

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ავთანდილ კაკაბაძე

აგარიები საქართველოს რკინიგზაზე და მათი გამომწვევი
მიზეზები

სპეციალობა: „საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა ნაგებობები“

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა გ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი 2014 წ.

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ფაკულტეტთაშორისო საგზაო დეპარტამენტში.

ხელმძღვანელი: ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
ასოცირებული პროფესორი გ. კვანტალიანი

რეცენზენტები: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი თ. ჭურაძე
ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
კ. ნოზაძე

დისერტაციის დაცვა შედგება 2014 წლის 25 ივნისს 15 სთ-ზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე.

მისამართი: 0175 ქ. თბილისი, კოსტავას ქ. №68, I კორპუსი, აუდიტორია №709^ბ

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცენტრალურ სამეცნიერო ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატისა – ფაკულტეტის ვებგვერდზე.

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი
პროფესორი

/დ. ტაბატაძე/

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა

სარკინიგზო ტრანსპორტის მიმართ წაყენებულ ძირითად მოთხოვნას წარმოადგენს მატარებელთა უსაფრთხო და შეუფერხებელი მოძრაობის უზრუნველყოფა. რკინიგზის ლიანდაგის ყველა ელემენტი სიმტკიცით, მდგრადობითა და მდგომარეობით უნდა უზრუნველყოფდეს მატარებელთა უსაფრთხო და გრაფიკით მოძრაობას მოცემულ უბანზე დადგენილი სიჩქარით.

მთიან და განსაკუთრებით მაღალმთიან რეგიონებში გამავალი რკინიგზები უმეტეს შემთხვევაში განლაგებულია რთულ ტოპოგრაფიულ, კლიმატურ, სეისმურ, ჰიდროლოგიურ და საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებში. ამიტომ სამთო რკინიგზებზე მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა დაკავშირებულია მთელ რიგ პრობლემებთან. ეს პრობლემები განპირობებულია მატარებლების მოძრაობის თავისებურებებით ციცაბო ქანობიან მონაკვეთებზე, დიდი რაოდენობის მცირე რადიუსიან მრუდებში და რიგი მეტად რთული ბუნებრივი მოვლენებით. მოძრაობის თავისებურებებს მიეკუთვნება: სამუხრუჭე ხუნდების გადახურება და ცვეთა, მაგისტრალში ჰაერის წნევის ვარდნა ნორმაზე დაბლა, აღმართებზე ელმაგლის ელექტრული ძრავების გადახურება. ბუნებრივი მოვლენებიდან უნდა აღინიშნოს: თოვლით დანამქრა, თოვლის ზვაგები, კლდოვანი ჩამოქცევები, შვაგები, კურუმები, მეწყერები, ღვარცოფები და ა.შ.

საქართველოს რკინიგზის სურამის საუღელტეხილო უბანზე მატარებლების დამუხრუჭების პრობლემამ თავი იჩინა მისი ექსპლუატაციაში შესვლისთანავე. ამ უბანზე დაფიქსირებულია მრავალი ავარია, რომელსაც ემსხვერპლა ადამიანთა სიცოცხლე და ქვეყანას მიაღება დიდი ეკონომიური და მატერიალური ზარალი. ამ უბანზე შეზღუდულია დასაშვები სიჩქარეები, დაკანონებულია გამყოფ პუნქტებზე გარკვეული დროით მატარებელთა აუცილებელი გაჩერება (ხუნდების გაციების და ჰაერის შევსების მიზნით), მოწყობილია დამჭერი ჩიხი.

ბოლო ხანებში საგრძნობლად გაუმჯობესდა მოძრავი შემადგენლობის დამუხრუჭე მოწყობილობა, ექსპლუატაციაში შევიდა

მძლავრი ელმავლები, რამაც საშუალება მოგვცა გაგვეზარდა მატარებლის წონა და მოძრაობის სიჩქარეები. მიუხედავად ამისა რკინიგზის სამთო უბნები მაინც რჩება, როგორც მაღალი რისკის მქონე მოძრაობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით. გასული საუკუნის 80-იან წლებში ექსპლუატაციაში შევიდა მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზი, რომელიც თავისი სირთულით ბევრად აღემატება სურამის უღელტეხილს და ანალოგი არა აქვს ყოფილ საბჭოთა კავშირის სივრცეში. ამ ხაზზე მაქსიმალური ქანობი აღემატება 35 ‰, ხოლო მინიმალური რადიუსის სიდიდე 300 მეტრია.

რკინიგზის დაპროექტებისა და ექსპლუატაციის დროს ერთ-ერთ ძირითად საკითხს წარმოადგენს მოძრავი შემადგენლობის საანგარიშო წონის ნორმის დადგენა. შემადგენლობის წონა და მოძრაობის სიჩქარეები განსაზღვრავენ რკინიგზის სიმძლავრესა და გადაზიდვების თვითღირებულებებს. ამიტომ შემადგენლობის ოპტიმალური წონის დადგენა ტექნიკური, ეკონომიკური და ექსპლუატაციური თვალსაზრისით მეტად არსებითი საკითხია. ამჟამად შემადგენლობის წონის განსაზღვრას საფუძვლად უდევს ლოკომოტივის სიმძლავრისა და მატარებლის კინეტიკური ენერჯის მარაგის მაქსიმალურად გამოყენების პირობა. საანგარიშო წონის არასწორად შერჩევა იწვევს საანგარიშო აღმართებზე მატარებელთა მოძრაობის შეფერხებასა და მოძრაობის ორგანიზაციის გაართულებას. სამთო რკინიგზებზე სატვირთო მატარებლის წონის ნორმის დადგენისას ლოკომოტივის სიმძლავრის გარდა გასათვალისწინებელია მცირერადიუსიან მრუდებში ლოკომოტივის თვალსა და რელსს შორის შეჭიდულობის კოეფიციენტის სიდიდის შემცირება, ელექტრული ძრავების გადახურება, რელსის თავის მდგომარეობა, ვაგონებსშორისი გადასაბმელი მოწყობილობის სიმტკიცე.

მაღალმთიანი ტერიტორიებზე (როგორსაც ჩვენი ქვეყანა წარმოადგენს) საგზაო მეურნეობისათვის სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს თოვლის ზვავები და ნამქერები. თოვლი და ქარბუქის დროს ღიანდაგის დანამქრა დამატებით წინაღობას უქმნის მოძრავ შემადგენლობას, ამცირებს მოძრაობის სიჩქარეს, ზრდის ენერგეტიკულ ხარჯებს.

დისერტაციის მიზანია, დადგინდეს დაღმართის ის მაქსიმალური სიგრძეები ქანობის და სიჩქარისაგან დამოკიდებულებით, რომელზედაც სატვირთო მატარებლის მოძრაობა იქნება უსაფრთხო. მარაბდა-ახალქალაქის ხაზზე შემოწმდეს ყველა გრძელი ციცაბო დაღმართები და დამუხრუჭების პირობების დაუკმაყოფილებლობის შემთხვევაში შეტანილ იქნას პროექტში შესწორებები. შემუშავდეს მთიან რეგიონში გამავალ რკინიგზებზე მოძრავი შემადგენლობის საანგარიშო წონის დასადგენი მეთოდოლოგია და დამუშავდეს თოვლისაგან დაცვის ეფექტური ღონისძიებები.

აღნიშნული საკითხების გადაწყვეტის მიზნით ნაშრომში დასმული და გადაწყვეტილი იქნა შემდეგი ამოცანები:

შესწავლილია ყველა ის ფაქტორი, რომლებიც გავლენას ახდენენ მატარებლის უსაფრთხო მოძრაობაზე ციცაბო ქანობიან მონაკვეთზე. ასეთ ფაქტორთა რიცხვს მიეკუთვნება: გრძელ დაღმართებზე სამუხრუჭე ხუნდების გადახურება და ცვეთა, სამუხრუჭე მაგისტრალში ჰაერის წნევის ნორმაზე დაბლა დაცემა, გრძელ აღმართებზე ელმავლის წევის ძრავების გადახურება;

სამთო რკინიგზებზე საანგარიშო წონის დადგენისას მხედველობაშია მისაღები არა მარტო ლოკომოტივის სიმძლავრე, არამედ მთელი რიგი ფაქტორები, რომლებიც იწვევენ მატარებლის წონის ნორმის შემცირებას. ასეთ ფაქტორებს განეკუთვნება მცირერადიუსიანი მრუდები, კლიმატური პირობები, რელსის თავის მდგომარეობა, წევის ძრავების გადახურება, ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურის ცვალებადობა;

შესწავლილი და გამოვლენილი იქნა მარაბდა-კარწახის რკინიგზის ხაზზე ყველა თოვლსაშიში მონაკვეთები და შემუშავებულია ლიანდაგის თოვლით დანამქრისაგან დაცვის ღონისძიებები.

სადისერტაციო თემის კვლევის მეთოდოლოგია დაფუძნებულია: მსოფლიოს მთიან რეგიონებში გამავალ რკინიგზებზე მოძრაობის უსაფრთხოების პირობების დამცავ ღონისძიებათა შესწავლასა და ანალიზზე და შედეგები კვლევებით დამოწმებულია ალტერნატიული სახით; სატვირთო მატარებლის საანგარიშო წონის ნორმის დადგენაზე;

ლიანდაგის თოვლის ზეაეებისა და დანაქრისაგან დაცვის ეფექტურ ღონისძიებების დამუშავება-შერჩევაზე.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე

- ცნობილი მეცნიერისა და პრაქტიკოსების მიერ შემოთავაზებული ხუნდების გახურების ტემპერატურის განმსაზღვრელი ფორმულების გამოკვლევისა და მათი გარდაქმნის შედეგად დადგენილია დაღმართის ის ზღვრული სიდიდეები, რომელზედაც მატარებელთა მოძრაობა იქნება უსაფრთხო;
- გაანალიზებულია გრძელ ციცაბო დაღმართებზე დამუხრუჭებისას სამუხრუჭე მაგისტრალში წნევის ცვალებადობის მნიშვნელობები, როგორც ექსპერიმენტალურ ასევე ექსპლუატაციურ პირობებში. დადგენილია უწყვეტი დამუხრუჭების მაქსიმალური დროები დაღმართის ქანობის სიდიდეებთან დამოკიდებულებით. ამ პირობით და ექსპერიმენტებით დადგენილია დაღმართის ზღვრული სიდიდეები;
- დადგენილია დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეები ქანობისა და ხუნდის მასალისაგან დამოკიდებულებით;
- დადგენილია ციცაბო აღმართის ზღვრული სიგრძე წვეის ძრავების გადახურების პირობით;
- გაანალიზებულია ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ მატარებლის საანგარიშო წონის ნორმის დადგენაზე. შემოთავაზებულია სატვირთო მატარებლის წონის ნორმები წელიწადის დროის მიხედვით მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე;
- შესწავლილი, გაანალიზირებული და სრულყოფილია მთიან რეგიონებში გამავალი რკინიგზების თოვლით დანამქვრის საწინააღმდეგო ღონისძიებები გამოვლენილია თოვლით დანამქვრის და ზეავსაშიში მონაკვეთები მარაბდა-კარწახის ხაზზე და შემოთავაზებულია თოვლდამცავი ნაგებობების ახალი კონსტრუქციები.

