

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ე. მოისწრაფიშვილი, მ. მოისწრაფიშვილი, ნ. რურუა

რკინიგზის ლიანდაგი

ნაწილი II

სარელსო ლიანდის მოწყობა



რეგისტრირებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი

2008

უაქ. 625.1

სახელმძღვანელოში აღწერილია სარელსო ლიანდის დაპროექტებისა და მოწყობის საკითხები, ნორმები და დაშვებები. სახელმძღვანელოში მოცემულია რკინიგზის ლიანდაგის სარელსო ლიანდის გაანგარიშების, დაპროექტებისა და მოწყობის საკითხები, თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისად. განხილულია სარელსო ლიანდის დაპროექტების, მოწყობისა და დაშვებების მნიშვნელობათა ჩამოყალიბების ისტორია და თანამედროვე ტენდენციები, მათი შესაბამისობა მსოფლიოს ქვეყნების ნორმატივებთან. სახელმძღვანელოში მოტანილია მეთოდური, საცნობარო და ნორმატიულ-ტექნიკური მასალები. სახელმძღვანელო შედგენილია მოქმედი სტანდარტების დაცვით, ახალი სასწავლო გეგმებისა და პროგრამების შესაბამისად.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია სატრანსპორტო სპეციალობის სტუდენტების, მაგისტრანტების და დოქტორანტებისათვის. იგი დიდ დახმარებას გაუწევს აგრეთვე რკინიგზის ლიანდაგის ექსპლუატაციის მუშაკებს და რკინიგზის ინჟინერ-დამპროექტებლებს.

რეცენზენტი: ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი,

ასოცირებული პროფესორი

გ.კვანტალიანი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2008

JSBN 978-9941-14-101-0

სარელსო ღიანდის მოწყობა

თავი 1. სარელსო ღიანდის დაბეგმარება და მოწყობა

1.1. სარელსო ღიანდის მოწყობისა და მოვლა-შენახვის თავისებურებები

რკინიგზების მუშაობის ნორმალური პირობების შესაქმნელად უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება მისი მოწყობის და მოვლა-შენახვის ნორმების ურთიერთშეთანხმებულობას. რკინიგზების მოწყობისა და მოვლა-შენახვის ნორმების მოთხოვნები დიდადაა დამოკიდებული მატარებლების მოძრაობის საშუალო და მაქსიმალურ სიჩქარეებზე, ღერძზე მოსულ დატვირთვებზე, ტვირთდაძაბულობაზე და სხვა საექსპლუატაციო მახასიათებლებზე. მსოფლიოს ყველა ქვეყნის რკინიგზებზე მოქმედებს სარელსო ღიანდის მოწყობის, მოვლა-შენახვის ნორმები და ნორმებიდან დასაშვები გადახრების ანუ დაშვებების სისტემა. დაშვების სიდიდეების შერჩევა დამოკიდებულია ღიანდაგის ზედა ნაშენის კონსტრუქციაზე, სარელსო ღიანდის მოვლა-შენახვის ნორმებზე, მოძრავი შემადგენლობის კონსტრუქციაზე და მისი სავალი ნაწილების მდგომარეობაზე.

რკინიგზის იმ უბნებზე, რომლებზედაც ძირითადად სატვირთო გადაზიდვები სრულდება, ღიანდაგში დარღვევები წარმოიშობა სატვირთო მატარებლების ზემოქმედებით. ამიტომ დაშვებების თანამედროვე სისტემა ძირითადად მიმართულია ღიანდაგის გამართული მუშაობის უზრუნველსაყოფად. უბნებზე, რომლებზედაც სატვირთო მატარებლებთან ერთად მოძრაობენ სამგზავრო მატარებლები, აუცილებელია პირველ რიგში მიღწეულ იქნას მოძრაობის მდოვრულობა და უსაფრთხოება. ამიტომ ჩქაროსნულ უბნებზე ღიანდის მოწყობისა და მოვლა-შენახვის უმთავრესი მოთხოვნაა, ღიანდაგში დარღვევათა იმ ზომამდე განვითარების აღკვეთა, რომელიც საფრთხეს უქმნის მოძრაობის მდოვრულობას და უსაფრთხოებას.

ჩვენს რკინიგზებზე დარღვევების ყველაზე გავრცელებული ფორმა, რომელიც საფრთხეს უქმნის მოძრაობის უსაფრთხოებას არის კუთხეების წარმოქმნა გეგმაში, ჩაღუნვის ისრების მდოვრულობის დარღვევა, გადაფერდებები თარაზოში, ღიანდის გაგანიერება ან შევიწროება, რომელთა თანმხლები ფაქტორებია – ღიანდაგის საერთო მოშლა, ჯდენების და ნაშხეფების წარმოშობა, შპალების დაზიანება და სხვა.

განსაკუთრებით საშიშია ჩაღუნვის ისრების მდოვრულობის დარღვევა, გადაფერდებებთან ერთობლიობაში, ე.ი. დარღვევების დამთხვევა გეგმაში და თარაზოში, რაც იწვევს წამყვანი თვლების განტვირთვას, განსაკუთრებით მაშინ,

როდესაც მოძრავი შემადგენლობის რხევების სიხშირე გამოწვეული ამ დარღვევებით 0,8 – 1,0 ჰერცს აღწევს.

სარელსო ლიანდს სწორ უბნებში ძირითადად ახასიათებს, სარელსო ძაფების მდებარეობა თარაზოში, ლიანდის სიგანე და რელსების დახრილობა ლიანდის შიგნით 1:20.

