საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

დავით ფანცულაია

მთიან პირობებში რკინიგზების კომპლექსური პროექტირებისა და მშენებლობის პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები

სპეციალობა: საგზაო ინფრასტუქტურა და მიწის ქვეშა ნაგებობები

ინჟინერიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის

მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი 2014 წ.

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, ფაკულტეტშორისო საგზაო დეპარტამენტში.

ხელმძღვანელი: ენვერ მოისწრაფიშვილი
პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა
კანდიდატი,

ოპონენტები: თამაზ ჭურაძე
პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა
დოქტორი
თამაზ შილაკაძე
ტენიკის მეცნიერებათა
დოქტორი

დაცვა შედგება 2014 წლის "-------" " ----------" საათზე, საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე I კორპუსი, აუდიტორია 709ბ.

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 71,

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში.

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერძე

სადისერტაციო საბჭოს
სწავლული მდივანი,
პროფესორი დ. ტაბატაძე

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

სადისერტაციო ნაშრომის აქტუალობა: სატრანსპორტო სისტემის პოტენციალის სრულად გამოყენება ქვეყნის ძირითად ამოცანას და პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს. საქართველოს ხელისუფლება და სს ,,საქართველოს რკინიგზა" აქტიურად არის ჩართული საერთაშორისო სატრანსპორტო საკომუნიკაციო პროექტებში, რადგანაც ქვეყნის ტერიტორიაზე საერთაშორისო სატრანსპორტო დერეფნის ფუნქციონირება ქვეყნის ეკონომიკური და პოლიტიკურის სტაბილურობის გარანტიას წარმოადგენს. საქართველოში, აზია-ევროპის დამაკავშირებელ Traseca-ს საერთაშორისო სატრანსპორტო დერეფანის განვითარებასთან ერთად, აქტიურად მიმდინარეობს ბაქო-თბილისი-ყარსის საერთაშორისო რკინიგზის მშენებლობა, რომელიც Traseca-ს დერეფნის სამხრეთის მიმართულებას წარმოადგენს. იმასთან დაკავშირებით, რომ ზოგადად საქართველოს რკინიგზის უდიდესი ნაწილი და მათ შორის, ბაქო-თბილისი-ყარსის საერთაშორისო, მარაბდა - ახალქალაქის - კარწახის (თურქეთის საზღვარი) რკინიგზის მონაკვეთი, გადის რთულ სამთო და გეოლოგიურ პირობებში რკინიგზების კომპლექსური დაპროექტებისას და მშენებლობისას გარდაუვალი ხდება, ისეთ არაორდინალური, სპეციფიკური ღონისძებების დაგეგმვა და გატარება, რომლებიც ჩვეულებრივ კვაზისტატიკურ მიდგომის ჩარჩებში ვერ თავსდება. წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომი ამ პრობლემების გადაწყვეტის საკითხებისადმია მიძღვნილი, ამიტომ ნაშრომის აქტუალობა ეჭვს არ იწვევს.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია:

- საქართველოს რკინიგზების მშენებლობის გამოცდილების გაანალიზება და სათანადო დასკვნების გამოტანა;
- სამთო პირობებში არსებული რკინიგზების გაძლიერებისა და რეაბილიტაციის ღონისძიების შეისწავლა და გაანალიზება;

- რთულ პირობებში სამთო რკინიგზების კომპლექსური დაპროექტებისა და მშენებლობის თანამედროვე მეთოდების შემუშავება; კვლევების შედეგად მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენების სფეროების დადგენა, კვლევის შედეგების დასაბუთება და პრაქტიკაში დანერგვის შესაძლებლობის გამოვლენა;
- მიწის ვაკისის რაციონალური განივი პროფილების დაპროექტება ლიანდაგის დანამქვრისაგან დაცვის ღონისძიებების უზრუნველსაყოფად;
- გადასარბენის სიგრძის უპირაპირო ლიანდაგის სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე მათემატიკური მოდულის გაანგარიშება, რელსების ჩამაგრების ოპტიმალურ ტემპერატურული რეჟიმის დადგენა საქართველოს რკინიგზის ყველა რეგიონისათვის და მათი ჩამგრების ტექნოლოგიის შემუშავება;
- მიღებული შედეგების დასაბუთება და მათი ბაქო–თბილისი–ყარსის რკინიგზის პროექტში და მშენებლობაში დანერგვა და გამოყენება;
- თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგების შესწავლისა და ანალიზის საფუძველზე დასკვნებისა და რეკომენდაციების შემუშავება.

მეცნიერული სიახლეები მდგომარეობს:

- რკინიგზების კომპლექსური დაპროექტებისა და მშენებლობის სპეციფიკური საკითხების დამუშავება მთიან პირობებში;
- გაჭიანურებულ ქანობებზე რკ/ბეტონის შპალების გამოყენების ტექნოლოგიის შემუშავება;
- გაჭიანურებულ ქანობებზე, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით გადასარბენის სიგრძის უპირაპირო ლიანდაგის ალუმინო თერმიტული შედუღების მეთოდით, მოწყობისა და ექსპლუატაციის ტექნილოგიის შემუშავება;

ნაშრომის აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომის შუალედური შედეგები მოხსენებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის - სტუდენტთა № 81 ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე თბილისი 2013 წ. ,,მთიან პირობებში რკინიგზების კომპლექსური პროექტირებისას უპირაპირო ლიანდაგის მოწყობის პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები,,), აგრეთვე საგზაო დეპარტამენტის კოლოკიუმებზე, გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო სტატია.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი შედგება. 137 გვერდისაგან: შესავლისაგან, ორი თავისაგან, 25 სურათისაგან, 13 ცხრილისაგან და გამოყენებული 125 ლიტერატურის ნუსხისაგან.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

შესავალში აღწერილი ზოგადად სატრასპორო ქსელების განვითარების საფუძველები სარკინიგზო ტრასპორტის დონის შეფასების ძირითად ფაქტორები.

პირველ თავში აღწერილია ამიერკავკასიაში რკინიგზების ჩასახვისა და განვითარების ისტორია, ბაქო-თბილისი-ყარსის რკინიზის დაპროექტებისა და მშენებლობის მოკლე ისტორია. ჩამოყალიბებულია სამუშაოს ამოცანა, დასაბუთებულია მეცნიერული სიახლეები.

განხილულია სსდ პირდაპირი ფუნქციები, მიმოხილული სატრანსპორო საერთაშორისო დერეფნების ჩამოყალიბების ისტორია და ღონისძიებები, პან ევროპული დერეფნების მარშრუტები, მათი მნიშვნელობა საქართველოს სატრასპორტოს სიტემის გნვითარებაში, გაანილზებული ОСЖД წევრი ქვეყნების გატარებული ღონისძიებები საერთაშორის დერეფნებში მგზავთა გადაყვანის და ტვირთბრუნვის გაზრდის ასამაღლებლად. დაწვრილებით არის აღწერილი საქართველოს როლის გაზრდის ალტერნატივა თურქეთის, რუმინეთის და ბულგარეთის საზღვაო პორტებთან სარკინიგზო საბორნე

გადასასვლელის გახსნის შემთხვევთში. მათი მომსახურე ტერმინალების ინფრასტრუქტურის მოწყობის ძირითადი პირობები.

მეორე თავში, შედეგები და მათი განსჯა,

წარმოდგენილია მთიან პირობებში რკინიგზების კომპლექსური დაპროექტებისა და მშენებლობისადმი წაყენებული სპეციფიკური მოთხოვნები გართულებულ ტოპოგრაფიულ, გეოლოგიურ, ჰიდროგეოლოგიურ და კლიმატურ პირობებში მიწის ვაკისის და მისი განივი პროფილების დაპროექტებისადმი, მშენებლობისადმი წაყენებული განსაკუთრებული სპეციფიკური მიდგომები. აღწერილია ის აუცილებელი ნიუანსები, რომლის გაუთავლისწინებლობა მიგვიყვანს არასასურველ შედეგამდე.

განხილულია ყველა ის უმნიშვნელოვანესი პრობლემა, რომლებიც გათვალისწინებული უნდა იქნას მთიან პირობებში ახალი რკინიგზების და არსებული რკინიგზების რკონსტრუცქციის დაპროექტებისას და მშენებლობისას. პირველ რიგში მატარებლების უსაფრთხოდ მოძრაობის და ლიანდაგის ზედა ნაშენის გაძლიერების მხრივ. სასაზღვრო შეპირაპირების სადგურის დაპროექტებისა და გადაზიდვების მართვის კომპლექსის პროექტირების საკითხები.