დისერტაციის პრაქტიკული ღირებულება. დისერტაციაში გაანალიზებული და შემუშავებული საკითხებით შესაძლოა ისარგებლონ მთიან რეგიონში გამავალი რკინიგზების დაპროექტებისას.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული რეკომენდაციები განხორციელდა მარაბდა-კარწახის რკინიგზის რეკონსტრუქციისა და მშენებლობის დროს. კერძოდ, რთული გადასარბენების სიგრძეების შემოწმებამ დამუხრუჭების პირობით გამოავლინა, რომ წინწყარო-თეთრიწყარო და თეთრიწყარო-ნადარბაზევის გადასარბენები არ აკმაყოფილებდა მატარებლების უსაფრთხო მოძრაობის პირობებს. ჩვენს მიერ შეთავაზებული რეკომენდაციები ე.წ. „მოსასვენებელი“ მოედნის მოწყობა და დამატებითი ასაქცევის გახსნა ამ უბანზე სარეაბილიტაციო-სარეკონსტრუქციო სამუშაოთა მიმდინარეობისას რეალურად იქნა განხორციელებული.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მატარებლის საანგარიშო წონის ნორმის დადგენის მეთოდის გათვალისწინებული იქნება მარაბდა-კარწახის რკინიგზის ხაზის ექსპლუატაციაში შესვლის შემდგომ.

შეთავაზებული თოვლდამცავი ნაგებობების ახალი კონსტრუქციები დაინერგება ახალქალაქი-კარწახის მშენებარე უბანზე.

ნაშრომის აპრობაცია

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებულ და განხილულ იქნა თემატურ სემინარებზე და კოლოკვიუმზე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 81-ე ღია ტექნიკურ კონფერენციაზე (2013წ). საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ფაკულტეტში მორისო საგზაო დეპარტამენტში რკინიგზის მშენებლობის მიმართულების სხდომებზე (2012წ; 2013წ; 2014წ.)

პუბლიკაცია

დისერტაციის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია შვიდი სამეცნიერო სტატია.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა

დისერტაცია შეიცავს რეზიუმეს (ქართულ და ინგლისურ ენებზე), შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, შედეგებსა და მათ განსჯას, დასკვნას, გამოყენებული ლიტერატურის სიას. ნაშრომი წარმოდგენილია 125 ნაბეჭდ გვერდზე, მათ შორის 21 ცხრილი და 29 ნახაზი.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

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

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალობა და მოკლედ არის გადმოცემული დისერტაციის არსი.

ლიტერატურის მიმოხილვაში მოცემულია ყველა იმ ღონისძიებათა ანალიზი, რომელიც მიმართულია იყო რკინიგზის ტრანსპორტზე მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად. განხილულია რკინიგზის დაპროექტების ისეთი ძირითადი პარამეტრების შერჩევის ისტორია როგორცაა მატარებლის საანგარიშო წონა, თოვლთან ბრძოლის მსოფლიო პრაქტიკაში დაგროვილი გამოცდილება და თოვლდამცავ ეფექტურ ღონისძიებათა განვითარების ისტორია.

სამთო რკინიგზებზე მოძრაობის უსაფრთხოების პრობლემები წარმოიქმნა რკინიგზების ექსპლუატაციაში შესვლის დღიდანვე. ამის თვალსაჩინო მაგალითია სურამის უღელტეხილი, რომელიც ექსპლუატაციაში შევიდა 1872 წ. თავიდან რკინიგზა ღიად კვეთდა ლიხის ქედს. ქანობი ამ უბანზე აღწევდა 46 %-ს. 1890 წელს ექსპლუატაციაში შევიდა წიფის გვირაბი, რამაც საშუალება მოგვცა ქანობი შეგვემცირებინა 29 %-მდე. მიუხედავად ამ ღონისძიებისა, ეს უბანი მაინც რჩებოდა ყველაზე ურთულეს უბნად მთელ ყოფილ საბჭოთა კავშირის რკინიგზებზე. სურამის უღელტეხილი ითვლებოდა რკინიგზის ერთგვარ ლაბორატორიად, სადაც ხდებოდა სხვადასხვა ტიპის მუხრუჭების გამოცდა. ამ უბანზე მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველსაყოფად გატარებულია რიგი ღონისძიებები, კერძოდ: შემცირებულია დასაშვები სიჩქარეები, მოწყობილია დამჭერი ჩიხები გასული, გამყოფ პუნქტებზე შემოღებულია მატარებლების სავალდებულო 4–6 წუთიანი გაჩერება. ბოლო პერიოდში გაუმჯობესდა მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკური აღჭურვილობა, სრულყოფილ იქნა მუხრუჭების კონსტრუქცია, მაგრამ მოძრაობის უსაფრთხოების პრობლემები დღეისათვის მაინც აქტუალურია.

გასული საუკუნის 80-იან წლებში ჩვენს ქვეყანაში ექსპლუატაციაში შევიდა კიდევ ერთი სამთო რკინიგზის უბანი – მარაბდა-ახალქალაქი, რომელსაც სირთულის მიხედვით ანალოგი არ

გააჩნია არა მარტო ყოფილ საბჭოთა კავშირში, არამედ ევროპაშიც. ამ უბანზე სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდე აჭარბებს 35 %-ს და ექსპლუატაციაში შესვლისთანავე დღის წესრიგში დადგა მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად საჭირო ღონისძიებათა დამუშავება.

რკინიგზის ხაზი თავიდან აგებული იქნა როგორც ადგილობრივი დანიშნულების, ხოლო ახლო მომავალში გათვალისწინებულია თურქეთის რესპუბლიკასთან დამაკავშირებელი საერთაშორისო ხაზის ბაქო-თბილისი-ყარსის ექსპლუატაციაში გაშვება, რომლის შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს მარაბდა-ახალქალაქის უბანი. ამ უბნის ექსპლუატაციაში შესვლისას კიდევ უფრო მწვავედ დადგება მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველყოფის საკითხი.

მთიან და განსაკუთრებით მაღალმთიან რეგიონებში გამავალ რკინიგზებზე, განსხვავებით ვაკე და მთისწინა რელიეფზე გამავალი რკინიგზებისაგან, მოძრავი შემადგენლობის საანგარიშო წონის დადგენისას, გარდა ლოკომოტივის სიმძლავრისა, მხედველობაშია მისაღები ისეთი ფაქტორები, როგორებიცაა მცირე სიდიდის რადიუსები, რთული კლიმატური პირობები, რელსის თავის მდგომარეობა. მატარებლის საანგარიშო წონის არასწორად შერჩევა კი გამოიწვევს სატვირთო მატარებლის სახელმძღვანელო ქანობიან მონაკვეთზე მოძრაობის შეფერხებას. სამთო გზებზე მატარებლის წონის ნორმაზე გაველენას ახდენს ელმავლის ელექტრული ძრავების გადახურება. რომლის თავიდან აცილების მიზნით მიმართავენ მოძრავი შემადგენლობის წონის შემცირებას.

ჩვენი ქვეყნის რკინიგზის რიგ მონაკვეთზე ადგილი აქვს თოვლის ზვავებს და ლიანდაგის თოვლით დანამქრას. საქართველოს რკინიგზისათვის თოვლისაგან მიყენებული ზიანი მეტად მნიშვნელოვანია. მაგალითად, მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის უბანი თითქმის ნახევარი წელიწადი უმოქმედოდაა ღრმა ჭრილებში ლიანდაგის თოვლით დანამქრის გამო. თოვლით დანამქრასთან ბრძოლის დიდი გამოცდილება აქვთ ისეთ ქვეყნებს, როგორცაა: ავსტრია, შვეიცარია, აშშ, კანადა, იაპონია, რუსეთი და სხვა. ამერიკის შეერთებულ შტატებში რკინიგზების თოვლთან ბრძოლის შესწავლას ემსახურება რიგი სამეცნიერო-საკვლევო ინსტიტუტები.

ექსპლუატაციის განსაკუთრებულმა რთულმა პირობებმა ზამთრის პერიოდში მეცნიერების წინაშე დააყენა საკითხი, გამოემუშავენათ ეფექტური ღონისძიებები ღიანდაგის თოვლისაგან დასაცავად. 1861 წელს პირველად იქნა გამოყენებული ცოცხალი ტყე-ნარგავები თოვლით დანამქრის საწინააღმდეგოდ. 1863 წ. ინჟინერმა ტიტოვმა შექმნა დროებით გადასატანი ფარები. მე-19 საუკუნის ბოლოს ექსპლუატაციაში შევიდა მუდმივი თოვლდამცავი ღობეები. განსაკუთრებით კარგი მიღწევები აქვთ ავსტრიელ მეცნიერებს თოვლთან ბრძოლისა და ღიანდაგის თოვლით დანამქრისაგან დაცვის ღონისძიებათა შემუშავებაში თოვლის მოვლენების შესწავლით აშშ-ში დაკავებულია ათობით სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულება. შედეგებისა და მათი განსჯის პირველ თავში განხილულია სატვირთო მატარებლების მოძრაობის თავისებურებანი ციცაბო ქანობიან მონაკვეთებზე. ასეთი თავისებურებებია: გრძელ დაღმართებზე სამუხრუჭე ხუნდების გადახურება და ცვეთა, სამუხრუჭე მაგისტრალში ჰაერის წნევის ნორმაზე დაბლა დაცემა, გრძელ ქანობიან აღმართებზე ელმავლის ელექტრული ძრავების გადახურება.