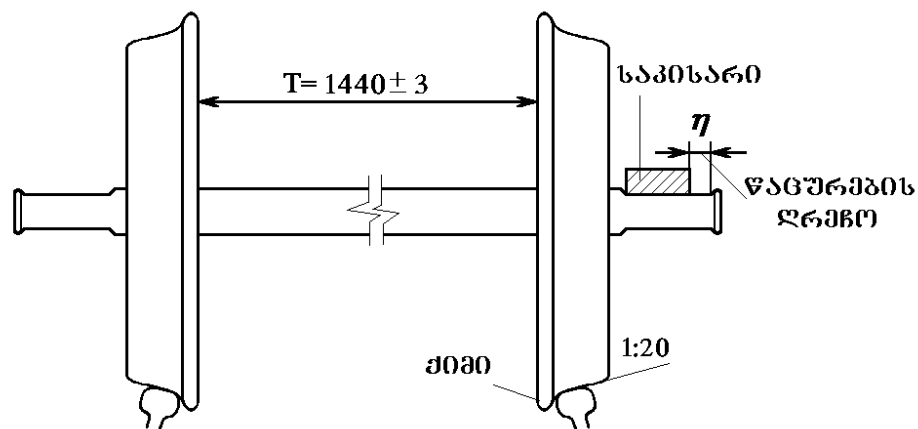
სარელსო ლიანდის დაგეგმარება და მოწყობა მრუდე უბნებში, მოითხოვს მთელი რიგი დამატებითი საკითხების გადაწყვეტას, როგორებიცაა: ლიანდის გაგანიერების სიდიდის დადგენა, გარე რელსის შემადგენლობის სიდიდის განსაზღვრა, სწორ უბნებსა და წრიულ მრუდებს შორის გადასასვლელი მრუდების მოწყობა, დამოკლებული რელსების რიცხვისა და მათი ლიანდაგში ჩალაგების თანმიმდევრობის განსაზღვრა და სხვა.

აღნიშნული საკითხების ოპტიმალური გადაწყვეტა მთლიანადაა დამოკიდებული ლიანდაგისა და მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების ურთიერთქმედების პირობებზე.

12. მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილებისა და ლიანდაგის ურთიერთქმედების ძირითადი პრინციპები

ლიანდაგში ორი მუშა რელსის სამუშაო წახნაგებს შორის მანძილს *ლიანდის სიგანე* ეწოდება. სარელსო ლიანდის ზომები ზუსტად უნდა შეესაბამებოდეს მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების ზომებს, კერძოდ კი წვეილთვალის ზომებს.

წვეილთვალი წარმოადგენს მოძრავი შემადგენლობის ღერძზე ხისტად დაგებულ ორ თვალს (ნახ.1.1).



ნახ.1.1. მოძრავი შემადგენლობის წვეილთვალი

ლიანდაგთან ნორმალური ურთიერთქმედებისათვის მოძრავი შემაღენლობის საეალ ნაწილებს უნდა ახასიათებდეს შემდეგი თავისებურებანი:

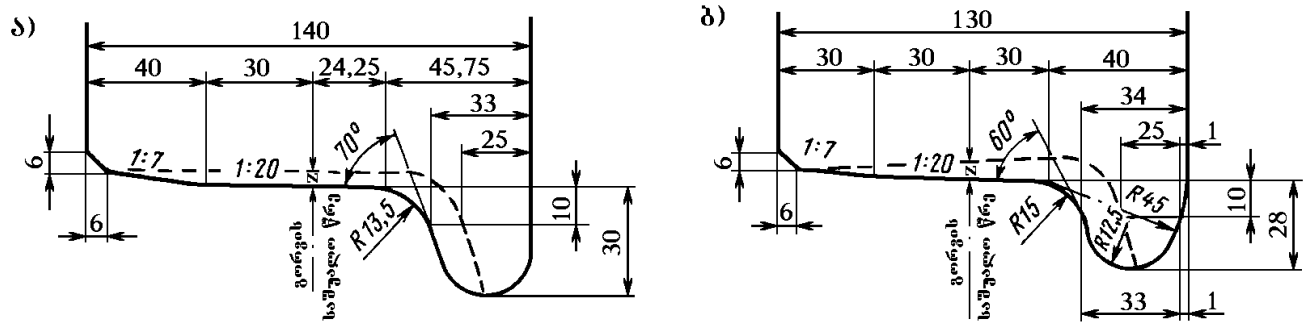
- თვლებს უნდა გააჩნდეს ქიმები;
- მოძრავი შემაღენლობის ღერძებს უნდა შეეძლოთ საკისრებში განივი გადაადგილება (წაცურება), ან ურიკები და ცალკეული ღერძები ტაბიკებით უნდა იყოს ჩამაგრებული, რაც უზრუნველყოფს ტაბიკის ღერძის მიმართ მათ გარკვეული კუთხით შემობრუნებას;
- თვლები ღერძზე ხისტად უნდა იყოს დაგებული;
- თვლის არტახებს უნდა გააჩნდეს კონუსურობა;
- წყვილთვალის გარკვეულ ღერძებს შორის დაცული უნდა იყოს პარალელობა.

თვლის ქიმების დანიშნულებაა რელსებთან ურთიერთქმედებით მიმართულება მისცენ მოძრაობას და არ დაუშვან რელსებიდან თვლების აცდენა.

ახალი, გაუცვეთავი თვლის ქიმის სისქე საანგარიშო კვეთში $h_{\max}=33$ მმ-ის ტოლია, ხოლო მაქსიმალურად გაცვეთილი თვლების ქიმების მინიმალური სისქე, რომლის შემდეგ იგი ექსპლუატაციაში არ დაიშვება $h_{\min}=25$ მმ-ია. თუ მატარებლების მოძრაობის სიჩქარე 120 კმ/სთ-ს აღემატება, მაშინ მაქსიმალურად გაცვეთილი თვლის ქიმის მინიმალური სისქე $h_{\min}=28$ მმ-ის ტოლია.