მთიან პირობებში რკინიგზების დაპროექტებისა და მშენებლობის პრობლემები მათი გადაწყვეტის გზები

საქართველოს სპეციფიკური ტოპოგრაფიული, საინჟინრო-გეოლოგიური, კლიმატური, ჰიდროლოგიური და გეოპოლიტიკური სიტუაციებიდან გამომდინარე, საქართველოს რკინიგზების უბნების უდიდესი უმრავლესობა მთიან ან მთისწინა რეგიონებშია განლაგებული და მათ ურთულეს პირობებში უხდებათ მუშაობა. აღნიშნული პირობები სამთო რკინიგზების დაპროექტებისას და მშენებლობისას განაპირობებს ტრასის რთული გეგმისა და პროფილის გამოყენებას, ხელოვნური და საინჟინრო ნაგებობების სიმრავლეს, სირთულეს და მრავალფეროვნებას,

გამყოფი პუნქტების განლაგებას შეზღუდულ პირობებში, მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის გართულებას. ლიანდაგის ელემენტებში ნარჩენი დეფორმაციების დაგროვების მაღალი ინტენსივობის გამო, სალიანდაგო სამუშაოების მოცულობებისა, მატერიალური და შრომითი რესურსების მკვეთრ ზრდას.

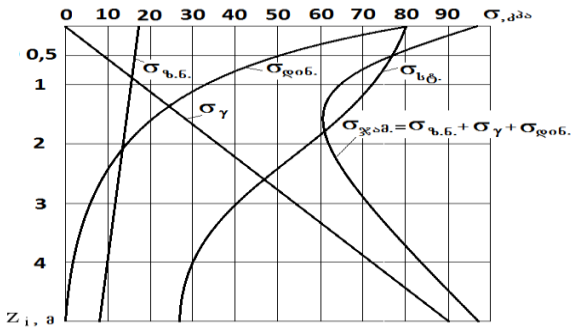
აღნიშნული პრობლემები ზედმიწევნით ზრდის სამთო პირობებში რკინიგზების დაპროექტებასა და მშენებლობის დანახარჯებს, ამიტომ მიღებული გადაწყვეტილებების მაქსიმალურად ოპტიმალური გადაწყვეტის შერჩევა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. ამ მხრივ სანიმუშო მაგალითია თურქეთ-საქართველოს რკინიგზის დაპროექტებისა და მშენებლობის კომპლექსური პრობლემები.

მიწის ვაკისის ტანში ძაბვების გავრცელების მუშა ზონების საზღვრები დადგენა

ცნობილია, რომ დინამიკური $\sigma_{\text{დინ}}$ ძაბვები მნიშვნელობები მაქსიმალურია მიწის ვაკისის ძირითად მოედანზე. ყრილის ტანის სიღრმეში მათი გავლა თანდათანობით მცირდება და Z=1.0 მ. სიღმეში დინამიკური $\sigma_{\text{დინ}}$ და მუდმივმოქმედი სტატიკური $\sigma_{\text{სტ.}}$ ძაბვების მნიშვნელობები დაახლოებით თანაბრდება. სიღრმეში Z=3.0 მ. დინამიკური σდინ ძაბვების მნიშვნელობების მაქსიმალური სიდიდის მხოლოდ 7%-ს შეადგენს, ხოლო Z=4.0 მ. – 2 %-ს.

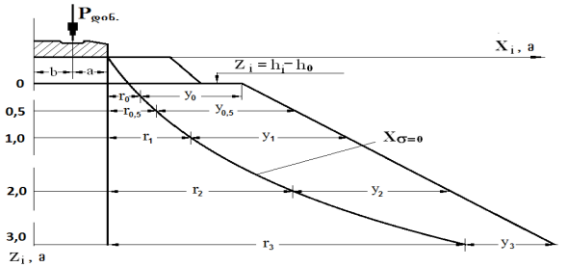
$\sigma_{\text{დინ}}$ და $\sigma_{\text{ზ.ნ.}}$ $\sigma\gamma$ მნიშვნელობების ცვალებადობის სიღრმესთან დამოკიდებულებით ნაჩვენებია სურათი 1.

შედარებისათვის განსაზღვრული იქნა ყრილის ტანში საანგარიშო ნძაბვების მნიშვნელობები, სწორკუთხა სტატიკური დატვირთვის ზემოქმედებაზე, დრეკადობის თეორიის ხაზობრივი ფორმულების საშუალებით, ერთგვაროვანი იზოტროპული ნახევარსივრცისათვის.



სურ. 1. ძაბვების ცვალებადობის გრაფიკი ყრილის სიღრმესთან დამოკიდებულებით

გაამგარიშების შედეგები ცხადყოფს, რომ მიწის ვაკისის ძირითად მოედანზეგადაცემული თანაბარი σ_0 საანგ. = 80 კპა დატვირთვისას, არსებული მეთოდიკით გაანგარიშებული $\sigma_{\text{სტ.}}$ ძაბვების მნიშვნელობები(სურ. 2) დიდად აღემატება რეალურ სიდიდეებს, ამიტომ იგფი ზუსტად ვერ ასახავს ყრილის მუშაობის პირობებს.



სურ. 2. ყრილის ფერდოში დინამიკური ძაბვების გავლენის საზღვრები.

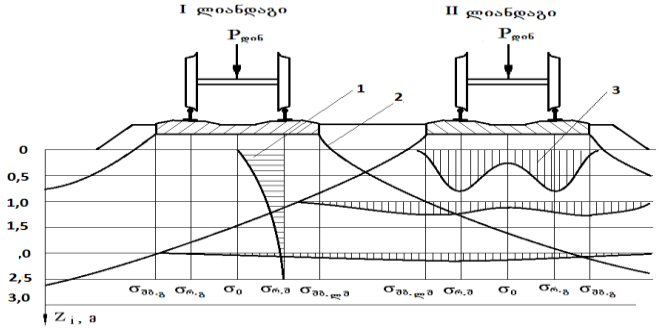
დაწოლა შპალის ფუძიდან ბალასტის პრიზმაზე დ მიწის ვაკისის ძირითად მოედანზე გადაეცემა ჰიპერბოლურ $X_{\sigma=0}$ ზედაპირზე, განივი მიმართულებით. ჰიპერბოლური განტოლება $X_{\sigma=0}$, რომლის დროსაც ფუნქცია $B_i(X_j)$ და განისაზღვრება (1) ფორმულის საშუალებით.

$$X_{\sigma=0} = L/2\ \sqrt{1+h_i^2}\quad 1/m^2 \qquad (1)$$

შპალის ბოლოებს გარეთ, ბალასტის პრიზმა, მიწის ვაკისის გვერდული და მიწის ვაკისის ფერდოს ნაწილი y_i მანძილზე არ განიცდის მატარებლებიდან გადაცემულ დინამიკურ ძალური

დატვირთვის ზემოქმედებას (სურ 2). ორლიანდაგიან რკინიგზებზე, შემხვედრი მატარებლების ერთდროული ზემოქმედების შემთხვევაში, საანგარიშო კვეთში ძაბვების განაწილების ხასიათი წაროდგენილია სურათი 3, რომელზედაც ნათლად ჩანს, რომ მეორე ლიანდაგზე მოძრავი მატარებელი ვერ ახდენს ძალურ ზემოქმედებას პირველი ლიანდაგის ბალასტის პრიზმაზე და მიწის ვაკისის ზედა ნაწილზე, ხოლო ყრილის ქვედა ნაწილში $Z_i \geq 1,7$ მ, დამატებითი დინამიკური ძაბვების მნიშვნელობები უმნიშვნელოა და იცვლება 1-2 კპა ფარგლებში.

აქედან გამომდინარე შემხვედრი მატარებლების ზეგავლენის გათვალისწინების აუცილებლობა შეიძლება გამოირიცხოს.



სურ. 3. დინამიკური ძაბვები ორლიანდაგიან ყრილებში შემხვედრი მატარებლის ერთდროული ზემოქმედების შემთხვევაში

თურქეთიდან მიღებული პროექტის კორექტირების საკითხები

2007 წლის 10 სექტემბერს თურქული ფირმის «YD Yuksel Domanic Engineering Limited» წარმოდგენილმი პროექტი არ ითვალისწინებდა ადგილობრივ პირობებს, ამიტომ მისი ზედმიწევნით გაანალიზების შედეგად წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომის ავტორის აქტიური მონაწილეობით, გამოითქვა შენიშვნები, რომლის გათვალისწინების შედეგად პროექტმა განიცადა კორექტირება.

