნადარბაზევი)**

მოძრაობისას დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე ხუნდების გადახურების პირობით შეადგენს 8.0 კმ-ს თუ მოძრაობის სიჩქარე შეიზღუდება 24 კმ/სთ-ით მაშინ დაღმართის სიგრძე გაიზრდება 12 კმ/სთ-მდე. ამის შემდეგ იწყება შეზღუდვა მაგისტრალის დაშრეტის პირობით ( $t_{დაშ} = 30$  წთ) თეთრიწყარო-ნადარბაზევის გადასარბენზე დაძაბული დაღმართის სიგრძე შეადგენს 12.8 კმ ე.ი. მეტია მაქსიმალურ დასაშვებზე ამიტომ დამპროექტებლებს მიეცათ რეკომენდაცია ამ გადასარბენზე დამატებითი ასაქცევის გახსნისა. დამპროექტებლებმა გაითვალისწინეს რეკომენდაცია და გაიხსნა დამატებითი ასაქცევი ჭივჭავი. იხ. ნახ. №31 (გეგმა) და ნახ. №33 (გრძივი პროფილი). მიღებული ორი გადასარბენიდან უფრო რთულია თეთრიწყარო-ჭივჭავის გადასარბენი. დაძაბული დაღმართის სიგრძე შეადგენს 7.1 კმ-ს ხოლ დაღმართის

საშუალო ქანობია 34.2% ამ ქანობისათვის დადმართის მაქსიმალური სიგრძეები სინქარისაგან დამოკიდებულებით მოყვანილია ნახ. №32-ზე (წყვეტილი ხაზი) ამ ნახაზის მიხედვით მოცემული ქანობისათვის – 34.2%-სათვის დადმართის მაქსიმალური სიგრძე როცა მოძრაობის სინქარია 30 კმ/სთ – შეადგენს 7.4 კმ-ს ე.ი. ამ გადასარბენზე მოძრაობის უსაფრთხოება ხუნდების გადახურებისა და მაგისტრალის დაშრეტის პირობით დაცულია.

როგორც ზემოთ აღინიშნა გადასარბენი თეთრიწყარო-ნადარბაზევი არა მარტო უსაფრთხოების პირობით იყო საშიში, არამედ ზღუდავდა ხაზის გამტარუნარიანობასაც. დამატებითი ასაქცევის გახსნამ ეს ორი შეზღუდვა მოხსნა. ასაქცევ ჭივჭავის გადასარბენის გახსნამდე გამტარუნარიანობა შეადგენდა

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

$$T - \text{გრაფიკის პერიოდია } T = t_{0j} + t_{აj} + 2\tau + \tau_{\text{დამ}}$$

$t_{0j}$  და  $t_{აj}$  სვლის დროებია იქითა და აქეთა მიმართულებით

$2\tau$  – სასადგურო ინტერვალია  $2\tau = 6$  წთ.  $\tau_{\text{დამ}}$  – სადგურზე დგომის დროს სამუხრუჭო მაგისტრალის დასამუხტად  $\tau_{\text{დამ}} = 6$  წთ. საგადასარბენო სვლის დროის გამოთვლისას აღმართზე მოძრაობის სინქარეს ვიღებთ 40 კმ/სთ ხოლო დადმართზე – 30 კმ/სთ. გადასარბენის სიგრძე 14.7 კმ ამიტომ

$$t_{0j} = \frac{14,7}{40} : 60 = 22,1 \text{ წთ.}$$

$$t_{აj} = \frac{14,7}{30} \cdot 60 = 29,4 \text{ წთ.}$$

გამტარუნარიანობა დამატებითი ასაქცევის გახსნამდე წყ. მატ/დღე-ღამეში

$$N = \frac{1440}{22,1 + 29,4 + 12} = 22,6 \text{ წყ. მატ/დღე-ღამეში}$$

გამტარუნარიანობა დამატებითი ასაქცევის გახსნის შემდეგ გადასარბენ თეთრიწყარო-ჭივჭავი  $l = 8,8$  კმ.