თვლის არტახის ცვეთის z სიდიდე გორვის საშუალო წრეზე მატარებლების მოძრაობის 120 კმ/სთ და მეტი სიჩქარის შემთხვევაში 5 მმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. $v < 120$ კმ/სთ სიჩქარების შემთხვევაში ლოკომოტივებისა და სამგზავრო ვაგონების თვლებისათვის არტახის ცვეთის z სიდიდე 7 მმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს, ხოლო სატვირთო ვაგონების თვლებისათვის – 9 მმ-ს (ნახ.1.2).

საანგარიშო სიბრტყე გადის ლოკომოტივის თვლის ქიმის ქვედა წიბოდან 20 მმ-ის მანძილზე ვერტიკალური მიმართულებით, ხოლო ვაგონის თვლის ქიმებისათვის 18 მმ მანძილზე. საანგარიშო სიბრტყის ზემოთ ვაგონის თვლების ქიმები გაგანიერებულია $\mu=1$ მმ-ით. ლოკომოტივის თვლის ქიმებს ამგვარი გაგანიერება არ გააჩნიათ $\mu=0$. ლოკომოტივის თვლის ქიმის მუშა წახნაგი ჰორიზონტისადმი დახრილია 70° -ით, ხოლო ვაგონისა - 60° -ით (ნახ.1.2).



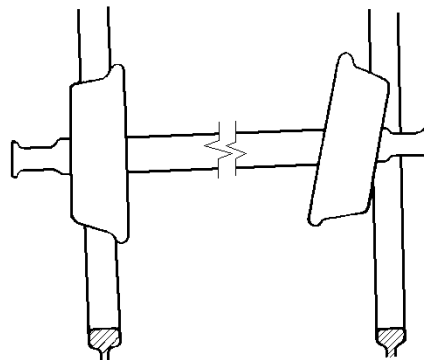
ნახ.1.2. თვლების პროფილის ძირითადი ზომები:

ა. – ლოკომოტივის; ბ. – ვაგონის.

ღერძების განივი გადაადგილება ხორციელდება ღერძების ყელისა და ბუქსების საკისრების სიგრძეთა სხვაობის ხარჯზე. ბუქსების საკისრის სიგრძე რამდენადმე ნაკლებია ღერძის ყელის სიგრძეზე, ამიტომ მათ წიბოებს შორის რჩება ღრეჩო η , რომელიც საშუალებას აძლევს ღერძებს ბუქსების საკისრებში განივად წაცურდეს. ამ ღრეჩოს წაცურების ღრეჩო ეწოდება (ნახ.1.1). წაცურების η ღრეჩოს დანიშნულებაა გააადვილოს მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟის მრუდში ჩაწერა. წაცურების ღრეჩო საპასპორტო სიდიდეა და მოცემულია მოძრავი შემადგენლობის პასპორტში.

მრავალღერძებიან ურიკებს და ორთქმავლის მარბენალი თვლების ღერძებს ტაბიკური ჩამაგრება გააჩნიათ. ტაბიკური ჩამაგრება საშუალებას იძლევა ურიკა შემობრუნდეს ტაბიკის ღერძის მიმართ გარკვეული კუთხით.

თვლები ღერძზე ხისტად არის დაგებული და ღერძის ყელი ბრუნავს ბუქსის საკისარში. ეს აუცილებელი პირობაა, წინააღმდეგ შემთხვევაში ღერძსა და თვალს შორის მოთავსებული საკისრის დამუშავება დაარღვევდა თვლის ვერტიკალურობას ღერძის მიმართ, რაც თავისთავად გამოიწვევდა დაგების მანძილის შემცირებას ან გადიდებას (ნახ.1.3).

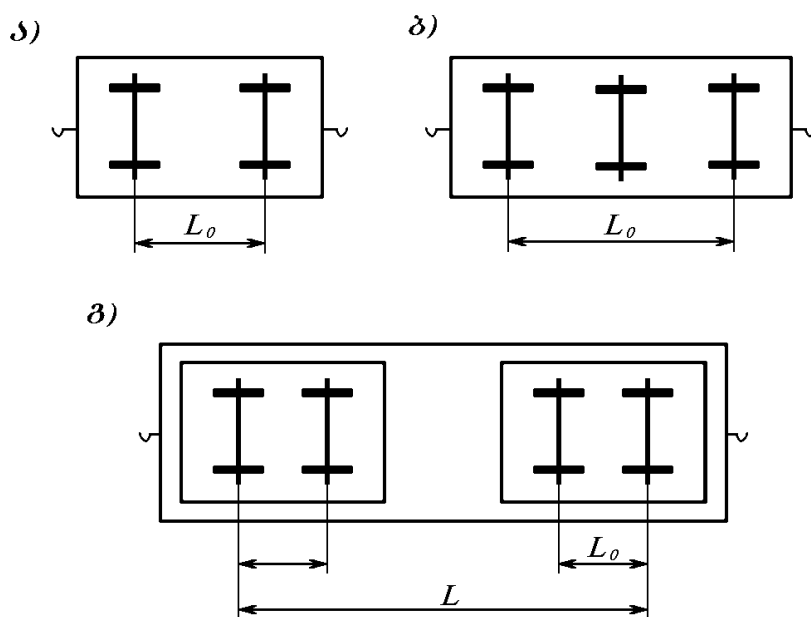


ნახ.1.3. ღერძზე თვლების პარალელურობის დარღვევის შემთხვევა

თვლების ღერძზე დაგების მანძილი T ეწოდება მანძილს თვლების შიგა ვერტიკალურ წახნაგებს შორის. როცა მატარებლების მოძრაობის სიჩქარეები $v \leq 120$ კმ/სთ-ზე, მაშინ $T = 1440_{-3}^{+3}$ მმ, თუ $v > 120$ კმ/სთ-ზე, მაშინ $T = 1440_{-1}^{+1}$ მმ.