ამ საკითხის გადასაწყვეტად კომპლექსურ მიდგომაში მდგომარეობს იმაში, რომ პროექტის მიერ გატარებული ღონისძიებები უზრუნველყოფდეს თოვლის ნამქერის შეჩერებას არა მარტო ლიანდაგის

პირას, თოვლდამცავი ნაგებობების და ნარგავების მოწყობით არამედ უშუალოდ რკინიგზის ხაზზეც (ჭრილების გაფართოება, ხაზის მეტი წილის ყრილზე დაპროექტება, გალერეების მოწყობა და ა.შ) . აღნიშნულიდან გამომდინარე:

მთიან პიროებებში სასაზღვრო სატვირთო სადგურის კომპლექსური პროექტირების თავისებურებანი

სადგური ახალქალაქი სატვირთო წარმოადგენს 1435 მმ. და 1520 მმ. ლიანდის სტანდარტების და რკინიგზის სხვა ინფრასტრუქტურის შეპირაპირების სადგურს განლაგებულს, მთიან პირობებში.

სხვა სადგურებისგან განსხვავებით სასაზღვრო შეპირაპირების სადგურების კომპლექსური პროექტი ერთდროულად უნდა უზრუნველყოფდეს საქართველოს და ევროპის რკინიგზების სტანდარტების: ვაგონებისა და მატარებლების დაჩქარებულ დამუშავებას; დაპროექტებული ლიანდაგების შენობების და ნაგებობების სრულფასოვნად გამოყენებას; სხვადასხვა ქვეყნების რკინიგზების შენობა ნაგებობების მიახლოების და მოძრავი შემადგენლობის გაბარიტების მოთხოვნებს; მოძრაობის სიზუსტეს, მარშრუტების მინიმალურად გადაკვეთით, განსაკუთრებით ორგანიზებულ მატარებლებზე და მოძრავი შემადგენლობის შესაძლო მინიმალურ გარბენებს; სანიტარული ნორმების დაცვა; სადგური შენობება ნაგებობების და მოწყობილობების მკაცრ კლიმატურ და რთულ ტექნიკურ პირობებში ექსპლუატაციის პირობების მოთხოვნების დაკმაყოფილებას; საისრე გადამყვანების და ლიანდაგების თოვლისაგან მექანიზირებულ გაწმენდას; სადგურის მშენებლობისას და ექსპლუატაციის პერიოდში სამატარებლო და სამანევრო მუშაობისას მოძრაობის უსაფრთხოებას შრომისა და გარემოს დაცვის პირობებს.

სხვა სადგურებისგან განსხვავებით ახალქალაქი სატვირთო სადგურის კომპლექსურმა პროექტმა უნდა გაითავლისწინოს:

მეცნიერების და ტქნიკის თანამედროვე გამოგონებები და უახლესი ტექნოლოგიების დანერგვა, რადგანაც სადგურის ექსპლუატაციაში გაშვების და მომდევნო პერიოდში მოწყობილობების ტექნიკური დონე იმ დროისათვის იყოს თანამედროვე და ქონდეს მაღალი ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები, ხოლო შრომის პირობებით პასუხობდეს იმ დროისათვის დაწესებულ თანამედროვე პირობებს, რითაც მიღწეული იქნება შრომის მაღალი ეფექტურობას; სადგურის ტექნიკური აღჭურვილობის თავდაპირველ და თანმიმდევრობით ექსპლუატაციაში ეტაპობრივ რაციონალურ გაშვება- განვითარებას; სამშენებლო მასალების მაქსიმალურად ეკონომიურად (უპირატესად ადგილობრივი წარმოების) გამოყენებას, სასოფლო სამეურნეო და სახნავ სათესი მიწების სადგურის მიერ რაც შეიძლება ნაკლებად დაკავებას.

პროექტის ყველა რიგზე განსაზღვრული უნდა იქნა რკინიგზების ორივე სატანდარტის გამშვები კომპლექსები, რომელებიც უნდა შეიცავდეს იმ საწარმოო შენობა ნაგებობებს და მოწყობილობებს, რომელებიც აუცილებელია ობიექტის ექსპლუატაციაში ასაყვანად.

მთიან პირობებში ერთლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზზე მოძრაობის ორგანიზაციის თავისებურებანი

მთიან პირობებში გაჭიანურებულ ქანობების არსებობა აწესებს დამატებით შეზღუდვებს ხაზის გამტარუნარიანობისათვის მატარებლების უსაფრთხოდ მოძრაობის უზრუნველსაყოფად.

ხაზის გამტარუნარიანობის შეზღვუდაზე ასევე გავლენას ახდენს სიმაღლეთა ვარდნის შესაბამისად კლიმატური ზონების

ცვალებადობაც, რის გამოც გართულებულია თვლის რელსთან ჩაჭიდების კოეფიციენტის ზუსტი მნიშვნელობების განსაზღვრას.

რეკუპერაციულ დამუხრუჭების უბნებზე მაშინ, როდესაც აღმართებზე, წევის რეჟიმში მოძრაობისას მატარებლებში წარმოიქმნება თანაბრად განაწილებული გრძივი გამჭიმავი ძალები, რეკუპერაციული დამუხუჭების დაღმართებზე, რეკუპერაციული დამუხრუჭების რეჟიმში მოძრაობისას მატარებლებში ვითარდება გრძივი მკუმშავი ძალები, რომელთა მაქსიმალური სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 500 -600 კნ-ს. წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლებელია ლიანდაგიდან გადავიდეს მსუბუქად დატვირთული ან ცარილი ვაგონი ან ვაგონების ჯგუფი.

რეკუპერაციული დამუხრუჭების უბნებზე ვაგონების ამოგდება შესაძლებელია გამოიწვიოს ასევე უფრო მცირე სიდიდეების ძალებმა თუ ლიანდაგის გეგმა და პროფილი არ შეესაბამება ნორმატიულ მოთხოვნებს.

რთულ მთიან პირობებში დაღმართებზე მოძრაობისას ერთ ერთ უმნიშვნელოვანე პრობლემას წარმოადგენს მართვა დაკარგული მატარებლების უსაფრთხოების უზრუნველყოფა.

მთიან პირობებში მაღალ ქანობიან დაღმართებზე მართვა დაკარგული მატარებლის გაჩერება პრაქტიკულად არა რეალურია. ასეთ შემთხვევაში პროექტის მიერ კომპლექსურად უნდა გაანალიზდეს მართვა დაკარგული მატარებლებისათვის უსაფრთხოდ ან რაც შეიძლება ნაკლებ დაზიანების ღონისძიებები. შესაბამისად უშუალოდ საპროექტო ღონისძიებების დაწყებამდე უნდა განისაზღვროს მოქმედების პრინციპები.

აღნიშნული პრინციპების გათვალისწინებით პროექტით უნდა განსაზღვროს მართვა დაკარგული მატარებლის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ვარინტები.

მთიან პირობებში ლიანდაგის ზედა ნაშენის ტიპის შერჩევის და მისი პროექტირების თავისებურებანი

მთიან პირობებში რკინიგზის გეგმისა და პროფილის მინიმალური დარღვევების გამო გამოწვეული გვერდითი ძალები რეკუპერაციული დამუხრუჭების შედეგად ჩვეულებრივ უბნებთან შედარებით იწვევს ლიანდაგის ზედა ნაშენის მომატებულ ცვეთას და შესაბამისად მის მწყობრიდან ნაადრევად გამოსვლას.

ლიანდაგის ზედა ნაშენის ერთ ერთი ძვირადღირებული ელემენტის - რელსის სამსახურის ვადის გახანგძლიობაში დიდი როლი ენიჭება: ლიანდაგის საექსპლუატაციო პირობებს; მატარებლების მოძრაობის რეჟიმებს და შპალების სახეობას.

აქედან გამომდინარე რეკუპერაციულ უბნებზე ლიანდაგის ზედა ნაშენსა და მის თითოეულ ელემენტს, მექანიკური დამუხრუჭების უბნების ლიანდაგებთან შედარებით წაეყენება უფრო მკაცრი მოთხოვნები. განსაკუთრებით ერთლიანდაგიან შერეული მოძრაობის უბნებზე.

ლიანდაგის ზედა ნაშენზე მოქმედი აგრესიული ფაქტორების გათვალისწინებით სამთო რკინიგზებზე ლიანდაგის ზედა ნაშენის დასაპროექტებლად ხის შპალების დაპროექტების შემთხვევაში გათვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი პირობები:

რელსების მომატებული დაზიანებები - მათი ხშირი ცვლა; რელსების წაძვრის მომატებული საშიშროება, რის შესამცირებლად წარეკვწინაღების დამაგრების ნორმები უნდა გაიზარდის 30 % ანუ წარეკვწინაღები უნდა დამაგრდეს სტანდარტული რელსის მთელ სიგრძეზე. ქვედებზე; მიმდინარე მოვლა შენახვის სამუშაობის მომატებული ხარჯები; მკაცრი ზამთარის პირობებში (თოვლი, ძლიერი ყინვა, ქარბუქი) რელსა და ქვედს შორის თოვლის; საქართველოში მცირე ტყიანობის პირობებში მიზანშეწონილი არ არის ხის შპალების დამზადება, მითუმეტეს, რომ ქართული ხის ჯიშებისაგან

დამზადებული შპალების სამსახურის ვადა პრაქტიკულად საუღელტეხილო უბნებზე შეადგენს 3-5 წელიწადს. საზღვარგარეთიდან შემოტანილი ხის მაგარი ჯიშის შპალების ფასი უპოლდება საქართველოში დამზადებული რკ/ბეტონის შპალების ფას.