$$t_{0j} = \frac{8,8}{40} \cdot 60 = 13,2 \text{ წთ.}$$

$$t_{aj} = \frac{8.8}{30} \cdot 60 = 17.6 \text{ წთ.}$$

$$N = \frac{1440}{13.2 + 17.6 + 12} = 33.6 \text{ წყ. მატ/დღე-ღამეში.}$$

ე.ი დამატებითი ასაქცევის გახსნით დაცულია მოძრაობის უსაფრთხოება მატარებლის დამუხრუჭების პირობით და გამტარუნარიანობა გაიზარდა 11 წყვილი მატარებლით.



### 3 დასკვნები

განსხვავებით იოლი რელიგიისაგან რთული რელიგიის პირობები რკინიგზების დაპროექტება ხასიათდება მთელი რიგი თავისებურებებით. რთულ, მთიან პირობებში უმეტეს შემთხვევაში გვხვდება ციცაბო ქანობიანი მონაკვეთები, სადაც გრძივი პროფილის ქანობი ბევრ შემთხვევაში აღემატება 30-

35%. ასეთ დადმართებზე მატარებლის დამუხრუჭებას ახლავს მთელი რიგი პრობლემები: კერძოდ, გრძელ, ციცაბო დადმართებზე მატარებლების დამუხრუჭებისას მოსალოდნელია ხუნდებისა და თვლების გადახურება, ხუნდების ცვეთა და სამუხრუჭო მაგისტრალში წნევის ნორმაზე დაბლა დაცემა, რაც შეუქმნის მოძრაობას უსაფრთხოების საშიშროებას.

ჩვენს მიერ დადგენილი იქნა დადმართის მაქსიმალური სიგრძე სხვადასხვა ქანობიან მონაკვეთებზე ხუნდების გადახურების პირობით, როგორც თუჯის, ასევე კომპოზიციური ხუნდებისთვის. აღმოჩნდა, რომ კომპოზიციური ხუნდები მდგრადი არის ცვეთის მიმართ, მაღალი აქვს სამუხრუჭო ეფექტი, მაგრამ დაბალი თბოგამტარობის გამო უფრო მგრძობიარე გადახურების მიმართ, ვიდრე თუჯის ხუნდები. ამიტომ გამოთვლები ძირითადად ჩატარებული მაქვს კომპოზიციური ხუნდებისათვის. ცვეთის სიდიდე კი თუჯის ხუნდებისათვის უფრო მეტია, ვიდრე კომპოზიციების. აღმოჩნდა, რომ ხუნდის ცვეთის პირობით დადმართის სიგრძე ბევრად მეტია, ვიდრე გადახურების მიხედვით. ამიტომ დადმართის სიგრძის ერთ-ერთ შემზღულავ პირობად მიიჩნევა ხუნდებისა და თვლის გადახურების პირობა.

გაგრძელებულ დადმართებზე გარდა ხუნდების გადახურებისა მოსალოდნელია სამუხრუჭო მაგისტრალში ჰაერის წნევის დაცემა ნორმაზე დაბლა. მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე სამუხრუჭო სისტემები ითვლება უშრეტად, ე.ი. თეორიულად სამუხრუჭო მაგისტრალში წნევა არ უნდა დაეცეს ნორმაზე დაბლა. მაგრამ ექსპლუატაციის პირობებში მაგისტალიდან ჰაერის ზედმეტად გადინების, რთული კლიმატური პირობების გამო შესაძლებელია მაგისტრალში ჰაერის წნევის დაცემა ნორმაზე დაბლა. ჩვენ გავაანალიზეთ ყველა ექსპერიმენტალური და საექსპლუატაციო პირობებში ჩატარებული ცდების შედეგები და დავადგინეთ, რომ უწყვეტი დამუხრუჭების დრო ციცაბო ქანობებზე არ უნდა აღემატებოდეს 30-35 წთ-ს. (30% დადმართისათვის – 30 წთ. 30-40% ფარგლებში – 35 წთ).