თვლის გორვის ზედაპირი დახრილია ჰორიზონტის მიმართ 1:20. დადგენილია, რომ ასეთ შემთხვევაში ვერტიკალური დატვირთვების გადაცემა თვლებიდან რელსებზე ხორციელდება რელსის ვერტიკალური სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ; თვლები ნაკლებად მგრძნობიარენი არიან ღიანდაგში არსებული უსწორობების მიმართ; მოძრავი შემადგენლობის წყვილთვალნი ნაკლებად ექვემდებარება ზიგზაგურ მოძრაობას ღიანდაგის სწორ უბნებში, რის გამოც მცირდება განივი ჰორიზონტალური ძალების მნიშვნელობა და ნაკლებად ცვდება რელსები; ნაკლებ ინტენსიურია ღიანდაგის მოშლა, შესაბამისად მცირდება მიმდინარე მოვლა-შენახვის სამუშაოების მოცულობა. თვლის გორვის ზედაპირის 1:20 დახრის დროს, ღიანდაგში რელსებიც 1:20 დახრილობით მაგრდება. რელსების დახრა ხის შპალების შემთხვევაში მიიღწევა ქვედის მუშა მოედნის 1:20 დახრით ღიანდის შიგა მიმართულებით, ხოლო რკინაბეტონის შპალებში რელსის საყრდენი მოედნის დახრით.

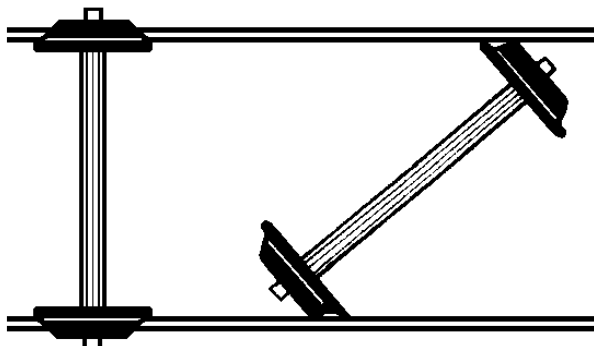
მოძრავი შემადგენლობის ხისტი ბაზის ფარგლებში განაპირა ღერძებს შორის პარალელობა არ უნდა ირღვეოდეს. აქედან გამომდინარე მოძრავი შემადგენლობის ხისტი ბაზა L_0 არის მანძილი ორ პარალელურად ჩამაგრებულ ღერძებს შორის, (ნახ.14).



ნახ.14. ხისტი და მოღიანი ბაზების განლაგების სქემა ეკიპაჟებისათვის:

ა) – ორღერძიანი; ბ) – სამღერძიანი; გ) – ოთხღერძიანი.

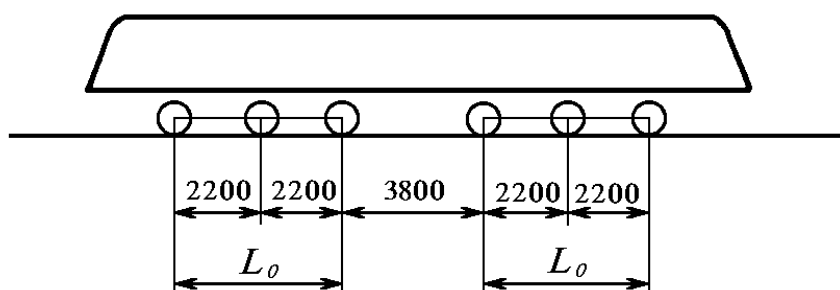
მოძრავი შემადგენლობის მთლიანი ბაზა კი არის L მანძილი მის ორ განაპირა ღერძებს შორის (ნახ.1.4.გ). ხისტი ბაზის ორ განაპირა ღერძებს შორის პარალელობა რომ დაირღვეს ადგილი ექნებოდა (ნახ.1.5) გამოსახულ მდგომარეობას და თვალი რელსს აცდებოდა.



ნახ.1.5. ღერძებს შორის პარალელობის დარღვევის შემთხვევა

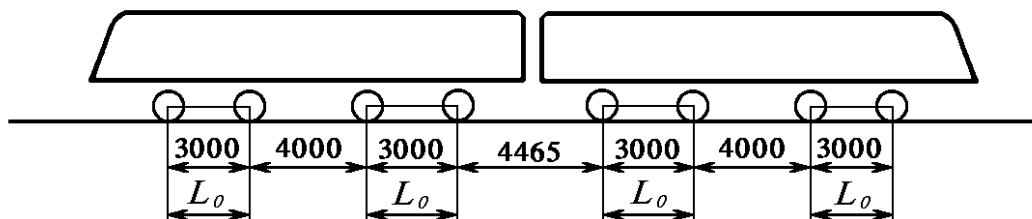
რაც ნაკლებია ხისტი ბაზის სიგრძე მით უფრო ადვილდება ეკიპაჟის მრუდებში მოძრაობა ანუ ჩაწერა. (ნახ.1.4)-ზე გამოსახულია ორღერძიანი, სამღერძიანი და ოთხღერძიანი ვაგონების ღერძების განლაგების სქემა, (ნახ.1.6)-ზე ელმავალ БЛ23, ხოლო (ნახ.1.7)-ზე ელმავალ БЛ10 ღერძების განლაგების სქემა.