აღნიშნულიდან გამომდინარე სამთო რკინიგზების უბნებზე რკ/ბეტონის შპალების გამოყენაბას ალტერნატივა არ აქვს.

საქართველოს რკინიგზის მთავარ ხაზებზე შუალედური სარელსო სამაგრების ძირითად ტიპად 2000 წლიდან მიღებულია «პანდროლ ლიმიტედის»(ბრიტანეთი)სპეციალისტების მიერ დამუშავებული «Pandrol fastklip»-ის ზამბარული სამაგრისები, რომლებიც შექმნილი იქნა სალიანდაგო სამუშაოების ეფექტურობის გაზრდის, ვადების შემცირების, სიჩქარეების მომატების (250 კმ/სთ) და უპირაპირო ლინდაგის შეუზღუდავი სიგრძით მოწყობის მიზნით. «Pandrol fastklip»-ის სისტემის სარელსო სამაგრების ათვისება დაიწყეს 1992 წელს და იგი სხვა სამაგრებიდან ბევრი დადებითი ფაქტორებით გამოირჩევა.

მარაბდა - ახალქალაქის მონაკვეთზე უპირაპირო ლიანდაგები პროექტის შესაბამისად ეწყობა სწორში და მრუდში R>350 მ; ლიანდის სიგანე 1520 მმ; რელსის ტიპი P-65, ქანობი მთელს მონაკვეთზე გაჭიანურებულია, სახემძღვანელო ქანობი შეადგენს 35‰-ს. უპირაპირო რელსების შედუღება, როგორც სტაციონალურ ასევე საველე პირობებში მიმდინარეობს ელექტოკონტაქტური შედუღების მეთოდით.

ახალქალაქი - კარწახის მონაკვეთზე ლიანდაგები პროექტის შესაბამისად ეწყობა სწორში და მრუდში R>600 მ; ლიანდის სიგანე 1435მმ; რელსის ტიპი UIC 60, მარკა 900A, სახელმძღვანელო ქანობი 18‰. უპირაპირო რელსების შედუღება, მიმდინარეობს საველე პირობებში ალუმინოთერმიტული შედუღების მეთოდით.

რელსის სიმძლავრე განისაზღვრება ორი თვალსაზრისით: სიმტკიცის თვალსაზრისით; სამსახურის ხანგძლიობის თვალსაზრისით.

მთავარი ნაკლოვანება P-65 ტიპის რელსებისა UIC 60 ტიპის რელსებთან შედარებით არის გაზრდილი წონა, რელსის განივ კვეთში ლითონის არათანაბარი განაწილება და შედარებით მეტი სიხისტე, განსაკუთრებით ჰორიზონტალურ სიბრტყეში.

UIC 60 ტიპის რელსების ერთ-ერთი უპირატესობა P-65 ტიპის რელსებზე გამოიხატება რელსის თავის სიმაღლით, რაც საექპლუატაციო უპირატესობის გარდა აისახება იმაში, რომ რელსის თავი ყელზე მიერთების ადგილზე უფრო დიდი დახრის და რელსის თავის სიმაღლის გამო შემცირებულია დაძაბულობა. უფრო თხელი ყელი - 16.5მმ(P-65 – 18 მმ) ამცირებს მის მდგრადობას და სიხისტეს თუმცა ეს თვისება კომპერნსირდება ყელის ნაკლები სიმაღლით.

ზემოდ აღნიშნულიდან გამომდინარე UIC 60 ტიპის და (მიუხედავად ნაკლები წონისა (60.34 კგ/მ), ღერძზე მოსული დატვირთვისას 205 კნ, მოძრაობის სიჩქარე 60 კმ/სთ) P-65 ტიპის რელსებს (64.72 კგ/მ) აქვთ თანაბარი მონაცემები შესაბამისად UIC 60 ტიპის რელსები დაპროექტებულია უფრო წარმატებით - წონა ნაკლებად მოქმედებს დაძაბულობაზე რელსის განივ კვეთში რაციონალურად განაწილებული წონის გამო.

გადასარბენის სიგრძის უპირაპირო გადაბმების მოწყობა თერმიტული შედუღების მეთოდით

მსოფლიოს მთელ რიგ ქვეყნებში უპირაპირო ლიანდაგის კონსტრუქცია წარმოადგენს რკინიგზების ზედანაშენის ძირითად კონსტრუქციას და მისი განვითარება ამ ეტაპზე მიმდინარეობს გეგმისა და პროფილის რთულ პირობებში.

მიუხედავად იმისა, რომ გვირაბებში და განსაკუთრებით დიდ სიგრძის გვირაბებში (300 მ-ზე დიდი) ერთგვაროვანი გარემოა,

ლიანდაგის ზედანაშენისათვის და გვირაბის მოპირკეთებისათვის პირობები არც თუ სახარბიელოა.

რელსის ტემპერატურა გვირაბებში პრაქტიკულად ემთხვევა ჰაერის ტემპერატურას. 300 მეტრზე გრძელ გვირაბებში (წიფის გვირაბი) ზაფხულში, ჰაერის ტემპერატურა გვირაბში და მის მისასავლელებზე განსხვავდება 12-17°C. ამ დროს რელსის ტემპერატურა გვირაბის შუაში 22-27°C-თ ნაკლებია ჰაერის გათრეთ ტემპერატურაზე. ზამთარში გრძელ გვირაბებში რელსის ტემპერატურა 5-7°C-ით მეტია გვირაბის გარეთ ჰაერის ტემპერატურაზე.

მცირე სიგრძის 300 მეტრზე ნაკლები გვირაბებში (მცხეთის გვირაბი) რელსის ტემპერატურა წლის განმავლობაში თითქმის არ განსხვავდება ჰაერის ტემპერატურაზე. აქედან გამომდინარე წლის განმავლობაში გრძელ გვირაბებში რელსის საანგარიშო ტემპერატურა არ სცილდება 20-25°C. ანუ არის მუდმივი, ხოლო მოკლე გვირაბებში კი ფაქტიურად იგივე რაც გვირაბს გარეთ.

ლიანდაგის დამაგრების ოპტიმალური ტემპერატურა წარმოადგენს მთავრ ინფორმაციას უპირაპირო ლიანდაგის ჩაგების და მოვლა-შენახვის განხორციელებისათვის ანუ თუ ამ ტემპარეტურაზე ჩვენ შევასუსტებთ(შევუშვებთ) სამაგრებს რელსებმა არ უნდა გადაადგილდნენ.

რელსების ჩამაგრება ოპტიმალური ჩამაგრების ტემპერატურაზე მიიღწევა იძულებით, ჰიდრავლიკური ხელსაწყოების გამოყენებით რელსების სიგრძეების შეცვლის ხარჯზე.

სამუშაოს დაწყების წინ უნდა დაანგარიშდეს რელსების დაგრძელება ფორმულით 1

$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta t + \Delta L_{\text{მარაგი}} \qquad (1)$$

სადაც :

α = 0,0000118 – არის სარელსო ლითონის ტემპერეტურული გაფართოების კოეფიციენტი; L – წნულის სიგრძე მმ.; Δt – სხვაობა ჩამაგრების ოპტიმალური ტემპერატურასა და ჩამაგრების ტემპერატურას შორის; ΔL-მარაგი -მოწყობილობის მოხსნის შემდეგ რელსის ბოლოს დამოკლების მარაგი.

მაგალითად: თუ სხვაობა ჩამაგრების ოპტიმალური ტემპერატურასა და ჩამაგრების ტემპერატურას შორის არის 20°C. უპირაპირო რელსე სიგრძე არის 200 მეტრი. მაშინ დაგრძელება იქნება 123 მმ

$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta t + \Delta L_{\text{მარაგი}} = 0{,}0000118 \times 200000 \times 20 + 5 = 77 \text{ მმ.}$$

საანგარიშო დაგრძელებისათვის საჭირო ძალა იანგარიშება ფორმულა 2

$$N = \alpha \times E \times F \times \Delta t, \qquad (2)$$

სადაც:

E = 2,1× 1000000 კგ/სმ² არის სარელსო ლითონის დრეკადობის მოდული;

F = 82, 6 სმ² - რელსის განივი კვეთის ფართობი.წნულების ბოლოების დამაგრების უზრუნველსაყოფად გამოიანგარიშება ანკერული უბნების სიგრძეები. ფორმულა 3.

$$L=N/r=(EF\Delta t)/r+1 \qquad (3)$$

სადაც: r = 9 Кн/м – არის რელსის გრძივი წინააღმდეგობა.