გრძელ ციცაბო დაღმართებზე უწყვეტი დამუხრუჭებისას მოსალოდნელია სამუხრუჭე ხუნდების გადახურება, რაც გამოიწვევს სამუხრუჭე ძალის შემცირებას და საფრთხეს შეუქმნის მოძრაობის უსაფრთხოებას. უკანასკნელ ხანებში მოძრავი შემადგენლობა აღჭურვა კომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ხუნდებით. ასეთი ხუნდები გამოირჩევა მაღალი ცვეთამდეგობით და გაზრდილი სამუხრუჭე ძალით, ამასთანავე ეს მასალა ხასიათდება ნაკლებ თბოგამტარობით, რაც იწვევს თვლების თბურ გადატვირთვას და მისი მწყობრიდან გამოსვლას. ამასთან კომპოზიციური მასალისაგან დამზადებულ ხუნდებს ახასიათებს სრიალა ზედაპირი, რაც დაბალი ტემპერატურის დროს ამცირებს სამუხრუჭო ეფექტს დამუხრუჭების საწყის სტადიაზე. ამიტომ საქართველოს რკინიგზის უფროსის ბრძანებით თანახმად საუღელტეხილო უბნებზე (სურამის უღელტეხილი, მარაბდა-ახალქალაქი) სავაგონო შემადგენლობა აღჭურვილია ერთდროულად თუჯისა და კომპოზიციური ხუნდების თანაბარი რაოდენობით (50–50%).

ხუნდის გახურების ტემპერატურის დადგენა ერთობ რთულია, რადგან ის დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, როგორცაა ვაგონის

წონა, მოძრაობის სიჩქარე, დაღმართის ქანობი, ხუნდის მასალა, გარემოს ტემპერატურა და სხვა. ამ საკითხის შესწავლა აქტუალური გახდა გასული საუკუნის 70-იან წლებიდან. ამ პერიოდამდე ამ საკითხით არ დაინტერესება აიხსნება იმ გარემოებით, რომ არსებულ სამთო რკინიგზებზე მოძრაობის სიჩქარეები იყო დაბალი, ხოლო გადასარბენის სიგრძეები არ იყო დიდი.

ხუნდების გადახურების შესწავლა-გამოკვლევის საკითხებზე ყველაზე სანდო და დასაბუთებული კვლევები შესრულებული აქვს ცნობილ რუს მეცნიერსა და პრაქტიკოსს ვ. ინოზემცევს. პროფ. ვ. ინოზემცევის მიერ გრძელ ციკაბო დაღმართებზე ხუნდების გახურების ტემპერატურის შემოწმებისათვის შემოთავაზებულია ფორმულა

$$\frac{1-\alpha_p \alpha_R h P \epsilon S_0}{t S m d} 1 - e^{-0.03\sqrt{t}} = 2 \quad (1)$$

ამ ტოლობის დაცვის შემთხვევაში ხუნდის გახურების ტემპერატურა იქნება ნორმის ფარგლებში (მაქსიმალური დასაშვები ტემპერატურა 350°C).

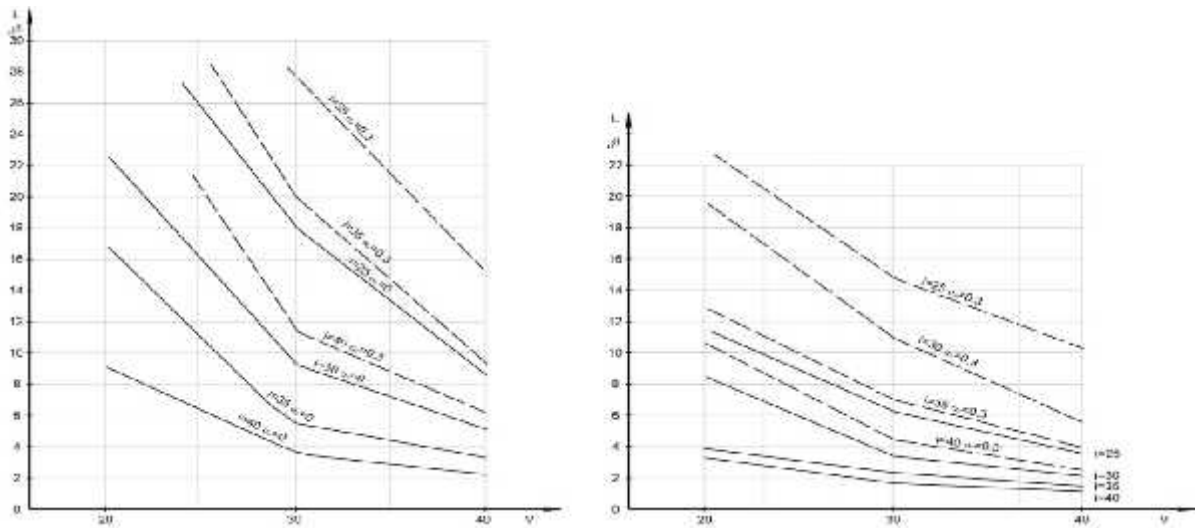
ზემოთმოყვანილ ფორმულაში შემავალი სიდიდეების მნიშვნელობების ჩასმისა და სათანადო გარდაქმნის შემდეგ ვღებულობთ დაღმართის ზღვრული სიგრძეების მნიშვნელობებს მოძრაობის სიჩქარის და ქანობის სიდიდესთან დამოკიდებულებით.

თუჯის ხუნდებისათვის $l = \frac{V}{3.24} \ln^2 \left(1 - \frac{567}{1-\alpha_p V l} \right)$ კმ

კომპოზიციური ხუნდებისათვის $l = \frac{V}{3.24} \ln^2 \left(1 - \frac{419}{1-\alpha_p V l} \right)$ კმ

ამ ფორმულებით გამოთვლილი დაღმართის სიგრძეები მოყვანილია №1 ცხრილში და გრაფიკულად წარმოდგენილია 1 ნახაზზე.

ამ ფორმულებში α_p - რეკუპერაციის კოეფიციენტი. ისეთი სიდიდეების დადგენისას, როგორცაა მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარეები, სამუხრუჭო მანძილი, რეკუპერაციის კოეფიციენტი მხედველობაში არ მიიღება. რადგან რეკუპერაციული დამუხრუჭება ითვლება როგორც დამხმარე საშუალება. ხუნდების გახურების ტემპერატურის დადგენისას კი რეკუპერაციულ დამუხრუჭებას ვღებულობთ მხედველობაში, რაც აიხსნება იმ გარემოებით, რომ თუ რეკუპერაციული მუხრუჭი გამოირთო, მემანქანე შემცირებული სიჩქარით უზრუნველყოფს მატარებლის შეყვანას უახლოეს გამყოფ



დაღმართის მაქსიმალური სივრძეები ხუნდების გადახურების პირობით (თუჯის ხუნდები)

დაღმართის მაქსიმალური სივრძეები ხუნდების გადახურების პირობით (კომპოზიციური ხუნდები)

ნახ. 1

ცხრილი 1

დაღმართის მაქსიმალური სივრძეები (კმ) ხუნდების გადახურების პირობით

რეკუპერაციული კოეფიციენტი	ხუნდის მასალა	i = 20 ‰		i = 25 ‰				i = 30 ‰			i = 35 ‰			i = 40 ‰					
		მატარებლის მოძრაობის სინქარე, კმ/სთ																	
		V=60	V=50	V=40	60	50	40	30	40	30	20	40	30	25	20	40	30	25	20
დაღმართის სივრძეები, კმ																			
=0	თუჯი	7,6	10,8	18,7	4,2	5,6	8,7	18,4	5,1	9,2	52,5	3,3	5,6	11,5	17	2,4	3,8	6,4	9,4
=0,3	თუჯი	23,4	42,5	-	11,2	16,8	34,0	-	15,6	48,9	-	9,2	20	51,8	-	6,2	11,7	21,3	-
=0	კომპოზ.	3,4	4,6	6,8	-	2,6	3,7	6,2	2,3	3,6	8,9	1,6	2,4	3,8	5,2	1,1	1,7	2,5	3,4
=0,3	კომპოზ.	13,0	23,6	-	-	6,6	10,4	14,8	5,9	11,1	19,9	3,7	6,1	9,8	-	2,7	4,5	8,0	11,8

პუნქტზე. რეკუპერაციის კოეფიციენტის სიდიდეს ვიღებთ 0,3, თუმცა რეალურად მისი მნიშვნელობა გაცილებით მეტია. 80-იან წლებში პროფ. ვ. ინოზემცევა ხუნდების გახურების ტემპერატურის დასადგენად შემოგვთავაზა (1) ფორმულისაგან სრულიად განსხვავებული ფორმულა:

$$T = \frac{q}{\alpha} (1 - e^{-z}) \quad (2) \quad Z = \frac{2\alpha \sqrt{t}}{\sqrt{a} \lambda}$$

სადაც, q - თბური ნაკადის სიმკვრივეა; α - თბოგადაცემის კოეფიციენტი; λ - თბოგამტარობის კოეფიციენტი.

თუ (2) ფორმულაში შევიტანთ გამოსახულებათა რიცხვით მნიშვნელობებს, სათანადო გარდაქმნის შემდეგ დავადგენთ დაღმართის მაქსიმალურ სიგრძეს სიჩქარისა და ქანობისაგან დამოკიდებულებით:

$$\text{თუჯის ხუნდებისათვის} \quad L = v \frac{1}{Ka} \ln \left(1 - \frac{11986 \cdot a}{1 - a_p \cdot vt} \right)^2 \text{ კმ}$$

$$\text{კომპოზიციური ხუნდებისათვის} \quad L = v \frac{1}{Ka} \ln \left(1 - \frac{9542 \cdot a}{1 - a_p \cdot vt} \right)^2 \text{ კმ}$$

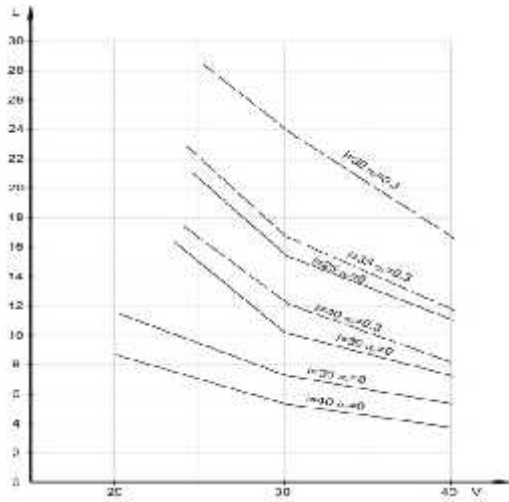
დაღმართის მაქსიმალურ დასაშვებ სიგრძეთა მნიშვნელობები სიჩქარისა და ქანობისაგან დამოკიდებულებით წარმოდგენილია ცხრილში 2 და ნახზზე 2.