ელმავალი БЛ23



ნახ.1.6. ელმავალ БЛ23-ის ღერძული ფორმულა

ელმავალი БЛ10



ნახ.1.7. ელმავალ БЛ10-ის ღერძული ფორმულა

1.3. სარელსო ლიანდის მოწყობა სწორ უბნებში, ნორმები და დაშვებები

საქართველოს 1520 მმ სიგანის რკინიგზების მოქმედი ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების მოთხოვნათა შესაბამისად ლიანდაგის სწორ უბნებში და მრუდებში, რომელთა რადიუსი $R \geq 350$ მეტრზე, ლიანდის სიგანე $S_0 = 1520$ მმ. ექსპლუატაციის პირობებში დასაშვებია ლიანდის გაგანიერება $+6$ მმ და შევიწროება -4 მმ. თუ მატარებლების მოძრაობის სიჩქარეები ნაკლებია 50 კმ/სთ-ზე, მაშინ ლიანდის გაგანიერება შეიძლება დაშვებული იქნას $+10$ მმ, ხოლო შევიწროება -4 მმ.

რკინაბეტონის შპალების შემთხვევაში, განცალკევებული სამაგრები უზრუნველყოფენ ლიანდის სიგანის მუდმივობას ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, და რადგანაც ლიანდაგის გადაკერვა პრაქტიკულად შეუძლებელია, ამიტომ რკინაბეტონის შპალების შემთხვევაში ლიანდის გაგანიერება დაიშვება $+8$ მმ-ით, ხოლო შევიწროება -4 მმ-ით.

1970 წლამდე რკინიგზის სწორ უბნებში და მრუდებში რომელთა რადიუსი $R \geq 350$ მ, ლიანდის სიგანე ტოლი იყო $S_0 = 1524_{-4}^{+6}$ მმ.

ლიანდაგის სწორ უბნებში ორთავე რელსის თავები ერთ დონეში უნდა მდებარეობდნენ. დასაშვებია რელსების თავების დონეთა შორის სხვაობა 6 მმ-ით.

მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების ლიანდაგში ჩაწერის გასაადვილებლად, ლიანდის სიგანე ყოველთვის მეტი უნდა იყოს წყვილთვალის სიგანეზე. ამიტომ თუ წყვილთვალის ერთ-ერთი თვლის ქიმი მიბჯენილია რელსის მუშა წახნაგზე, მაშინ მეორე თვლის ქიმსა და რელსის მუშა წახნაგებს შორის რჩება ღრეწო, რომელიც ტოლია, (ნახ.1.8)

$$\delta_0 = S_0 - q_0 + \Delta q + \Delta y \quad (1.1)$$

ხოლო

$$q_0 = T_0 + 2\mu + 2h \quad (2.2)$$

სადაც S_0 – ლიანდის ნორმალური სიგანეა სწორ უბნებში, $S_0 = 1520$ მმ;

T_0 – წყვილთვალის დაგების ნორმალური მანძილი, $T_0 = 1440$ მმ;

h – თვლის ქიმის სისქე;

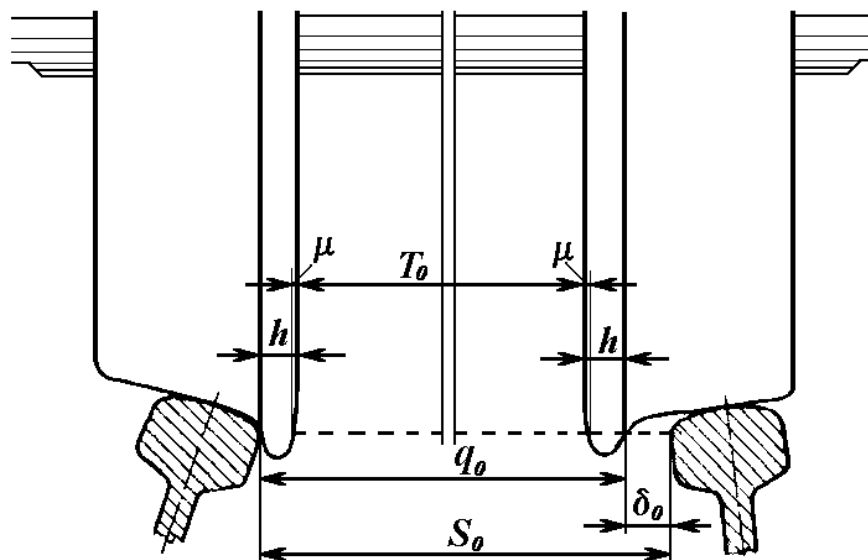
μ – თვლის ქიმის გაგანიერება;

q_0 – წყვილთვალის ქიმების მუშა წახნაგებს შორის ნორმალური მანძილი, (წყვილთვალის სიგანე);

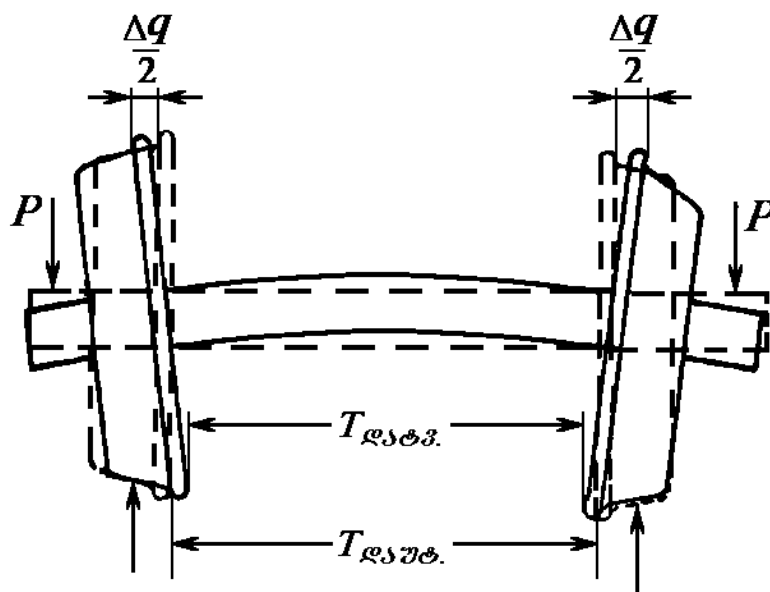
Δq – წვეილთვალის სიგანის შემცირება ღერძზე მოსული დატვირთვის გამო,

$$\Delta q \approx 2\text{მმ} \text{ (ნახ.1.9);}$$

Δy – ლიანდის გაგანიერება დატვირთვის გამო, რაც გამოწვეულია რელსების დრეკადი გაღუნვით, $\Delta y \approx (2-4)\text{მმ}$.