ანუ საანკერო უბნის სიგრძე იქნება:

$$L=N/r=(EF\Delta t)/r+1=2{,}1\times100000\times0{,}0000118\times82{,}6\times20/9+1=46 \text{ მ}$$

შედუღების სამუშაოების დამთავრების შემდეგ მთლიან რელსზე დაძაბულობის მოსახსნელად კლემები რელსის შიდა საანკერო უბნებზე აიშვება და დაიწყება მთლიანი წნულის ჩამაგრება

მოწყობილობის მოხსნის შემდეგ რელსის ბოლოების დამოკლების მარაგი იანგარიშება ფორმულა 4

ΔLმარაგი = α^2 E F Δt^2 / 2r = $0{,}0000118^2 \times 2{,}1 \times 1000000 \times 82{,}6 \times 20^2 / 2 \times 9 = 5$ მმ (4)

აღნიშნული სამუშაოების ჩატარების შემდეგ რელსები დამაგრებული არის ოპტიმალურ ტემპერატურაში. წნულების დამაგრება მიმდინარეობს უძრავი ნაწილიდან მოძრავ ნაწილისკენ ყოველ მეხუთე შპალზე.

ლიანდაგის ზედა ნაშენის გაანგარიშება მდგრადობაზე

უპირაპირო ლიანდაგის მუშაობის პირობების დადაგენა დამოკიდებულია გარემოს ტემპერატურის ცვალებადობის წლიურ ამპლიტუდაზე $T_{\text{გარ}}$ და რელსების ტემპერატურის ცვალებადობის დასაშვებმნიშვნელობაზე[T].

გარემოს ტემპერატური წლიური ამპლიტუდა $T_{\text{გარ}}$ გამოითვლება ფორმულით:

$$T_{\text{გარ}} = t_{\max\max} - t_{\min\min} \qquad (1)$$

სადაც $t_{\max\max}$ – გარემოს ტემპერატურის წლიური მაქსიმუმია ზაფხულის პერიოდში;

$t_{\min\min}$ – გარემოს ტემპერატურის წლიური მაქსიმუმი ზამთრის პერიოდში.

უპირაპირო ლიანდაგის გაანგარიშების მთავრ თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ რელსის ფუძის სიმტკიცე უნდა შემოწმდეს გამჭიმავ $\sigma_{t\text{ზ}}$ ძაბვებზე ზამთრის პირობებისათვის, ხოლო რელსის თავის სიმტკიცე მკუმშავ $\sigma_{t\text{ქ}}$ ზაბვებზე ზაფხულის პირობებისათვის, როგორც სწორში ასევე მრუდე უბნებისათვის.

გამჭიმავი ძაბვების საანგარიშო სიდიდე რელსის ფუძეში ლიანდაგის სწორ და მრუდე უბნებში ტოლია:

$$\sigma_{t\text{ზ}}^{\text{სწ}} = \left[\sigma_{\text{რ.ფ.}}\right] - K\sigma_{\text{რ.ფ.}}^{\text{სწ}} = \left[\sigma_{\text{რ.ფ.}}\right] - 1{,}3\sigma_{\text{რ.ფ.}}^{\text{სწ}} \qquad (2)$$

$$\sigma_{t_{\text{ბ}}}^{\text{მრ}} = \left[\sigma_{\text{რ.ფ.}}\right] - K\sigma_{\text{რ.ფ.}}^{\text{მრ}} = \left[\sigma_{\text{რ.ფ.}}\right] - 1{,}3\sigma_{\text{რ.ფ.}}^{\text{მრ}} \qquad (3)$$

მკუმშავი ძაბვების საანგარიშო სიდიდე რელსის თავში ლიანდაგის სწორ და მრუდე უნდებში ტოლია:

$$\sigma_{t_{\text{ბ}}}^{\text{სწ}} = \left[\sigma_{\text{რ.თ.}}\right] - K\sigma_{\text{რ.თ.}}^{\text{სწ}} = \left[\sigma_{\text{რ.თ.}}\right] - 1{,}3\sigma_{\text{რ.თ.}}^{\text{სწ}} \qquad (4)$$

$$\sigma_{t_{\text{ბ}}}^{\text{მრ}} = \left[\sigma_{\text{რ.თ.}}\right] - K\sigma_{\text{რ.თ.}}^{\text{მრ}} = \left[\sigma_{\text{რ.თ.}}\right] - 1{,}3\sigma_{\text{რ.თ.}}^{\text{მრ}} \qquad (5)$$

უნდა განისაზღვროს რელსებში ტემპერატურის ცვალებადობის მაქსიმალური დასაშვები სიდიდე C^0 , როგორც ტემპერატურის მატების, ისე მისი კლების დროს ლიანდაგის სწორ და მრუდე უბნებში:

ტემპერატურის მატების პირობებში, ლიანდაგის სწორ და მრუდე უბნებში:

$$\Delta t_{\text{ოკ}}^{\text{სწ}} = \frac{\sigma_{t_{\text{ბ}}}^{\text{სწ}}}{25} \qquad (6)$$

$$\Delta t_{\text{ოკ}}^{\text{მრ}} = \frac{\sigma_{t_{\text{ბ}}}^{\text{მრ}}}{25} \qquad (7)$$

ტემპერატურის კლების პირობებში, ლიანდაგის სწორ და მრუდე უბნებში:

$$\Delta t_{\text{ფბ.}}^{\text{სწ}} = \frac{\sigma_{t_{\text{ბ}}}^{\text{სწ}}}{25} \qquad (8)$$

$$\Delta t_{\text{ფბ.}}^{\text{მრ}} = \frac{\sigma_{t_{\text{ბ}}}^{\text{მრ}}}{25} \qquad (9)$$

უნდა გამოვითვალოთ ტემპერატურული ცვალებადობით გამოწვეული გრძივი კრიტიკული ძალის მნიშვნელობა. კრიტიკული ძალა ეწოდება ტემპერატურული გრძივი ძალის ისეთ ძრვრულ მნიშვნელობას, რომლის სიდიდის გადაჭარბება გამოიწვევს ლიანდაგის გაგდებას ან სარელსო ძაფის გაწყვეტას. გრძივი ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს ლიანდაგის მდგრადობის დარღვევა ტოლია:

$$P_0 = \frac{A}{i_0^{\alpha}} K_1 K_2 K_3 K_4 \qquad (10)$$

სადაც i_0 – ლიანდაგის საწყისი უსწორობის ქანობია, სწორი უბნებისთვის i_0 = 2‰; მრუდე უბნებისთვის i_0 = 2,5 - 3‰;

A და α – რელსების ტიპისა და ლიანდაგის გეგმის გამათვალისწინებელი პარამეტრი (ცხრილი 9).

K_1 – ლიანდაგის საწყისი უსწორობის ფორმის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი, K_1=1 – ლიანდაგის ერთტალღიანი იზოლირებული უსწორობის შემთხვევაში; K_1=1,1 –ლიანდაგის უსწორობათა სერიიდან გამოყოფილი ერთტალღიანი ცალკეული უსწორობის შემთხვევაში;

K_2 – ბალასტის მდგომარეობის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი, დამოკიდებული ბალასტის დატკეპნის C_c კოეფიციენტზე:

$C_{c=0}$	–	K_2 = 0,28;	$C_{c=450}$	–	K_2 = 1,00;
$C_{c=225}$	–	K_2 = 0,71;	$C_{c=600}$	–	K_2 =1.17.

K_3 – შპალების ეპიურის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი:

1600 ც/კმ	–	K_3 =0,91;	1920 ც/კმ	–	K_3 = 1,12;
1840 ც/კმ	–	K_3 =1,00;	2000 ც/კმ	–	K_3 = 1,17.

K_4 – საპირაპირო ჭანჭიკების მოჭერის ძალისა და შპალების მასალის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი:

$$K_4 = \beta_1\left[\frac{m_c}{20000}\left(\frac{1}{\beta_1}-1\right)+1\right] \qquad (11)$$

სადაც m_c – შუალედური სამაგრების მოჭერის ძალისა და შპალების მასალის გათვალისწინების კოეფიციენტი. m_c = 13200÷26100 კგ/სმ (კლემების 11÷33 კგმ მომენტის სიდიდით მოჭერის შემთხვევში);

β_1 – საანგარიშო პარამეტრი დამოკიდებული უსწორობის ქნობის სიდიდეზე.

i_0 = 2‰	–	β_1 = 0,795;
i_0 = 3‰	–	β_1 = 0,820;
i_0 = 4‰	–	β_1 = 0,840.