ცხრილი 2

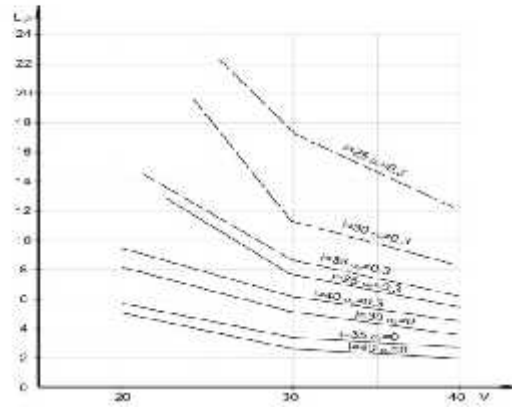
დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეები (კმ) სიჩქარისა და ქანობისგან დამოკიდებულებით

რემპ-პერა-ციული კოეფ. p	ხუნდის მასალა	i = 20 ‰			i = 25 ‰			i = 30 ‰			i = 35 ‰			i = 40 ‰						
		მატარებლის მოძრაობის სიჩქარე, კმ/სთ																		
		V=60	50	40	60	50	40	30	50	40	30	25	40	30	25	20	40	30	25	20
დაღმართის სიგრძეები, კმ																				
=0	თუჯი	11,6	14,4	18,8	7,0	8,7	11,2	15,8	5,8	7,4	10,3	15,0	5,3	7,3	9,5	11,8	3,9	5,4	7,2	8,6
=0,3	თუჯი	26,9	34	45,8	15,8	19,7	26,0	-	-	16,9	24	30	11,7	16,8	20,7	-	8,2	12,1	15,0	-
=0	კომპოზ.	5,8	7,5	9,3	3,6	4,4	5,7	7,8	3,0	3,9	5,2	8,3	2,9	3,7	4,6	5,9	2,1	2,8	4,1	5,3
=0,3	კომპოზ.	9,6	16,2	21,3	7,9	9,7	12,1	17,8	6,5	8,3	11,7	19,1	5,9	8,2	10,1	13,2	4,4	6,1	7,8	9,7

როგორც წარმოდგენილი ცხრილებიდან და გრაფიკებიდან ჩანს, დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეთა სიდიდეები, გამოთვლილი ორი სხვადასხვა (1) და (2) ფორმულის მიხედვით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. თეორიული გამოთვლების სანდოობის დასადგენად მიემართეთ ექსპერიმენტალური ცდების შედეგების შეჯერებას თეორიულ მონაცემებთან. ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა სურამის უღელტეხილზე. ექსპერიმენტები ჩატარდა როგორც თუჯის, ასევე კომპოზიციური ხუნდებისათვის. როგორც ჩატარებული ცდების



დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეები ხუნდების გადახურების პირობით (თუჯის ხუნდები)



დაღმართის მაქსიმალური სიგრძეები ხუნდების გადახურების პირობით (კომპოზიციური ხუნდები)

ნახ. 2

ანალიზმა გვიჩვენა ჩვენს მიერ მიღებული თეორიული შედეგები (მე-2 ფორმულის მიხედვით) სრულ თანხვედრაშია ექსპერიმენტების მონაცემებთან (განსხვავება არ აღემატება 3 %-ს). რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ჩვენს მიერ ჩატარებული თეორიული გაანგარიშების საიმედოობა ეჭვს არ იწვევს.

გრძელ ციცაბო დაღმართებზე მოსალოდნელია სამუხრუჭე მაგისტრალში ჰაერის წნევის დაცემა ნორმაზე დაბლა, რაც საფრთხეს უქმნის მატარებლების უსაფრთხო მოძრაობას. თანამედროვე მუხრუჭები აღჭურვილია ისეთი ჰაერგამანაწილებლებით, რომლებიც თეორიულად უშრეტნი არიან, მაგრამ ხანგრძლივი, უწყვეტი დამუხრუჭებისას მაგისტრალის გადასაბმელ მოწყობილობებში ჰერმეტიულობის დარღვევის, გარემოს დაბალი ტემპერატურისა და სხვა გარემოებათა გამო შესაძლებელია მაგისტრალის დაშრეტა. ამ საკითხის შესწავლა დღის წესრიგში დადგა გასული საუკუნის 70-80-იან წლებში, როცა ტრანსკავკასიის პროექტის შედგენა დაიწყო. საქმე ის გახლდათ, რომ არსებულ რკინიგზებზე გადასარბენის სიგრძეები იყო მცირე, ამასთანავე დაწესებული იყო გამყოფ პუნქტებზე მატარებლების სავალდებულო გაჩერება 4-6 წუთით ჰაერის შესავსებად. თანამედროვე პირობებში სამთო გზებზე გადასარბენის სიგრძეები ერთობ გაზრდილია. მაგალითად ტრანსკავკასიის საპროექტო ხაზზე ორლიანდაგიანი გადასარბენის სიგრძე შეადგენდა 22 კმ-ს. მარაბდა-

ახალქალაქის ხაზზე ერთლიანდაგიანი რკინიგზის გადასარბენის სიგრძე შეადგენს 15 კმ-ს.

ჰაერის წნევის ცვალებადობის დადგენა თეორიული გზით შეუძლებელია იმ მრავალი ფაქტორის გამო, რომლებსაც აქვთ ადგილი დამუხრუჭებისას. პროფ. გ. კვანტალიანის მიერ გასული საუკუნის 80-იან წლებში ყოფილი რკინიგზის საკავშირო საკვლევ ინსტიტუტში ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები. ამ ექსპერიმენტების მონაცემების საფუძველზე დადგინდა, რომ ციცაბო ქანობიან დაღმართებზე უწყვეტი დამუხრუჭების დრო არ უნდა აღემატებოდეს 35 წთ-ს (ქანობისაგან დამოუკიდებლად).

ჩვენს მიერ შესწავლილი და გაანალიზებული იქნა რეალურ პირობებში სურამის უღელტეხილზე ჩატარებული ცდების შედეგები. მოვახდინეთ მათი შეჯერება ექსპერიმენტების მონაცემებთან და აღმოჩნდა, რომ რეალურ პირობებში საჰაერო მაგისტრალში წნევების მნიშვნელობები ნაკლებია, ვიდრე ექსპერიმენტებით მიღებული მონაცემები. ამიტომ რეკომენდაციას ვაძლევთ დამუხრუჭების მაქსიმალური დრო შეიზღუდოს 30 წუთამდე, თუ ქანობის სიდიდე აღემატება 30 %, ხოლო ნაკლები სიდიდის ქანობებზე უწყვეტი დამუხრუჭების დროდ მიღებული იქნას 35 წუთი.

გვეცოდინება რა მოძრაობის საშუალო სიჩქარე დაღმართებზე, ძნელი არ არის დაღმართის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა

$$L_{\text{დაღ}} = V_{\text{საშ}} \cdot t_{\text{დაღ}}$$

$V_{\text{საშ}} = V_{\text{მაქ}} - \Delta V$; $V_{\text{მაქ}}$ - მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარეა დაღმართებზე, ΔV - შესწორებაა და აიღება 5 კმ/სთ.

სატვირთო მატარებლების ციცაბო ქანობებზე დამუხრუჭებისას ფრიქციული მასალის გახურებასთან ერთად იზრდება მათი ცვეთაც.

კომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ხუნდები ცვეთამედეგია. ამიტომ ასეთი ხუნდები უზრუნველყოფენ შედარებით გრძელ დაღმართებზე მუხრუჭების ნორმალურ მუშაობას, ხოლო თუჯის ხუნდების შემთხვევაში, რომლებიც არ არიან ცვეთამედეგი, გრძელი დაღმართის წინ საჭიროა მათი სისქის შემოწმება. ნორმების თანახმად თუჯის ხუნდის მინიმალური სისქე არ უნდა იყოს 12 მმ-ზე ნაკლები.

თუჯის ხუნდის მინიმალური სისქე (ΔH) პროფ. ვ. ინოზემცევის ფორმულის თანახმად ტოლია

$$\Delta H = 10 + 0.03 \Sigma li \text{ მმ}$$

ამ ფორმულის დახმარებით დავადგინეთ დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე ხუნდის სისქესთან და ქანობის სიდიდესთან დამოკიდებულებით. შედეგი წარმოდგენილია ცხრილში 3.

ცხრილი 3

**დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე ხუნდის
სისქესთან დამოკიდებულებით**

ხუნდის სისქე, H მმ	დაღმართის ქანობი, I %	დაღმართის სიგრძე, L კმ	ხუნდის სისქე, H მმ	დაღმართის ქანობი, I %	დაღმართის სიგრძე, L კმ				
40 30 20 15	15	66.6 44.4 22.2 11.1	60 40 30 20	30	55.5 33.3 22.2 11.1				
40 30 20 15		20	50 33.3 16.3 8.3		60 40 30 20	35	47.6 28.7 19 9.5		
60 40 30 20			25		66.6 40 26.7 13.3		60 40 30 20	40	41.7 25 16.7 8.3

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, სამთო რკინიგზებზე გვხვდება ციცაბო გრძელი აღმართები. ასეთ მონაკვეთებზე საანგარიშო წონიანი მატარებლების მოძრაობისას მოსალოდნელია წვევის ძრავების გადამეტხურება. ეს გარემოება გამოიწვევს იზოლაციის დაზიანებას და საბოლოო ჯამში წვევის ძრავის მწყობრიდან გამოსვლას. მართალია თანამედროვე ელმავლები აღჭურვილია უფრო სრულყოფილი ძრავებით, რომლებიც გადამეტხურებას უფრო ხანგრძლივად უძლებენ, მაგრამ შეზღუდვას მაინც აქვს ადგილი, ანუ გადახურება მაინც აღწევს თავის ზღვრულ სიდიდეს. ძრავის მაქსიმალური დასაშვები ტემპერატურა დამოკიდებულია იზოლაციის კლასზე და გარემოს ტემპერატურაზე.