ნახ.1.8. ლიანდაგის სწორ უბნებში ლიანდის სიგანის საანგარიშო სქემა



ნახ.1.9. თვლის ღერძზე დაგების მანძილის შემცირება დატვირთვის შედეგად

რადგანაც (1.1) და (1.2) ფორმულებში შემავალ ნორმატულ სიდიდეებს გააჩნიათ დაშვებები (ცხრილი 1.1), დრეხოს სიდიდე თვლის ქიმისა და რელსის

მუშა წახნაგებს შორის შეიძლება სხვადასხვა ზომის აღმოჩნდეს: ნორმალური δ_0 , მაქსიმალური $\delta_{\max}$ და მინიმალური $\delta_{\min}$.

$$\delta_{\max} = S_{\max} - q_{\min} + \Delta q + \Delta y \quad (13)$$

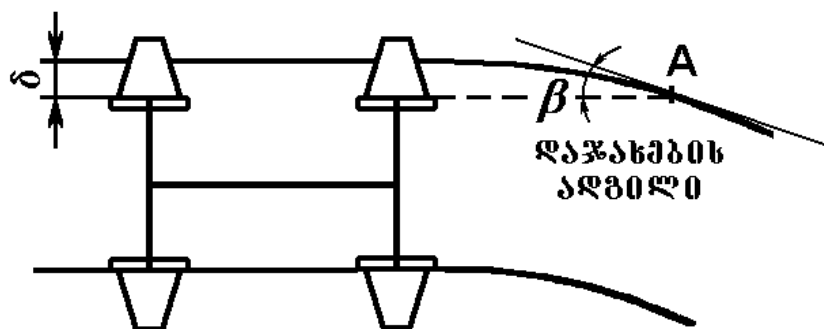
$$\delta_{\min} = S_{\min} - q_{\max} + \Delta q + \Delta y \quad (14)$$

როგორც ცხრილი 1.1-დან ჩანს ღრეხოს სიდიდე საკმაოდ დიდ ფარგლებში იცვლება (5 ÷ 39)-მმ-მდე.

ცხრილი 1.1.

მოძრაობის სიჩქარე, კმ/სთ	ღერძები	ლიანდის სიგანე S , მმ			თვლების ღერძ- ზე დაგების მან- ძილი T , მმ			წვეილთვალის სიგანე q , მმ			ღრეხოს სიდიდე δ , მმ		
		S_0	$S_{\min}$	$S_{\max}$	T_0	$T_{\min}$	$T_{\max}$	q_0	$q_{\min}$	$q_{\max}$	δ_0	$\delta_{\min}$	$\delta_{\max}$
≤ 120	ლოკ.	1520	1516	1526	1440	1437	1443	1506	1487	1509	14	7	39
	ვაგ.	1520	1516	1526	1440	1437	1443	1508	1489	1511	12	5	37
> 120	ლოკ.	1520	1516	1526	1440	1439	1441	1506	1495	1509	14	7	31
	ვაგ.	1520	1516	1526	1440	1439	1441	1508	1497	1511	12	5	29

მართალია ღრეხოს არსებობა აადვილებს მოძრავი შემადგენლობის ლიანდაგის მრუდე უბნებში ჩაწერას, მაგრამ ამავე დროს ღრეხოს სიდიდეზეა დამოკიდებული: თვლის ქიმის რელსთან დაჯახების კუთხისა (ნახ.1.10) და რელსზე მოქმედი ჰორიზონტალური ძალების მნიშვნელობები, მრუდში შესვლისას თვლის ქიმის გარე რელსთან დაჯახების კუთხე, კალმის მუშა წახნაგთან დაჯახების კუთხე, კონტაქტური ძაბვების სიდიდეები, რელსის სამსახურის ვადა, ლიანდაგის მოვლა-შენახვის სამუშაოების მოცულობა და სხვა. რაც დიდია ღრეხოს სიდიდე, მით უფრო მეტია ზემოთ ჩამოთვლილი მახასიათებლების მაჩვენებლები და უარესდება ლიანდაგის მუშაობის პირობები.



ნახ.1.10. თვლის ქიმის რელსთან დაჯახების სქემა

ამიტომ ყოფილი საბჭოთა კავშირის რკინიგზებზე 10-12 წლის განმავლობაში, 2000 კმ სიგრძის შემცირებული (1518÷1520) მმ სიგანის ექსპერიმენტულ უბანზე ტარდებოდა დაკვირვებები. ექსპერიმენტულმა დაკვირვებებმა და გაანგარიშებებმა გვიჩვენეს, რომ 1518÷1520 მმ სიგანის ლიანდის შემთხვევაში, დაშვებებით +6 მმ და -4 მმ ღრეხოს შემცირების ხარჯზე ლიანდაგის მუშაობის მთელი რიგი მახასიათებლები გაცილებით უმჯობესდება: მცირდება რელსებზე გვერდითი დაწოლა 20÷50%-ის ფარგლებში; მცირდება ვაგონებზე მოქმედი ჰორიზონტალური და ვერტიკალური აჩქარებების სიდიდეები; უმჯობესდება მოძრაობის მდოვრულობა (სწორ უბნებში ზიგზაგური მოძრაობის ამპლიტუდის გადიდების გამო); ღუნვის ძაბვების მნიშვნელობები რელსებში არ იზრდება; იზრდება ლიანდაგის ზედა ნაშენისა და სავალი ნაწილების სამსახურის ვადა; მცირდება შრომისა და მატერიალური დანახარჯები ლიანდაგის მოვლა-შენახვაზე.