ტემპერატურული ცვალებადობის გრძივი მაქსიმალური ძალის მნიშვნელობის მიხედვით და მარაგის კოეფიციენტის გათვალისწინებით უნდა განისაზღვროს კრიტიკული ძალის სიდიდე, რომელიც უზრუნველყოფს ლიანდაგის მდგრადობის პირობას.

$$P_{\text{კრ}} = \frac{P_0}{1{,}5} \qquad (12)$$

სადაც 1,5 _ მარაგის კოეფიციენტია;

P_0 და $P_{\text{კრ}}$ ძალების მნიშვნელობების გამოითვლება, როგორც სწორი ისე მრუდე უბნებისათვის.

ამის შემდეგ შეგვიძლია განვსაზღროთ ძაბვების მნიშვნელობები აღძრული რელსებში კრიტიკული ძალის მიერ, ლიანდაგის სწორ და მრუდე უბნებში:

$$\sigma^{\text{სწ}} = \frac{P_{\text{კრ}}}{2F} \qquad (13)$$

$$\sigma^{\text{მრ}} = \frac{P_{\text{კრ}}}{2F} \qquad (14)$$

სადაც F - რელსის განივი კვეთის ფართობია

რელსებში აღძრული ზაბვების შემდეგ შეგვიძლია გამოვთვალოთ რელსებში ტემპერატურის ცვალებადობის დასაშვები სიდიდე.

$$\Delta t_y^{\text{სწ}} = \frac{\sigma^{\text{სწ}}}{25} \qquad (15)$$

$$\Delta t_y^{\text{მრ}} = \frac{\sigma^{\text{მრ}}}{25} \qquad (16)$$

საჭიროა განისაზღვროს რელსების ტემპერატურის ცვალებადობის დასაშვები სიდიდე და მატი ლიანდაგში ჩაგების ტემპერატურასთან შედარებით, როგორც ტემპერატურის მატების $\Delta t_{\text{კ}}$ ისე კლების მხარეს $\Delta t_{\text{გ}}$

ტემპერატურის კლების შემთხვევაში

$$\Delta t_{\text{გ}}^{\text{სწ}} = \Delta t_{\text{ფბ.}}^{\text{სწ}} \qquad (17)$$

$$\Delta t_{\text{გ}}^{\text{მრ}} = \Delta t_{\text{ფბ.}}^{\text{მრ}} \qquad (18)$$

ტემპერატურის მატების შემთხვევაში:

$$\Delta t_{ვ}^{სწ} = \Delta t_{თ.ჯ}^{სწ} + 6^0 \quad \text{Tu} \quad \Delta t_{თ.ჯ}^{სწ} + 6^0 \le t_y^{სწ} \qquad (19)$$

$$\Delta t_{ვ}^{მრ} = \Delta t_{თ.ჯ}^{მრ} + 6^0 \quad \text{Tu} \quad \Delta t_{თ.ჯ}^{მრ} + 6^0 \le t_y^{მრ} \qquad (20)$$

და

$$\Delta t_{ვ}^{სწ} = \Delta t_y^{სწ} \quad \text{Tu} \quad \Delta t_{თ.ვ}^{სწ} + 6^0 > t_y^{სწ} \qquad (21)$$

$$\Delta t_{ვ}^{მრ} = \Delta t_y^{მრ} \quad \text{Tu} \quad \Delta t_{თ.ვ}^{მრ} + 6^0 > t_y^{მრ} \qquad (22)$$

სადაც Δt_y – რელსებსი ტემპერატურის ცვალებადობის დასაშვები სიდიდეა;

6° – რელსებში ტემპერატურის ცვალებადობის დასაშვები სიდიდის გადაჭარბების მნიშვნელობა.

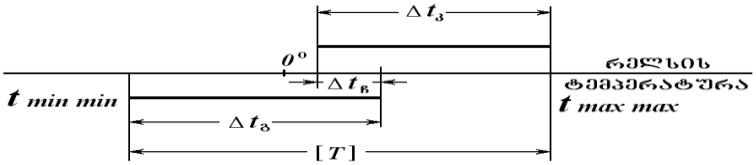
განვასაზღროთ რელსებში ტემპერატურის ცვალებადობის დასაშვები ამპლიტუდა $[T]$ლიანდაგის სწორ და მრუდე უბნებისათვის, ტემპერატურულად დაძაბული ლიანდაგის შემთხვევაში:

$$[T]^{სწ} = \Delta t_{ვ}^{სწ} + \Delta t_{ბ}^{სწ} - [\Delta t_{ბ}] \qquad (23)$$

$$[T]^{მრ} = \Delta t_{ვ}^{მრ} + \Delta t_{ბ}^{მრ} - [\Delta t_{ბ}] \qquad (24)$$

სადაც $[\Delta t_{ბ}]$ –ტემპერატურის ინტერვალი, რომელიც საწიროა რელსების ლიანდაგში ჩამაგრების სამუშაოების ჩასატარებლად $[\Delta t_{ბ}]$= 10^0C.

თუ აღმოჩნდა, რომ $T_{გარ} \le [T]$, მაშინ უპირაპირო ლიანდაგი იმუშავებს ტემპერატურულად დაზაბულად, სეზონური ტემპერატურული განმუხვტის გარეშე (სურ. 4)



სურ. 4. ტემპტერატურულად დაძაბული უპირაპირო ლიანდაგის მუშაობის ტემპერატურული დიაგრამა

მაშინ შეგვიძლია დავადგინოთ ლინდაგში რელსების ცამაგრების ტემპერატურული ინტერვალის ზედა და ქვედა საზღვრები.

სწორი უბნებისათვი:

ზედა ზღვარი: $\max t_{ბ}^{სწ} = \Delta t_{ბ}^{სწ} + t_{\min\min}$ (25)

ქვედა ზღვარი: $\min t_{ბ}^{სწ} = t_{\max\max} - \Delta t_{ბ}^{სწ}$ (26)

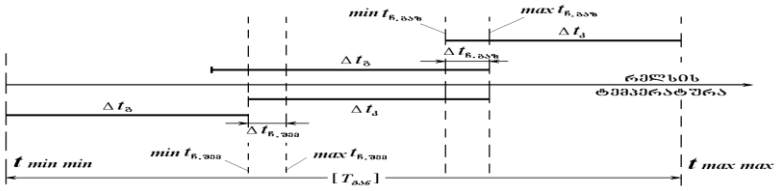
მრუდე უბნებისათვის:

ზედა ზღვარი; $\max t_{ბ}^{მრ} = \Delta t_{ბ}^{მრ} + t_{\min\min}$ (27)

ქვედა ზღვარი: $\min t_{ბ}^{მრ} = t_{\max\max} - \Delta t_{ბ}^{მრ}$ (28)

თუ აღმოჩნდა, რომ $T_{ბარ} > \lfloor T_{ბან} \rfloor$, მაშინ საჭიროა ლიანდაგში სეზონური ტემპერატურული განმუხვტების ჩატარება.

ტემპერატურის ცვალებადობის დასაშვები ამპლიტუდა რელსებში $\lfloor T_{ბან} \rfloor$ ლიანდაგის სწორ და მრუდე უბნებზე, სეზონური განმუხვტვების საჭიროების შემთხვევაში ტოლი იქნება (სურ. 5)



სურ. 5. უპირაპირომ ლიანდაგის მუშაობის ტემპერატურული დიაგრამა, ტემპერატურული ძაბვების სეზონურად განმუხვტა

$$\left[T_{ბან}\right]^{სწ} = \Delta t_{ბ}^{სწ} + 2\Delta t_{ბ}^{სწ} - \sum \Delta t_{ბ} - 12^{0} \quad (29)$$

$$\left[T_{ბან}\right]^{მრ} = \Delta t_{ბ}^{მრ} + 2\Delta t_{ბ}^{მრ} - \sum \Delta t_{ბ} - 12^{0} \quad (30)$$

სადაც $\sum \Delta t_{ბ} -$ გაზაფხულზე და შემადგომაზე ლიანდაგში რელსების ჩამაგრების სამუშაოების შესრულებისათვის საჭირო ტემპერატურული ინტერვალის ჯამი.

$\sum t_{ბ} = \Delta t_{ბ.გაზ} + \Delta t_{ბ.შემ}$. $\Delta t_{ბ.გაზ}$.=15^{0}C, $\Delta t_{ბ.შემ}$.=10^{0}C მაშინ $\sum \Delta t_{ბ}$ =25 ^{0}C.