ელექტრული ძრავების გადახურების ტემპერატურა ანალიზურად გამოითვლება ფორმულით $\tau = \tau_{\infty} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}}$

სადაც: τ_{∞} და τ - ძრავის თბური მახასიათებლები, τ_0 - საწყისი ტემპერატურა, t - ძრავის მუშაობის ხანგრძლივობა, T -

ზემოთმოყვანილი განტოლება შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ

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

აქედან თუ განვსაზღვრავთ ძრავის გახურების დროს, მივიღებთ

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

გვეცოდინება რა ძრავის გახურების მაქსიმალური დასაშვები დრო, ადვილად დავადგენთ აღმართის ზღვრულ სიგრძეს $l = \frac{Vt}{60}$ კმ.

ძრავების გახურების მაქსიმალური დრო და აღმართის ზღვრული სიგრძეები თანამედროვე ლოკომოტივისათვის მოცემულია ცხრილში 4 (მრიცხველში სრული დატვირთვით მუშაობისას, მნიშვნელში საათური რეჟიმისათვის).

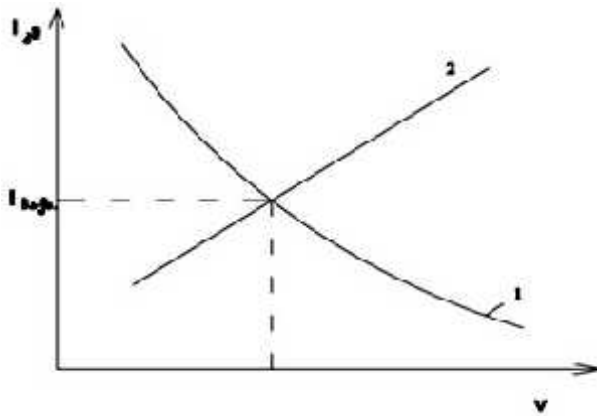
ცხრილი 4

აღმართის ზღვრული სიგრძეები ძრავების გახურების
მაქსიმალურ დროსთან დამოკიდებულებით

ლოკომოტივის ტიპი	t, წთ				l, კმ			
	$\tau_0^{\circ}C$				$\tau_0^{\circ}C$			
	მატარებლის მოძრაობის სიჩქარე, კმ/სთ							
	15	40	60	80	15	40	60	80
	აღმართის ზღვრული სიგრძეები, კმ							
10, 11 (-2 1)	$\frac{37}{59}$	$\frac{32}{52}$	$\frac{26}{45}$	$\frac{19}{10}$	$\frac{28}{47.0}$	$\frac{24.2}{41.6}$	$\frac{19.7}{35.8}$	$\frac{14.5}{27.8}$
60 (H -412K)	$\frac{33.4}{54}$	$\frac{28.6}{48}$	$\frac{24}{42}$	$\frac{18}{34}$	$\frac{24.4}{47.5}$	$\frac{21}{42}$	$\frac{17.9}{26.7}$	$\frac{13.2}{29.7}$
60 (H -412K)	$\frac{41.5}{73}$	$\frac{36.8}{67}$	$\frac{33.2}{61.5}$	$\frac{29}{55}$	$\frac{29.6}{64}$	$\frac{26.2}{48.5}$	$\frac{23.6}{54}$	$\frac{20.7}{48}$
80 (H -418K)	$\frac{33.5}{48}$	$\frac{30}{42.5}$	$\frac{25.5}{37}$	$\frac{19.4}{30}$	$\frac{24.7}{41.5}$	$\frac{22.2}{26.7}$	$\frac{18.7}{32}$	$\frac{14.3}{25.8}$
80 (H -414)	37.5	33	28.2	23	29.2	25.7	22	17.9

მიღებული შედეგების ანალიზმა დაგვანახა, რომ დაღმართის მაქსიმალური სიგრძე მოძრაობის უსაფრთხოების პირობით იზღუდება

ხუნდების გადახურებით და ჰაერის მაგისტრალში წნევის დაცემით. ამ ორი ფაქტორის ერთდროული გათვალისწინებით უნდა მოხდეს დაღმართის მაქსიმალური სიგრძის დადგენა. ხუნდების გახურების პირობით დაღმართის სიგრძის გაზრდა შესაძლებელია მოძრაობის სიჩქარის შემცირებით, მეორე მხრივ ამ დროს მცირდება დაღმართის სიგრძე მაგისტრალის დაშრეტის პირობით. აუცილებელია ამ ორი ურთიერთგამომრიცხავი ფაქტორების ერთდროული გათვალისწინება, რისთვისაც კოორდინატთა ერთ სისტემაში ვაგებთ დაღმართის სიგრძის, ხუნდების გადახურების და დაშრეტის პირობების ურთიერთდამოკიდებულების გრაფიკს (ნახ. 3).



ნახ. 3

ხუნდების გადახურების (1) და დაშრეტის (2) გრაფიკების ურთიერთგადაკვეთა გვაძლევს როგორც მოძრაობის სიჩქარისა, ასევე დაღმართის სიგრძის ოპტიმალურ სიდიდეებს.

ნაშრომში შესწავლილი, გაანალიზებული და დადგენილია მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე არსებული გრძელი ციცაბო დაღმართების სიგრძეები დამუხრუჭების პირობით. ასეთი რთული გადასარბენები ამ ხაზზე ხუთია: 1) წინწყარო-თეთრიწყარო, 2) თეთრიწყარო-ნადარბაზევი, 3) ნადარბაზევი-ბედენი, 4) წალკა-თრიალეთი, 5) თრიალეთი-თაფარავანი.

როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, ამ გადასარბენებიდან მოძრაობის უსაფრთხოების პირობა არ არის დამაკმაყოფილებელი თეთრიწყარო-ნადარბაზევისა და წინწყარო-თეთრიწყაროს გადასარბენებზე.

თეთრიწყარო-ნადარბაზვის გადასარბენი სიგრძით 14.7 კმ. არ აკმაყოფილებს როგორც ხუნდების გადახურების, ასევე მაგისტრალის დაშრეტის პირობებს. ამიტომ ჩატარებული გაანგარიშებით მიღებული შედეგების საფუძველზე ჩვენი რეკომენდაციით აუცილებელია დამატებითი ასაქცევის გახსნა ამ გადასარბენის შუაში. ეს რეკომენდაცია გათვალისწინებულია და განხორციელდა ასაქცევის მოწყობა, რითაც ამდღა არა მარტო უსაფრთხოების ხარისხი, არამედ გაიზარდა გამტარუნარიანობის სიდიდე 22 წყვილიდან 34 წყვილ მატარებლამდე დღე-ღამეში.

გადასარბენი წინწყარო-თეთრიწყარო დაღმართის ზღვრული მნიშვნელობა დამუხრუჭების პირობით შეადგენს 9.0 კმ-ს. რეალურად დაღმართის სიგრძე 9.3 კმ-ია. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია მოძრაობის სიჩქარის შემცირება ან პროფილის შემსუბუქება. ჩვენი რეკომენდაციით ამ გადასარბენზე მოეწყო ე.წ. „დასასვენებელი“ მოედანი, რომელიც უზრუნველყოფს გადასარბენზე მოძრაობის უსაფრთხოებას.

შედეგების და განსჯის მესამე თავში განხილულია სამთო რკინიგზებზე სატვირთო მატარებლების შემადგენლობის საანგარიშო წონის ნორმის დადგენის თავისებურებანი. სატვირთო მატარებლის შემადგენლობის საანგარიშო წონა რკინიგზის ხაზის ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრია. რადგან შემადგენლობის წონა და მოძრაობის სიჩქარეები განსაზღვრავენ რკინიგზის სიმძლავრესა და გადაზიდვების თვითღირებულებებს, ამიტომ შემადგენლობის ოპტიმალური წონის დადგენა ტექნიკური, ეკონომიკური და ექსპლუატაციური თვალსაზრისით მეტად არსებითი საკითხია. სამთო რკინიგზებზე საანგარიშო წონა გარდა ლოკომოტივის სიმძლავრისა და ქანობის სიდიდისა შესაძლებელია შეიზღუდოს რიგი სხვა ფაქტორებით, როგორებიცაა: მცირერადიუსიან მრუდებში შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება, ელმავლის წვეის ძრავების გადახურება, ვაგონებსშორის გადასაბმელი მოწყობილობების სიმტკიცე, რელსის თავის მდგომარეობა და სხვა.

ლოკომოტივის წვეის ძალა დამოკიდებულია მოძრავი შემადგენლობის თვალსა და რელსს შორის შეჭიდულობის კოეფიციენტზე. ჩვეულებრივ პირობებში მისი სიდიდე ტოლია 0.25.

როგორც საზღვარგარეთ ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენეს, ამ კოეფიციენტის რეალური სიდიდე შეიძლება დაეცეს 0.15-მდე. მართალია რელსის თავზე სილის მოყრა ზრდის შეჭიდულობის სიდიდეს მაგრამ არა უმეტეს 0.2-მდე. ამიტომ ჩვენ საანგარიშოდ ამ კოეფიციენტის სიდიდედ ვიღებთ 0.2-ს. მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზისთვის ჩვენს მიერ დადგენილი იქნა სატვირთო მატარებლის საანგარიშო წონის ნორმა (ამჟამად მიღებულია 1800 ტ). ზემოთმოყვანილი ფაქტორების გათვალისწინებით ვიძლევიტ რეკომენდაციას, შემოდებულ იქნას ე.წ. „სეზონური“ წონის ნორმები: ზაფხულის პერიოდში - 1700 ტ, ხოლო ზამთრის პერიოდში - 1300 ტ (ორმაგი წვეისათვის).

იმ შემთხვევაში, როცა გადაზიდვების ზომები მცირეა, ადვილი შესაძლებელია მიზანშეწონილი აღმოჩნდეს თბოწვეის გამოყენება. მთიან პირობებში თბოწვეის გამოყენებისას აუცილებელია გაავითვალისწინოთ ის გარემოება, რომ ზღვის დონიდან სიმაღლის მატებასთან ერთად მცირდება დიზელის ძრავის სიმძლავრე.

შედევებისა და განსჯის მეოთხე თავი შეეხება მთიან რეგიონებში გამავალი რკინიგზების თოვლით დანამქრისაგან დამცავ ღონისძიებათა გამოკვლევა-სრულყოფას. სამთო რკინიგზებზე თოვლთან ბრძოლა ერთობ პრობლემატურია. გამონაკლისი არც ჩვენი რკინიგზის სამთო მონაკვეთებია. როგორც იყო აღნიშნული, მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზი წელიწადში რამოდენიმე თვე არ მუშაობს თოვლით დანამქრის გამო.