ეკონომიკური გაანგარიშებებით დადგენილია, რომ ლიანდის სიგანის 1524 მმ-დან 1520 მმ-მდე შემცირება საშუალო ტვირთდაძაბულობის პირობებში მნიშვნელოვან ეკონომიას იძლევა. მაღალი ტვირთდაძაბულობის პირობებში ეს მაჩვენებელი გაცილებით იზრდება.

14. სარელსო ლიანდის განსაზღვრა მრუდე უბნებში ეკიპაჟის ჩაწერის პირობით

14.1. ზოგადი ცნობები

მცირერადიუსიან მრუდებში ლიანდის სიგანე მეტი აიღება, ვიდრე სწორ უბნებში. ლიანდის სიგანის ზრდა მცირერადიუსიან მრუდებში განპირობებულია მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟების მოძრაობის (ჩაწერის) გასაადვილებლად.

ლიანდის სიგანის დადგენისათვის მცირერადიუსიან მრუდებში ხელმძღვანელობენ შემდეგი მოსაზრებებით:

- ლიანდის სიგანე უნდა იყოს ოპტიმალური ე.ი. იგი უნდა უზრუნველყოფდეს მოძრაობისადმი შესაძლო მინიმალურ წინააღობას. ამასთან დაკავშირებით რელსებისა და მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების ცვთის მინიმუმამდე შემცირებას. ლიანდის ოპტიმალური სიგანე უნდა უზრუნველყოფდეს აგრეთვე ლიანდაგის მოვლა-შენახვის ნორმების დაცვას

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, მაშასადამე შეკეთებებს შორის ინტერვალის გადიდებას.

- ლიანდის სიგანე არ უნდა იყოს მინიმალურ დასაშვებ სიდიდეზე ნაკლები, რათა ადგილი არ ექნეს წყვილთვალის გაჭეკვას (ჩასოღვას) გარე და შიგა სარელსო ძაფებს შორის.

სარელსო ლიანდის სიგანე მრუდ უბნებში მოძრავი შემადგენლობის ერთეული ეკიპაჟების მოძრაობის ანუ ჩაწერის პირობების მიხედვით დადგინდება.

მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟების მრუდებში ჩაწერა დამოკიდებულია მათ გეომეტრიულ, კინემატიკურ და დინამიკურ მახასიათებლებზე.

მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟის მრუდებში ჩაწერის გეომეტრიული მახასიათებლების გათვალისწინების შემთხვევაში, ლიანდის სიგანეს განსაზღვრავს წყვილთვალის სტატიკური მდებარეობა მრუდში, სიჩქარის გათვალისწინების გარეშე.

ჩაწერის კინემატიკური მახასიათებლები კი სიჩქარეების გათვალისწინებით მრუდში წყვილთვალის მდებარეობის (განლაგების) ცვალებადობის აღრიცხვის საშუალებას იძლევა.

ჩაწერის დინამიკური მახასიათებლები ითვალისწინებს რელსისა და თვლის ძალისმიერი ურთიერთქმედების ფაქტორებს. დინამიკური მახასიათებლების მიხედვით ლიანდის სიგანის მნიშვნელობის შემოწმება შეიძლება მას შემდეგ, როცა ლიანდის სიგანე დადგინდება ჩაწერის გეომეტრიული მახასიათებლების მიხედვით.

ამგვარად ლიანდის სიგანე მრუდში უნდა განისაზღვროს ეკიპაჟის გეომეტრიულ-კინემატიკური ან დინამიკური მახასიათებლების საფუძველზე.

ლიანდის სიგანის სიდიდე მრუდებში ბევრად არის დამოკიდებული ისეთ მნიშვნელოვან ფაქტორებზე, როგორებიცაა:

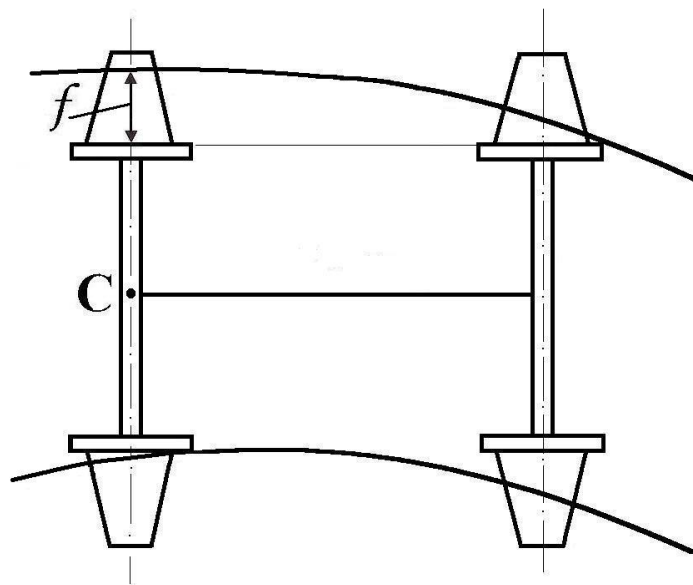
- დამატებითი განივი ძალების გათვალისწინება მრუდებში ეკიპაჟის ჩაწერის დროს;
- ლიანდაგის კონსტრუქციული გაფორმება და ზედა ნაშენის სიმძლავრე;
- მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების კონსტრუქციული თავისებურებანი;
- მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების გეომეტრიული განლაგება მრუდებში;
- რელსისა და თვლის ძალისმიერი ურთიერთქმედება;

- რელსებისა და მოძრავი შემადგენლობის საგალი ნაწილების ცვეთის სიდიდის გათანაბრება და შემცირება.