$12^{0}C -$ ტემპერატურული ინტერვალის მარაგი, რელსებსი ნარჩენი ძაბვების დარტყმითი მეტოდებით განმუხვტის

შემთხვევაში თუ სარელსო გადაბმების ლიანდაგში ჩაყენება სრულდება გორგოლაჭების საშუალებით, მაშინ $12^{0}C$-ანი მარაგი არ გაითვალისწინება.

სარელსო გადაბმებში საშემოდგომო ტემპერატურული

განუხტის ამპლიტუდი ზედა და ქვედა ზღვარი გამოითვლება ფორმულით:

ზედა ზღვარი:

$$\max t_{\text{ნ.შემ}}^{\text{სწ}} = t_{\min\min} + \Delta t_{\text{ბ}}^{\text{სწ}} - 4^0 \qquad (31)$$

$$\max t_{\text{ნ.შემ}}^{\text{მრ}} = t_{\min\min} + \Delta t_{\text{ბ}}^{\text{მრ}} - 4^0 \qquad (32$$

ქვედა ზღვარი:

$$\min t_{\text{ნ.შემ}}^{\text{სწ}} = \max t_{\text{ნ.შემ}}^{\text{სწ}} - \Delta t_{\text{ნ.შემ}} \qquad (33)$$

$$\min t_{\text{ნ.შემ}}^{\text{მრ}} = \max t_{\text{ნ.შემ}}^{\text{მრ}} - \Delta t_{\text{ნ.შემ}} \qquad (34)$$

შესაბამისად სარელსო გადაბმების საგაზაფხულო ტემპერატურული განმუხვტის ამპლიტუდის ზედა და ქვედა ზღვარი ტოლი იქნება:

ზედა ზღვარი:

$$\max t_{\text{ჩ.ვაზ}}^{\text{სწ}} = t_{\min\min} + \Delta t_{\text{ბ}}^{\text{სწ}} + \Delta t_{\text{ბ}}^{\text{სწ}} - \Delta t_{\text{ჩ.ვაზ.}} - 8^0 \qquad (35)$$

$$\max t_{\text{ჩ.ვაზ}}^{\text{მრ}} = t_{\min\min} + \Delta t_{\text{ბ}}^{\text{მრ}} + \Delta t_{\text{ბ}}^{\text{მრ}} - \Delta t_{\text{ჩ.ვაზ.}} - 8^0 \qquad (36)$$

ქვედა ზღვარი:

$$\max t_{\text{ჩ.ვაზ}}^{\text{სწ}} = t_{\max\max} + \Delta t_{\text{ბ}}^{\text{სწ}} + 4^0 \qquad (37)$$

$$\max t_{\text{ჩ.ვაზ}}^{\text{მრ}} = t_{\max\max} + \Delta t_{\text{ბ}}^{\text{მრ}} + 4^0 \qquad (38)$$

სადაც $4^0 C$ და $8^0 C-$ ტემპერატურის მარაგია ტემპერატურული გნამუხვტის შემდეგ რელსებში ნარჩენი ძაბვების არსებობის გათვალისწინებით. მაშინ, როდესაც $\left\lfloor T_{\text{ვან}} \right\rfloor < T_{\text{ვარ}}$, მაშინ უპირაპირო ლიანდაგში მოწყობა საერთოდ შეუძლებელია.

ზემოდ მოყვანილი გაანგარიშების შესაბამისად მოქმედი სამშენებლო ნორმების და წესების გათვალისწინებით საქართველოს ყველა რეგიონისათვის შედგენილი იქნა რელსების ჩამაგრების წლიური ტემპერატურული რეჟიმის რუქა.

გადასარბენის სიგრძის უპირაპირო ლიანდაგის მოვლა შენახვის ძირიდი პრინციპები.

უპირაპირო ლიანდაგის მდგრადობის უზრუნველყოფის ძირითად პირობას წარმოადგენს ექსპლუატაციაში, რელსების ტემპერატურული დაძაბულობის კონტროლი.

აღნიშნული კონტროლის განსახორციელებლად მსოფლიოს უმრავლეს რკინიგზაში დანერგილია ,,რელსების დაძაბულობის კონტროლის ელექტრონული სისტემები,,, რომლებიც ოპერატიულად იძლევიან ინფორმაციას რელსების დაძაბულობის მდგომარეობას, რაც საშუალებას იძლევა ლიანდაგზე მუდმივი მონიტორინგის განხორციელებისათვის.

რელსების შედუღებებისას მასიურად დაზიანებული ადგილების ამოჭრის და გამთლიანების ღონისძიებები

სარელსო გადაბმებში მასიურად დაზიანებული მწვავე დეფექტური სარელსო გადაბმების რაციონალურად აღდგენა მიზანშეწონილია განხორციელდეს გადასარბენებზე ,,ფანჯარაში" ორი მეთოდით, მოძრავი რელსშემდუღებელი მანქანების გამოყენებით, სამუშაოების შემდეგი თანმიმდევრობით:

დეფექტური ადგილების ლიკვიდაციის პირველი მეთოდი ითავლიწინებს: ერთ ძაფზე, ცალცალკე მიყოლებით, განლაგებული ორი ან რამოდენიმე დეფექტური ადგილების, ჩაჭრას ლაბორატორიის მიერ დადგენილ სიგრძეზე (სავარაუდოდ1–3მ.). ამოჭრილი ადგილების შედუღება მოკლე უპირაპირო სარელსო გადაბმების მოქაჩვის შემდეგ. მატარებლების მოძრაობის გასახსნელად რელსები ერთდება შუასადების საშუალებით.

დეფექტური ადგილების ლიკვიდაციის მეორე მეთოდი ითავლისწინებს სამუშაოების ჩატარებას ორეტაპად: <u>პირველი ეტაპი:</u> პირველ დღეს ,,ფანჯარაში" წინასწარი გაანგარიშების საფუძველზე ერთ

ძაფზე ცალ ცალკე, მიყოლებით განლაგებული დეფექტური ადგილების ჩაჭრას ლაბორატორიის მიერ დადგენილი სიგრძეების შესაბამისად (სავარაუდოდ 1- 3 მ.).

ჩაჭრილი ადგილების მოკლე უპირაპირო სარელსო გადაბმების მოქაჩვის შემდეგ, პირაპირების 6 ხვრეტიან ზედებზე თითო ჭანჭიკზე აყვანა. მატარებლების მოძრაობის აღდგენის მიზნით რელსები სამუშაოს ბოლოს ერთდება 25 მეტრიანი ,,,რეგულირებადი" რელსით. რეგულირებადი რელსი შესაძლებელია აყვანილი იქნას ზედებზე ან ჩადუღდეს.

<u>მეორე ეტაპი:</u> მეორე დღეს ჩაჭრილი პირაპირების შედუღებას ,,ფანჯარაში"და მომდევნო უბნის მომზადებას.

საბოლოო დასკვნები და წინადადებები:

1. Traseca-ს დერეფანში ევროპასა და აზიის ქვეყნებს შორის დასაკავშირებლად საქართველომ უნდა იკისროს ,,დიდი ხიდის,, მატარებელი ფუნქცია მომავალში სატრასპორტო - ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის განვითარებასთან ერთად. საქართველოს რელიეფური პირობებიდან გამომდინარე აუცილებელია მივმართოთ რკინიგზების კომპლექსური დაპროექტებას. მისი არსი მდგომარეობს პროექტის ,,ვადების-ხარსისხის-ბიუჯეტის", გადაწყვეტილებების მიღების ოპტიმიზაციაში.

2. სადისერტაციო ნაშრომში დამუშავებულია მიწის ვაკისის ტანში ძაბვების გავრცელების მუშა ზონების საზღვრების დადგენის წესი. შემოთავაზებული მეთოდი საშუალებას იძლევა ყრილის ტანის საანგარიშო კვეთში დავადგინოთ ძაბვების გავრცელების საზღვრები შემხვედრი მატარებლის ზემოქმედების ქვეშ.

3. თოვლით ძლიერ დანამქვრად უბნებზე ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა მიწის ვაკისის განივი პროფილების მოწყობის რაციონალური ვარიანტები, რომლებიც ექსპლუატაციის პერიოდში გამორიცხავს

ლიანდაგის დანამქვრას მასზე დამატებითი თოვლდამცავი ღონისძიებების მოწყობის გარეშე.