ნაშრომში წარმოდგენილია და გაანალიზებულია მსოფლიო პრაქტიკაში არსებული ღონისძიებები, რომელიც მიმართულია ლიანდაგის თოვლისაგან დასაცავად, რკინიგზის ტრასისა და პროფილის დაპროექტება თოვლითდანამქრის თავიდან აცილების გათვალისწინებით, ლიანდაგის თოვლით დანამქრისაგან დამცავი ღონისძიებები ახალმშენებარე რკინიგზის უბანზე ახალქალაქი-კარწახი-თურქეთის რესპუბლიკის საზღვარი, თოვლდამჭერი ნაგებობის ახალი კონსტრუქციები.

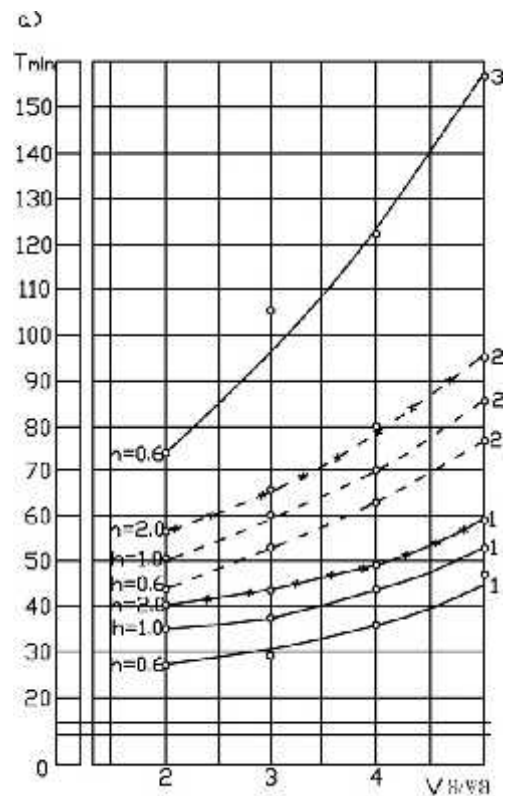
ჩვენი ქვეყნის რკინიგზის ხაზის რიგი უბანი განთავსებულია ინტენსიური ქარბუქის ზონებში, რომლებიც რიგ შემთხვევაში საფრთხეს უქმნიან მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობას.

იმ უბნებზე, სადაც მოსალოდნელია თოვლით დანამქრა, დაუნამქრავი რკინიგზების გეგმისა და პროფილის დაპროექტებას გააჩნია აქტუალური მნიშვნელობა, რადგან თოვლით დანამქრა ხშირად ხდება მატარებელთა შემაფერხებელი და სახიფათო მოძრაობის გამომწვევი მიზეზი, ხოლო ექსპლუატაციის პერიოდში თოვლთან ბრძოლის პროცესი საჭიროებს დიდ დანახარჯებს.

ადგილმდებარეობის რელიეფის ყოველგვარი ცვლილება იწვევს ქარის სიჩქარის ცვალებადობას მიწის ზედაპირზე. შემადლებული ადგილების გარსშემოვლისას ქარის სიჩქარე იზრდება, ხოლო ჩადაბლებული ადგილების გარსშემოვლისას მცირდება. პროფილის მკვეთრად შეცვლის ადგილებში წარმოიქმნება ქარის სიჩქარის მინელების ან აგრიგალების ზონები (აეროდინამიური ჩრდილების ზონა). ქარის ცალკეული ნაკადის ჭავლში, რომელიც ხვდება აეროდინამიური ჩრდილის ზონაში, მცირდება სიჩქარე, ხოლო ზოგ შემთხვევაში ადგილი აქვს მათ უკუმოძრაობას. ამიტომ ქარბუქისა და მიწისპირა ქარის დროს ხდება აეროდინამიური ჩრდილოვანი ზონების ინტენსიური დანამქრა.



ნახ. 4 რკინიგზის მიწის ვაკისის შესაძლო განლაგებები ქარპირა და ქარზურგა ფერდოებზე და შესაძლო დანამქრის გრაფიკები მათი სიმაღლისა და ქარის სიჩქარის სიდიდეთა მიხედვით



ნახაზზე 4 წარმოდგენილია რკინიგზის მიწის ვაკისის შესაძლო განლაგებები ქარპირა ფერდოსა (ა) და მყუდრო-ქარზურგა ფერდოზე (ბ) და სხვადასხვა სიმაღლის ყრილების დანამქრის დროის სიჩქარის სიდიდეებიან დამოკიდებულების გრაფიკები.

ზგავსაშიშ ფერდობებზე თოვლდამჭერი ნაგებობები უნდა იყოს თოვლის ფენაზე მაღალი, რათა ისინი არ დაიფარონ თოვლით, მათ ზემოთ არ წარმოიშვას გაფხვიერებული დასუსტებული ჰორიზონტი და არ მოხდეს ლიანდაგზე თოვლის ზგავის ჩამოწოლა.

თოვლდამჭერი ნაგებობის საანგარიშო სიმაღლე უნდა დაინიშნოს იმ პირობით, რომ თოვლის შრის სისქის გადაჭარბების ალბათობის ოპტიმალურმა სიმაღლემ უზრუნველყოს ლიანდაგის დაცვა შესაძლო ვარიანტების სამშენებლო და ექსპლუატაციური ხარჯების მინიმალური სიდიდით.

ახალმშენებარე რკინიგზის უბანზე ახალქალაქი-კარწახითურქეთის რესპუბლიკის საზღვარი მატარებელთა უსაფრთხო და შეუფერხებელი მოძრაობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ლიანდაგის თოვლით დანამქრისაგან დამცავ ღონისძიებათა განხორციელებაზე.

სარკინიგზო ლიანდაგის სიგრძე სადგურ ახალქალაქიდან თურქეთის რესპუბლიკის საზღვრამდე შეადგენს 22 კმ-ს, აქედან სხვადასხვა კატეგორიისა და ხარისხის მქონე მონაკვეთები სიგრძით სვლის მიმართულების მარჯვენა მხარეს ≈ 12 კმ, ხოლო მარცხენა მხარეს ≈ 6.6 კმ ექვემდებარება თოვლით დანამქრისაგან დაცვას.

ჩვენს მიერ თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევების საფუძველზე შემუშავებულია აღნიშნულ უბანზე ლიანდაგის თოვლით დანამქრის საწინააღმდეგო ღონისძიებანი, რომლებიც ითვალისწინებენ დამცავი ტყის ზოლის (ცოცხალი დაცვა), გადასატანი ფარებისა და გისოსის მუდმივი ღობეების მოწოდებას.

თოვლით დანამქრისათვის დამცავ ყველა ზემოთაღნიშნული სახეების მოქმედების პრინციპი ეფუძნება თოვლით გაჯერებული ქარის ნაკადის მიმართ წინაღობით გამოწვეული ნაკადის სიჩქარის შემცირებას, ამ ნაკადიდან თოვლის ამოგდებას, მის დალექვასა და ნაგებობების წინ თოვლის საფარის წარმოქმნას.

ლიანდაგის თოვლით დანამქერისაგან დამცავ საშუალებათა შერჩევისა და განლაგების დასადგენად თითოეული კონკრეტული უბნისათვის შედგა ქარის ვარდულა, რომელიც მიბმული იქნა რკინიგზის ხაზის მიმართულებასთან.

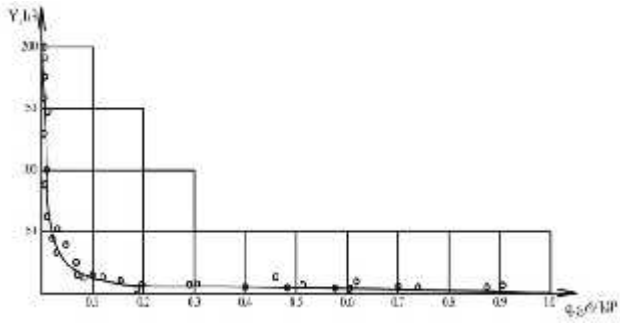
ქარის ვარდულის (ქარის სიჩქარე და მიმართულება) აგების შემდეგ დადგინდა ზამთრის ხანგრძლივობა, თოვლის საფარიანი ფართობების სიდიდეები, მიმდებარე ტერიტორიის მახასიათებლები, ქარბუქიანი დღეების რიცხვი, მოსული თოვლის ინტენსივობა, რომელთა საფუძველზე აიგო თოვლის გადატანის ვარდულები.

თოვლის ის მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც ქარის მიერ გადაიტანება ზამთრის პერიოდში შემოდგომის ხაზთან გაანგარიშდა ფორმულით

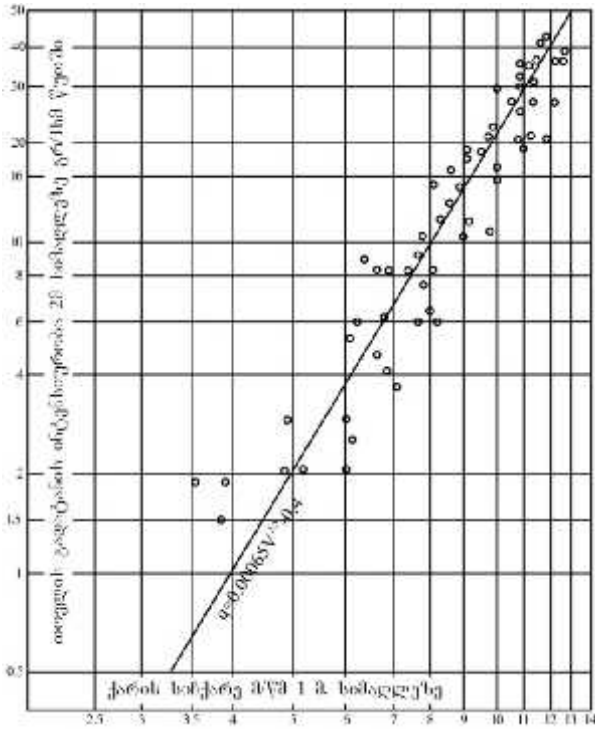
$$S = \left(\frac{i_1 t_1 \sin \alpha_1}{i} + \frac{i_2 t_2 \sin \alpha_2}{i} + \frac{i_n t_n \sin \alpha_n}{i} \right) = \frac{1}{10^4 P} \frac{i}{i} t \sin \alpha \frac{g^3}{\text{გრ.მ}}$$

სადაც: P არის ქარის მიერ გადატანილი თოვლის მოცულობითი წონა, გრ/სმ³; P=0.15 გრ/სმ³, შემკვრივების გათვალისწინებით P=0.3 გრ/სმ³; i – თოვლის გადატანის ინტენსივობა, მოცემული სიჩქარისათვის, გრ/წუთ.სმ; t – თოვლის გადატანის ხანგრძლივობა, მოცემული მიმართულებით, წთ; α – კუთხე თოვლის გადატანის მიმართულებასა და თოვლისაგან დამცავ ნაგებობას შორის; n – სხვადასხვა ინტენსივობით გადატანილი თოვლის შემთხვევათა რიცხვი.