დადმართებზე მატარებლების დამუხრუჭების თავისებურებანი აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ რკინიგზების დაპროექტებისას. კერძოდ, მთიან პირობებში ახალი რკინიგზების დაპროექტების დროს გამყოფი პუნქტების განლაგება (გადასარბენის მაქსიმალური სიგრძე) უნდა მოხდეს ზემოთმოყვანილი პირობების გათვალისწინებით.

ერთლიანდაგიანი რკინიგზების დაპროექტებისას გარდა გამტარუნარიანობისა უნდა გავითვალისწინოთ ხუნდების გადახურებისა და

მაგისტრალის დაშრეტის პირობები. ამ ორი ფაქტორის ერთდროული გათვალისწინება მოგვცემს გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის მნიშვნელობას.

1. რთულ მთიან პირობებში რკინიგზების დაპროექტებისას უნდა იქნას გათვალისწინებული ციცაბო დაღმართებზე სატვირთო მატარებლის დამუხრუჭების თავისებურებანი, როგორცაა:  
ხუნდების გადახურება და ცვეთა, სამუხრუჭო მაგისტალში ჰაერის წნევის დაცემა ნორმაზე დაბლა.
2. სამუხრუჭე ხუნდების გადახურება დამოკიდებულია: ხუნდის მასალაზე, დაღმართის ქანობზე და დაღმართზე მოძრაობის სიჩქარეზე.
3. სამუხრუჭო მაგისტალში ჰაერის წნევის ნორმის ფარგლებში წნევის შენარჩუნება შესაძლებელია მაშინ, როცა უწყვეტი დამუხრუჭების დრო არ აღემატება 30-35 წთ.
4. რთული რელიეფის პირობებში რკინიგზების დაპროექტებისას გამყოფი პუნქტები უნდა განლაგდეს (ორლიანდაგიან გზაზე) იმ პირობით, რომ უზრუნველყოფილი იქნას დამუხრუჭების პირობები. ამ პირობებიდან გამომდინარე უნდა დადგინდეს მაქსიმალური სიგრძე.
5. ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის დაპროექტებისას გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძე უნდა დადგინდეს როგორც გამტარუნარიანობის, ასევე დამუხრუჭების პირობებით.
6. გადასარბენის სიგრძის გაზრდა შესაძლებელია დაღმართებზე დასაშვები სიჩქარეების შემცირებებით (გადახურების პირობა). ამ შემთხვევაში გადასარბენის სიგრძის შეზღუდვა მოხდება უშრეტობის პირობით.
7. შემოთავაზებულია მეთოდოლოგია რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია გადასარბენის ოპტიმალური სიგრძის შერჩევა როგორც ერთლიანდაგიან ასევე ორლიანდაგიანი რკინიგზებისათვის.
8. დამუშავებულია გამყოფი პუნქტების მოედნების განლაგების სქემები რთული რელიეფის პირობებისათვის, როგორც ახალი ასევე სარეკონსტრუქციო რკინიგზის ხაზებზე.
9. ნაშრომის მიღებული შედეგების რეალიზაცია მოხდა მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზის რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქციის პროექტის შედეგებისას.

## 9. გამოყენებული ლიტერატურა

1. Астахов П.Н., Гребенюк П.Т., Скворцова А.И., Справочник по тяговым расчетам. М. Транспорт, 1973, ст. 256.
2. Гургенидзе В.М. Улавливающие тупики. М., Трансжелдориздат, 1955, ст. 70.
3. Иноземцев В.Г. Совершенствование правил тяговых расчетов по тормозам. Железнодорожный Транспорт, 1975, №3.
4. Иноземцев В.Г. Технические проблемы увеличения веса грузовых поездов. Тр Внии ж.д тр-та вы 629. 1980 г.