4. ლიანდაგის ზედა ნაშენის შერჩევის მიზნით რეკუპერაციული უბნებზე გაანალიზებულია ლიანდაგის ზედა ნაშენის მუშაობის რეალური ფაქტორები. შედარებულია P 65 და UIC 60 ტიპის რელსების ტექნიკური პარამეტრები. აღნიშნული ანალიზი საშუალებას იძლევა ადგილობრივ პირობების შესაბამისად შერჩეული იქნას ლიანდაგის ზედა ნაშენის ტიპის ოპტიმალური ვარიანტი.
5. უპირაპირო ლიანდაგის სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე განგარიშების მეთოდით საქართველოს რკინიგზების ყველა რეგიონისათვის დადგენილია რელსის ჩამაგრების ტემპერეტურები, რომლის შესაბამისად დისერტაციაში დამუშავებულია ლიანდაგის ზედა ნაშენის ყველაზე უფრო რაციონალური ვარიანტის - გადასარბენის სიგრძის უოპირაპირო სარელსო გადაბმების თერმიტული შედუღებით მოწყობის მეთოდი.
6. მთიან პირობებში მშენებარე და არსებული რკინიგზების მონაკვეთებზე აღნიშნული მოსაზრებებიდან გამომდინარე რკ/ბეტონის შპალების გამოყენება წარმოადგენს უალტერნატივო გადაწყვეტილებას. მასიაურად გაჭიანურებულ ქანობებზე პოსტ საბჭოთა სივრცეში იგი გამოყენებულია პირველად და ამიტომ მათზე უნდა გაგრძელდეს კვლევები.
7. ზემოდ მოტანილიდან გამომდინარე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია საქართველოს რკინგზაზე დაიწყოს გადასარბენის სიგრძის უპირაპირო ლიანდაგის ექსპერიმენტალური დაგება. მისი ექსპლუატაციაში ნორმალური ფინქციონირებისათვის საჭიროა ეტაპობრივად გატარდეს მთელი რიგი ღონისძიებნები. კერძოდ:

- საბალასტო პრიზმის ნორმატიული ზომებით მოწყობისათვის აუცილებელი მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის სიგანე მოეწყოს 11.7 მეტრზე;

- უნდა დამუშავდეს გადასარბენის სიგრძის უპირაპირო შედუღების მეთოდის და ჩამაგრების ოპტიმალურ რეჟიმში რელსების იძულებით შეყვანის ტექნოლოგიების და მომდინარე მოვლა - შენახვის ინსტრუქცია;
- ლიანდაგის სტაბილიზირება განხორციელდეს დინამიური სტაბილიზატორებით, რგოლური ლიანდაგზე მატარებლის გაუტარებლად;

8. ზემოდ აღნიშნულიდან გამომდინარე ჩატარებული კვლევები მყარ გარანტიას იძლევა შემცირებული იქნას სამთო პირობებში რკინიგზის პროექტის და მშენებლობის ღირებულება, მატერიალური და შრომითი რესურსები, ამაღლებული იქნას მატარებლების უსაფრთხოდ მოძრაობის ხარისხი.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ გამოქვეყნებულ შრომებში

1. ე. მოისწრაფიშვილი, მ. მოისწრაფიშვილი, გ. მაისურაძე, დ. ფანცულია. მიწის ვაკისის ტანში ძაბვების გავრცელების მუშა ზონების განსაზღვრა. მშენებლობა №1(24)2012, თბილისი, 2012, გვ. 20-23.
2. Э. Мойсцрапишвили М. Мойсцрапишвили Д. Панцулая Дж. Гасымов. Резервы ресурсосбережения в путевом хозяйстве за счет повышения надёжности пути. მშენებლობა №2(25)2012 თბილისი, 2012, გვ. 78-81.
3. Э. Мойсцрапишвили Г. Маисурадзе Д. Панцулая Дж. Гасымов. Вопросы применения гис-технологий для проектирования структурной организации путевого хозяйства. მშენებლობა №2(25)2012 თბილისი, 2012, გვ. 93-96
4. ე. მოისწრაფიშვილი, მ. მოისწრაფიშვილი, ნ. რურუა, დ. ფანცულია.ლიანდაგის საიმედეობის ამაღლება გარე ძაფის შემაღლების ოპტიმიზაციის შედეგად. მშენებლობა №3(26)2012 თბილისი, 2012, გვ. 20-23.
5. ე. მოისწრაფიშვილი, მ. მოისწრაფიშვილი, გ. მაისურაძე, დ. ფანცულია. გარემოს ზემოქმედების პრობლემები რკინიგზის ტრანსპორტზე. მშენებლობა №4(27)2012, თბილისი, 2012, გვ. 25-29

Abstract

Dissertation is devoted to the problems of railway complex design and construction in mountainous conditions and ways of their solutions.

The railways are one of the main components of our country's integrated transport system. Georgia railways shares more than half of the country's passenger and freight transportation and therefore the more attention require to be paid for their development.

As the functioning on territory of Georgia of the connecting Asia - Europe international transport corridor as Traseca International transport corridor represents a guarantee for the country's economic and political stability, as well as is actively being the construction of Baku - Tbilisi - Kars International Railway. The part of Baku - Tbilisi Kars railway Marabda - Akhalkalaki - Kartsakh (direction to Turkey border), due its location in complex mountainous and geological conditions, for successful execution of construction becomes inevitable necessity of complex design and construction. During the period of design and construction the assessment of project risks, deviation as well as implementation of the latest methods of management system, as result of that should be minimized their development processes.

In the dissertation work is analyzed the experience of Georgia railway construction. In the mountainous conditions measures for the strengthening and rehabilitation of existing railways are investigated.

Are considered the international transport corridor's direct functions, reviewed the history and formation of international transport corridors, pan-European corridors routes, their importance on the Georgia transport system development, are analyzed carried out by ОСЖД Member States measures for increase of passenger and freight transportation in international corridors. Are described alternatives of increase the role of the Georgia transport system in the transport corridors, in the case of connecting with Turkey, Romania and Bulgaria's seaports railway and ferry crossings functioning, the basic conditions of arrangement of their terminal maintenance and infrastructure.

In the dissertation work are considered the railways complex design and construction specific requirements in mountainous conditions and ways of their solutions. At railway launch in operation issues of initial capacity, division of construction on stages and technical and economic assessment of engineering solutions that represents one of the main part of the design process are considered.

In the work is considered on railway construction phase the risks of potential environmental effects and their accordingly mitigation measures that are connected to caused due industrial and rainfall run-off water influence on plant cover and fauna species, as well as on surrounding villages. The risks of negative influence on storage of removed prior to preparation of railway roadbed fertile soil layer, employed personnel safety and measures to reduction of impacts of construction waste.

In the dissertation is analyzed the selection of options of project, in particular, the rational arrangement of roadbed cross-section at heavy snow spans, based on current information and practical experience. To complex approach to resolve this issue consists in the fact that the project's planned activities will be ensure a snowdrifts mitigation not only at the rail track edge, by snow protection structure and plants arrangement, but direct on railway line (expand of trenches, arrangement of snow collecting flanges in trenches, planning of railway mostly on roadbed, arrangement of snow protective galleries and others). In the work is developed the method of definition in body of roadbed of boundaries of stress distribution operating areas.

In the mountainous conditions for providing of train safety are analyzed the special modes of mountainous railways complex relief, climate and traffic conditions. A special mode is mainly revealed in the regenerative braking modes at train's movement. The existence of prolonged slopes imposes additional constraints on the railway line capacity, on limitations of railway line capacity for the safe movement of trains, also is affecting variability of climate zones in accordance with the height variation.

In this case, for the providing of safe movement of trains on mountain railways in order to adequately assessment of risk level and its control in the work are developed unified principles and preconditions of these principles definition to ensure safety of losses control train traffic.

In the dissertation work are considered the complex design principles of boundary docking stations. Among other issues the significant attention being paid to essential of docking stations entire equipment complex design that ensures efficient production process, making carriers to accelerate the processing conditions and the rapid handling of cars traffic volume.

In the dissertation is stated on prolonged slopes on reinforced concrete sleepers the application in accordance with local conditions the method of span length continuous welded rail by Aluminum thermal method, the features of its behavior tin the case of complex plan and profile, on the regenerative braking and sand pollution areas. At railways design, usually the selection of rail superstructure is carried out according to the typical normative rules. With taking into account of local conditions this methodology practically is the first attempt to arrange continuous welded rail on Georgia railway passing spans and this attempt has been successfully implemented in Marabda - Akhalkalaki - Kartsakh railway section. Is stated the span length continuous welded rail stability and arrangement mathematical model. For all regions of Georgia railway in welded rail junction fixing temperature mode map.

These issues are fundamental to the Marabda - Akhalkalaki - Kartsakhi section complex design and construction due its location in mountainous conditions.

In all cases, the design decisions making is depending on engineer - design qualification, his creative approach to the mountain railway project in its complex design and construction process for making optimal decisions.