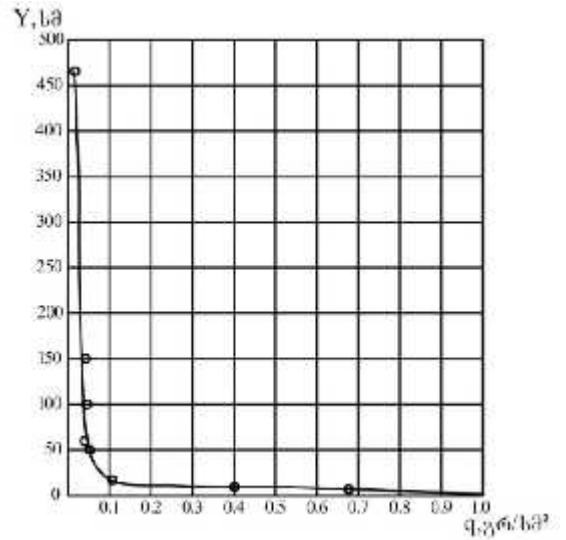
ექსპერიმენტების საშუალებით დადგინდა დამოკიდებულება ქვემო ქარბუქის შემთხვევაში ქარის სიჩქარესა და თოვლის გადატანის ინტენსივობას შორის და გადატანილი თოვლის ხარჯის გადანაწილება სიმაღლის მიხედვით, რომელიც წარმოდგენილია 5-ე და 6-ე ნახაზზე.



ნახ. 5 თოვლის ხარჯის გადანაწილება სიმაღლის მიხედვით ქვემო ქარბუქის შემთხვევაში



ნახ. 6 დამოკიდებულება ქარის სიჩქარისა და თოვლის გადატანის ინტენსიურობას შორის (ლოგარითმულ კოორდინატებში)



ნახ. 7 თოვლის ხარჯის გადანაწილება სიმაღლის მიხედვით ზემო ქარბუქის შემთხვევაში

გადანაწილება გადატანილი თოვლის ხარჯისა სიმაღლის მიხედვით ზემო(საერთო) ქარბუქის შემთხვევაში, როდესაც ქარის სიჩქარე შეადგენს 6 მ/წმ-ს, წარმოდგენილია მე-7 ნახაზზე.

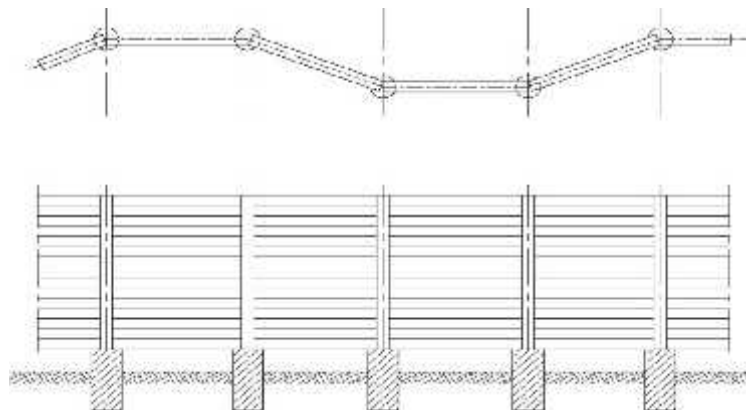
მარტივი ტიპის ღობეების მიერ თოვლის დაგროვების უნარის გაზრდის ერთ-ერთი მეთოდი არის ღობის ტანში, მის ქვედა ნაწილსა და მიწის ზედაპირს შორის სიცარიელის – ღრეჩოების დატოვება. ეს სიცარიელე (ღრეჩო) საშუალებას გვაძლევს გადაჭერილი თოვლის ზვინული გადავწიოთ დაცვის საზიდან და ამით გავზარდოთ საერთო თოვლშეკავების უნარი.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ლიანდაგის თოვლისაგან დაცვის ეფექტური საშუალებები, როგორც სარეაბილიტაციო (მარაბდა-ახალქალაქის), ასევე მშენებარე (ახალქალაქი-კარწახი) უბნებზე: 10 მეტრზე მეტი სიმაღლის ჭრილებში თაროების მოწყობა; 10 მეტრამდე სიმაღლის ჭრილებში ფერდების ჩამოჭრა 8-10 მეტრ სიგანეზე, რაც საშუალებას მოგვცემს მოჭრილი გრუნტი გამოვიყენოთ ყრილის ტანის

ასაგებად; როცა ფერდობის დახრა აღემატება $20\div 35^\circ$, მაშინ გათვალისწინებული უნდა იქნას თოვლდამცავი კედელი, რომელიც ღიანდაგიდან მინიმალურ საგაბარიტო მანძილზე მოეწყობა.

ქარბუქის თეორიული კვლევების ანალიზისა და თოვლდამჭერ ნაგებობათა ექსპლუატაციის მრავალწლიანი გამოცდილების შესწავლისა და ანალიზის შედეგად ჩვენს მიერ შემუშავებულია თოვლდამჭერ ნაგებობათა ახალი ეფექტური და ეკონომიური კონსტრუქციები, რომელთაც გააჩნიათ რიგი უპირატესობა დღემდე გამოყენებულ ნაგებობებთან შედარებით.

ნაგებობების ახალი კონსტრუქციების დამუშავებისას დასახული იყო ნაგებობის სიმტკიცისა და მდგრადობის გაუმჯობესება მინიმალური მატერიალური და შრომითი დანახარჯებით, მშენებლობის მექანიზაციისა და ინდუსტრიალიზაციის უზრუნველყოფა, გეგმასა და სივრცეში სხვადასხვა კონფიგურაციის ნაგებობათა მოსაწყობად ერთი და იგივე ტიპის ელემენტების გამოყენება.



ნახ. 29 თოვლდამჭერი ნაგებობების ხედები

ჩვენს მიერ შემუშავებული და რეკომენდირებულია სივრცეში გამჭოლი ფორმის, გეგმაში ტეხილი მოხაზულობის თოვლგადამჭერი ნაგებობები და მათი გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

ნაგებობები შედგება სამკუთხა, პრიზმატული (ტრაპეციოდალური) ან მათი კომბინაციის ფორმის მქონე სექციებისაგან, რომლებიც ეწყობა ერთიდაიგივე ტოპოელემენტის - ღიობის მქონე ფილების ან სწორკუთხა ძელებისაგან.

ნაგებობის ფორმა და მისი შემადგენელი ელემენტები საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ ნაგებობის მიერ გადაჭერილი

თოვლის მოცულობა და ნაგებობის სიმაღლის, მასზე მოსული დატვირთვის, ადგილმდებარეობის, მასალების ეკონომიისა და სხვა პირობების გათვალისწინებით ფერდის დახრის კუთხის ცვალებადობის ხარჯზე ვცვალოთ ნაგებობის კონფიგურაცია მისი მზიდუნარიანობის სიდიდის უზრუნველყოფის შესაბამისად.

რეკომენდირებულ ნაგებობათა ტექნიკურ-ეკონომიკურ უპირატესობებს განაპირობებენ:

- ტეხილი მოხაზულობის სივრცული ფორმა უზრუნველყოფს გადაჭერილი თოვლის მოცულობის გაზრდას და თოვლისა და თოვლგაჯერებული ქარის აქტიური დაწნევით გამოწვეულ დატვირთვაზე ნაგებობის გადაყირავეებისა და წაცურების მიმართ მდგრადობის გაუმჯობესებას;
- გეგმაში ტეხილი მოხაზულობის შედეგად ნაგებობაზე კუმშვასა და გაჭიმვაზე უპირატესი მუშაობის შედეგად შესაძლებელი ხდება მაღალი სიმტკიცისა და მცირე სისქის ელემენტთა გამოყენება, რითაც მიიღწევა მნიშვნელოვანი სიდიდის ეკონომიური ეფექტი;
- სივრცული ფორმის კონსტრუქცია კარგად აღიქვამს განივ ძალებს, რის გამოც მნიშვნელოვნად იოლდება ნაგებობის საყრდენთა მოწყობა;
- თოვლი, რომელიც კონტაქტშია გარსაცმებთან, აუმჯობესებს ნაგებობის სიხისტეს და ზრდის მათ მდგრადობას;
- მინიმალური ტიპო ელემენტების საჭიროება სხვადასხვა კონფიგურაციის ნაგებობის მოსაწყობად, რაც მნიშვნელოვნად აიოლებს სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა შესრულებას;
- ნაგებობას გააჩნია არქიტექტურულად კარგად გამოხატული ფორმა.