5. Иноземцев В.Г. тормоза железнодорожного подвижного состава. М., Транспорт, 1986, ст. 283.
6. Иноземцев В.Г. «О тепловой расчете автотормозов Вестник ЦНИИ МПС №3, 1970 г.
7. Иноземцев В.Г. и др. «Нормы и методы расчета автотормозов М., Транспорт, 1971 г.
8. Иноземцев В.Г. и др. Автоматические тормоза М., Транспорт, 1981 г.
9. Инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог. МПС. ЦТ-ЦВ-ВНИИЖТ (1440). М., Транспорт, 1988, ст. 160.
10. Кантор И.И. Продольный профиль пути тяга поездов М. транспорт 1984 г. 207 с.
11. Кантор И.И. определение весов: нормы и скорости грузовых поездов с скорости грузовых поездов с тепловозной тягой в горных районах Транспортное строительство 1974 г. №11.
12. კვანტალიანი გ.გ. რაზმაძე ლ.ა. გამყოფი პუნქტების განლაგების თავისებურებანი რთულ მთიან პირობებში. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (10), 2006 წ.
13. კვანტალიანი გ.გ. და სხვა. „დიდი დახრის გრძელ დაღმართებზე მატარებლის მოძრაობის უსაფრთხოებაზე სამუხრუჭო ხუნდების გახურების ტექპერატურის ზემოქმედება. ტექ. უნივერსიტეტის შრომები. 7 (363), 1990 წ.
14. Крылов 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.
15. Кванталиани Г.Г. Размадзе Л.А. Проблемы торможения поездов на крутых уклонах.
16. კვანტალიანი გ.გ. რაზმაძე ლ.ა. ი. ღონღაძე გამყოფი პუნქტების განლაგების თავისებურებანი რთულ მთიან პირობებში. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (10), 2008 წ.

17. კვანტალიანი გ.გ. თ. კუპატაძე მთიან პირობებში სატვირთო შემადგენლობის წონის ნორმის განსაზღვრა ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (10), 2008 წ.
18. 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.
19. Кониашвили А.Ф. Купатадзе Т.С. Определение фактического тормозного коэффициента для разработки проектных рекомендаций по обеспечению безопасности движения поездов на затяжных крутых спусках. Труды ГПИ №1 (293). 1985.
20. კვანტალიანი გ.გ. თ. კუპატაძე ნ. კუპატაძე Влияние Крутых Затяжных Спусков на безопасности движения поездов ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 2006 წ.
21. თ. კუპატაძე ნ. კუპატაძე თბომავლის წვევა სურამის საუღელტეხილო უბანზე ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1 (9) 2008 წ.
22. თ. კუპატაძე ნ. კუპატაძე თბომავლის მოძრაობა სურამის უღელტეხილის მცირერადიუსიან მრუდებში და სანიტარულეკოლოგიური მდგომარეობა ინტელექტი №1 (30) თბილისი 2008 წ.
23. თ. კუპატაძე ნ. კუპატაძე Причины обуславливающие потери управления поезда ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1 (9) 2008 წ.
24. Методические рекомендации по размещению отдельных пунктов на участках новых железнодорожных линий с затяжными уклонами. ВНИИ Транспорт стр-во М. 1981 г.
25. თ. კუპატაძე ნ. კუპატაძე საუღელტეხილო უბანზე თბომავლის წვევის შემთხვევაში დამუხრუჭებით სვლის რეჟიმის კრიტერიუმები და ანალიზი ინტელექტი №1 (30) თბილისი 2008 წ.
26. Правила тяговых расчетов для поездной работы (ПТР – 85). М. Транспорт 1985.

27. Сванишвили Н.В. Кванталиани Г.Г. «О наибольшей длине перегона в сложных горных условиях». «Транспортное строительство», 1977 г. №5.
28. Справочник путеца. Под редакцией В.В. Баилова и М.А. Чернишова. Т.1. М. Транспорт, 1972.
29. Gazatnez F, Vonbai G. Leistung und Kzaftstoffvezbzauch von Bahndieselmotozen in Abhängzgkent vom Einsatz gebiet des Tziebfahzz eugs – DET Eisenbafntechnik 1979, 27 №6.