ნაშრომში ჩამოყალიბებულია შემდეგი ძირითადი დასკვნები

1. სამთო რკინიგზებზე მოძრაობის უსაფრთხოებაზე გავლენას ახდენს რიგი ფაქტორები, რომლებიც განპირობებულია ციკაბო ქანობიან მონაკვეთზე მატარებლის მოძრაობის თავისებურებებით და ადგილმდებარეობის ბუნებრივი მოვლენებით;

2. ციცაბო ქანობიან მონაკვეთზე მატარებლების მოძრაობის თავისებურებებს მიეკუთვნება: გრძელ დაღმართებზე სამუხრუჭე ხუნდების გადახურება და ცვეთა, საჰაერო მაგისტრალში წნევის ნორმაზე დაბლა დაცემა, გაჭიანურებულ აღმართებზე ელმავლის წევის ძრავების გადახურება. ბუნებრივ მოვლენებს მიეკუთვნება: თოვლის ნამქერები და ზვავები, კლდოვანი ჩამოქცევები, შვავები, კურუმები, მეწყერები, ღვარცოფები და სხვა;
3. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, მოძრაობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით ციცაბო დაღმართის ზღვრული სიგრძე იზღუდება ხუნდების გადახურებისა და მაგისტრალში ჰაერის დაშრეტის პირობით;
4. ხუნდების გადახურების ტემპერატურა დამოკიდებულია ხუნდის მასალაზე, მოძრაობის სიჩქარესა და დაღმართის ქანობის სიდიდეზე. მაგისტრალის დაშრეტის მაქსიმალური დრო უწყვეტი დამუხრუჭებისას ქანობისაგან დამოკიდებულებით არ უნდა აღემატებოდეს 30÷35 წთ. ამ პირობების ერთდროული გათვალისწინება გვაძლევს დაღმართის ზღვრულ სიგრძესა და მოძრაობის სიჩქარის ოპტიმალურ სიდიდეებს, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება მატარებლის უსაფრთხო მოძრაობა;
5. სამთო რკინიგზებზე სატვირთო მატარებლების საანგარიშო წონის დადგენისას, გარდა ლოკომოტივის სიმძლავრისა და ქანობების სიდიდისა, უნდა გავითვალისწინოთ შემდეგი ფაქტორები: მცირერადიუსიანი მრუდები, რელსის თავის მდგომარეობა, ვაგონებს შორის გადასაბმელ მოწყობილობათა სიმტკიცე, წევის ძრავების გადახურება. ამ ფაქტორების გათვალისწინებით დადგენილ იქნა მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე სატვირთო მატარებლის წონის საანგარიშო ნორმები: ზაფხულის პერიოდში - 1700 ტ, ხოლო ზამთრის სეზონზე - 1300 ტ (ორმაგი წევისათვის).
თბოწევის შემთხვევაში უნდა გავითვალისწინოთ დიზელის ძრავის სიმძლავრის შემცირება ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურის ცვალებადობასთან დაკავშირებით;
6. მატარებლების უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველყოფის მიზნით ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა მარაბდა-ახალქალაქის მონაკვეთზე

ყველაზე რთული ხუთი გადასარბენი. დაგადგინეთ, რომ აქედან ორ გადასარბენზე – თეთრიწყარო-ნადარბაზევი და წინწყარო-თეთრიწყარო არ არის დამაკმაყოფილებელი დამუხრუჭების პირობები. ჩვენი რეკომენდაციით თეთრიწყარო-ნადარბაზევის გადასარბენზე გაიხსნა დამატებითი ასაქცევი, ხოლო წინწყარო-თეთრიწყაროს გადასარბენზე მოეწყო ე.წ. „დასასვენებელი“ მოედანი;

7. ბუნებრივი მოვლენებიდან ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორს, რომელიც გავლენას ახდენს მატარებლების შეუფერხებელ და უსაფრთხო მოძრაობაზე, წარმოადგენს ლიანდაგის თოვლით დანამქრა;
8. შედგენილია რკინიგზის ტრასისა და პროფილის დაპროექტების პირობები ახალმშენებარე რკინიგზის ხაზის თოვლით დანამქრის თავიდან ასაცილებლად;
9. შემუშავებულია ლიანდაგის თოვლით დანამქრისაგან დამცავი ღონისძიებები ახალმშენებარე რკინიგზის უბანზე ახალქალაქი-კარწახი-თურქეთის რესპუბლიკის საზღვარი;
10. შემუშავებულია თოვლდამჭერი ნაგებობების ახალი კონსტრუქციები და მათი გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

*დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია
შემდეგ პუბლიკაციებში*

1. ბ. დიდებაშვილი, ა. კაკაბაძე, ტ. კოტრიკაძე – ახალი თანამედროვე სატვირთო სადგურის სალიანდაგო განვითარების გაანგარიშება. “მეცნიერება და ტექნოლოგიები” საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი. ISSN 0130-7061. №7-9/ 2011. გვ. 86-90.
2. ა. კაკაბაძე, გ. კვანტალიანი, ბ. დიდებაშვილი, თ. კუპატაძე, ტ. კოტრიკაძე – გამყოფი პუნქტების განლაგება მთიანი რელიეფის პირობებში. “მეცნიერება და ტექნოლოგიები” საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი. ISSN 0130-7061. №4-6/ 2012. გვ. 78-83.
3. გ. კვანტალიანი, ა. კაკაბაძე, რ. შალამბერიძე, ბ. დიდებაშვილი, ტ. კოტრიკაძე–რკინიგზის ლიანდაგის თოვლისაგან დაცვის ღონისძიებანი. ”მშენებლობა” სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი. ISSN 1512-3936. №3(26)/2012. Gv. 36-40.
4. ა. კაკაბაძე–სატვირთო მატარებლის წონის ნორმის დადგენა მარაბდა-ახალქალაქის რკინიგზის ხაზზე. ”მშენებლობა” სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი. ISSN 1512-3936. №2(29)/2013. Gv.103-107.
5. A. Sharvashidze, A. Kakabadze, B. Didebashvili – Providing of train traffic safety on having mountaneous conditions railway by running order of rolling stock brake system. „Problems of mechanics“. International scientific journal. ISSN 1512-0740. 2(51)/2013. page 73-76.
6. ა. კაკაბაძე, ბ. დიდებაშვილი, ტ. კოტრიკაძე - თანამედროვე მძლავრი რკინიგზის ტექნიკური სადგურის დაპროექტება საქართველოს პირობებში. “მეცნიერება და ტექნოლოგიები” საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი. ISSN 0130-7061. №9-12/ 2013. გვ. 82-86.
7. Б. Дидебашвили, Г. Гурамишвили, А. Какабадзе, Т. Купатадзе, Т. Котрикадзе. – Развитие железнодорожных опорных промежуточных станций в условиях Грузии. «Транспорт», научно-технический журнал. ISSN 1512-0910 №3-4 (5152), 2013 г. стр. 10-12.

Abstract

In the work are considered the measures to ensure the safety trains traffic on the mountainous railways. On the mountainous railways, in contrast to the having easy relief railways the traffic safety problem is rather problematic. This is stipulated due the number of trains traffic features that are characteristic for mountainous railways. In addition the train safety factor is increased also by natural conditions such as harsh climate, complex geological and hydrogeological characteristics.

As it is well known, the mountainous railways has a complicated plan and profile. The longitudinal slope of profile in many cases exceeds 30 ‰. The value of the circular radius is less than 300 m and more.

On the long steeps at freight trains movement is expected the overheating of brake shoes. The manufactured from composite materials brake shoes greatly increases the brake force of train, accordingly is possible to increase in the speed of train. But at the same time due the small thermal conductivity of the material occurs thermal overload of wheels. In the case of cast-iron brake shoes due to high temperature and is expected softening of shoes and accordingly is decreased the braking force that ultimately increases the safety risk.

The shoes heating temperature depends on the shoe's material, the slope of the descent and the train speed. Theoretically the determination of shoe's heating temperature is rather complex. In solution of this issue great contribution was made by the great Russian scientist and practicing professor V. Inozemtsev. Based on the interpretation of the proposed by him formula are defined maximum lengths depending on on the slope's descent and speed.

On the long slopes at train continuous braking is expected to drop pressure in brake conduit, in brake reservoir and brake cylinders below normal that increases the risk of accidents. The modern rolling stock are equipped by such air distributors that theoretically are inexhaustible. But because of the air outflow from the brake system is expected air pressure fall so-called exhaustion. The theoretical definition of air pressure variation in the brake conduit is impossible. Therefore, for determination of continuous braking time consider the data of carrying out experiments and actual conditions. Grounding on the consideration and analysis of these data we define that at continuous braking on steeps when $i < 30$ ‰ the time makes up to 35 minutes - while when $i \geq 30$ ‰ - 30 min.

On the long slopes is expected also the enhanced depreciation of brake shoes. Especially in the case of cast-iron brake shoes. In the work is defined maximum lengths of a steep descents depending on shoes thickness and slope value.

On the long rises at movement of design weight freight trains locomotive consumes the maximum power. Therefore, on the long rises is expected traction motor's overheating. Are defined the maximum lengths of rises in conditions of motor's overheating.

In order to not disturb the trains traffic, it is necessary to make right choice of the train design weight. In contrast to the easy relief in the mountainous conditions on the determination of train's weight are influenced many factors. Among them we can list the state of rail head, a small radiuses, strength of hookup between carriages and others. As it is well known, the locomotive traction force is mainly dependent on the value of traction coefficient between rail and locomotive wheel. Usually value of this coefficient in the case of the locomotive 's makes nearabout 0.25.

As it is clear from studies, in our country, as well as in foreign countries the value of this considered is much less. Its value may be reduced in the case of

pollutants or frozen rail up to 0.15-0.2. The traction coefficient is decreased also in the case of curves with small radiuses ($R = 500$ m).

By us are determined the values of design weight on Marabda-Akhalkalaki line.

I have proposed a so-called “seasonal” norms of design weights that during the summer makes up to 1700 tons, while in winter up to 1300 tons.

Due consideration of above mentioned train traffic conditions we draw-up the traffic safety measures. As it is clear from investigations on a steep spans the length limiting conditions represents the brake shoes overheating and exhaustion in air brake conduit. Due simultaneously taking into account of these two conditions would be accepted optimal length of the design railway span.

By us was examined the Marabda - Akhalkalaki railway line all most tense and complex spans. For all spans is drawn-up of traffic safety measures. In particular, Tetrtskaro - Nadarbazevi (15 km) span did not meet either shoes heating or brake conduit exhaustion conditions. On this span due our recommendation on this point has opened an additional bypass “Chivchavi” point that have significantly improve train line security levels and increased capacity of line. On the span Tsintskaro- Tetrtskaro is arranged so-called “Resting” field that gives the possibility to train to improve braking conditions. In all stations that are in adjacent to the long slopes, shall be arranged the protective dead-end sidings, while in the station “Thrialeti” - catcher dead-end siding.

The continuous and safe movement, as it is mentioned above, in the complex mountainous conditions, is depending also on the environmental conditions. On the mountainous railways in most cases it is expected to snowdrift of track. In the world practice there are cases when due snowslide was occurred the derailment of trains. The separate sites on Marabda - Akhalkalaki line often is snowdrifted. Is it such a span that is snowdrifted during 6 months perpendicular year and traffic is stopped. I have developed recommendations that provide protection of track from snowdrift.

The consideration of formulated by us recommendations on the existing railway as well as at design of the new railway line will provide safe movement of trains.