14.2. ლიანდის სიგანის განსაზღვრა მრუდებში ეკიპაჟის ჩაწერის გეომეტრიული მახასიათებლების გათვალისწინებით

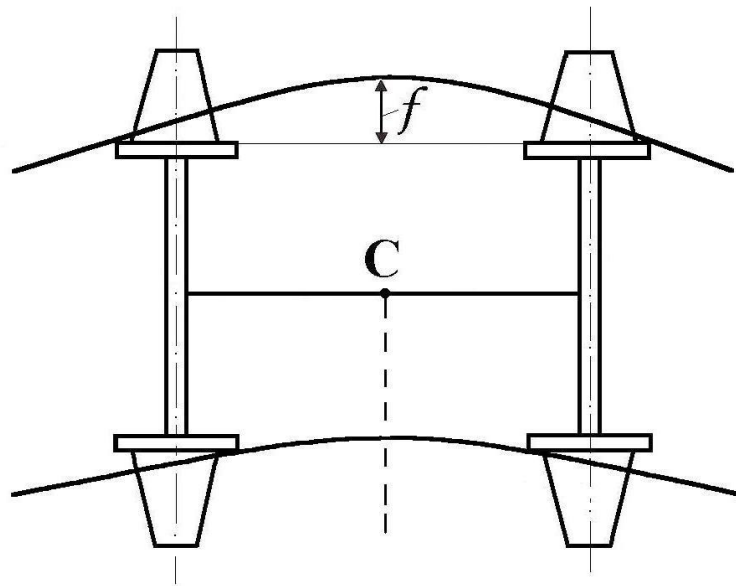
მრუდებში ეკიპაჟის გეომეტრიული მახასიათებლებით ჩაწერის შემთხვევაში ადგილი შეიძლება ჰქონდეს წვეთვალის თავისუფალ, ჩასოლილ ანუ გაჭედილ, იძულებით და ნორმალურ-იძულებით ჩაწერას.

თავისუფალი ჩაწერა ეწოდება ისეთ ჩაწერას, როცა ეკიპაჟის მოძრაობას მიმართავს გარე სარელსო ძაფზე მიბჯენილი წინა ღერძისა და შიგა სარელსო ძაფზე მიბჯენილი უკანა ღერძის თვლების ქიმები, ხოლო წინა ღერძის თვლის ქიმსა და შიგა რელსის მუშა წახნაგს შორის, აგრეთვე უკანა ღერძის თვლის ქიმსა და გარე რელსის მუშა წახნაგს შორის რჩება თავისუფალი δ ღრეჩო, (ნახ.1.11).



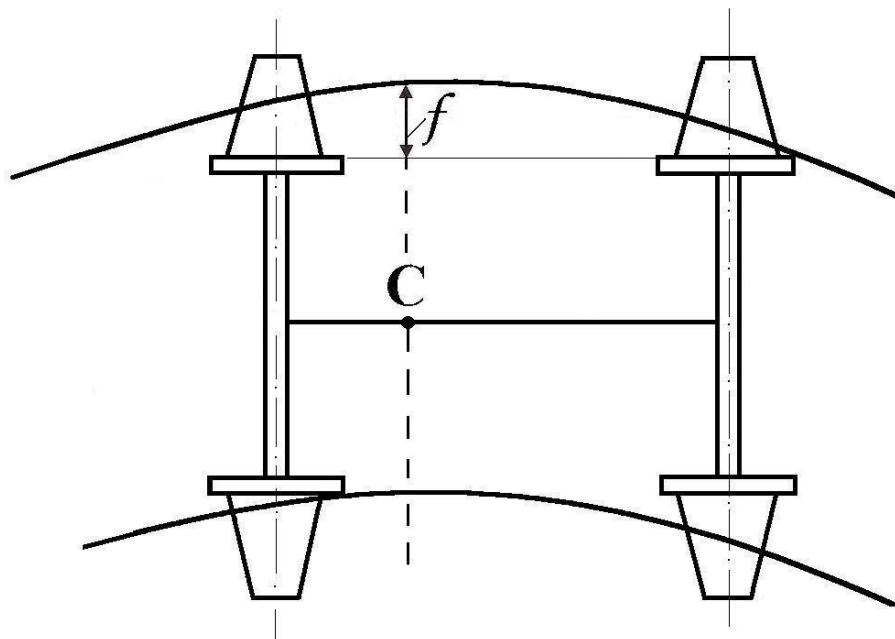
ნახ.1.11. ეკიპაჟის მრუდში თავისუფალი ჩაწერის სქემა

ჩასოლილი ანუ გაჭედილი ჩაწერის დროს ეკიპაჟის ხისტი ბაზის პირველი და ბოლო ღერძების ოთხივე თვლის ქიმები მიბჯენილია, როგორც გარე ისე შიგა რელსების მუშა წახნაგებზე, (ნახ.1.12).



ნახ.1.12. ეკიპაჟის მრუდში ჩასოლილი ანუ გაჭედილი ჩაწერის სქემა

იძულებითი ჩაწერა წარმოადგენს ჩასოლილი ანუ გაჭედილი ჩაწერის ზღვრულ მნიშვნელობას, (ნახ.1.13).



ნახ.1.13. ეკიპაჟის მრუდში იძულებითი ჩაწერის სქემა

ნორმალურ-იძულებით ჩაწერის შემთხვევაში ლიანდის სიგანე მრუდში $\delta_{\min}/2$ სიდიდით მეტია, ჩასოლილი ანუ გაჭედილი ჩაწერის პირობით განსაზღვრულ სიგანეზე, ე.ი.

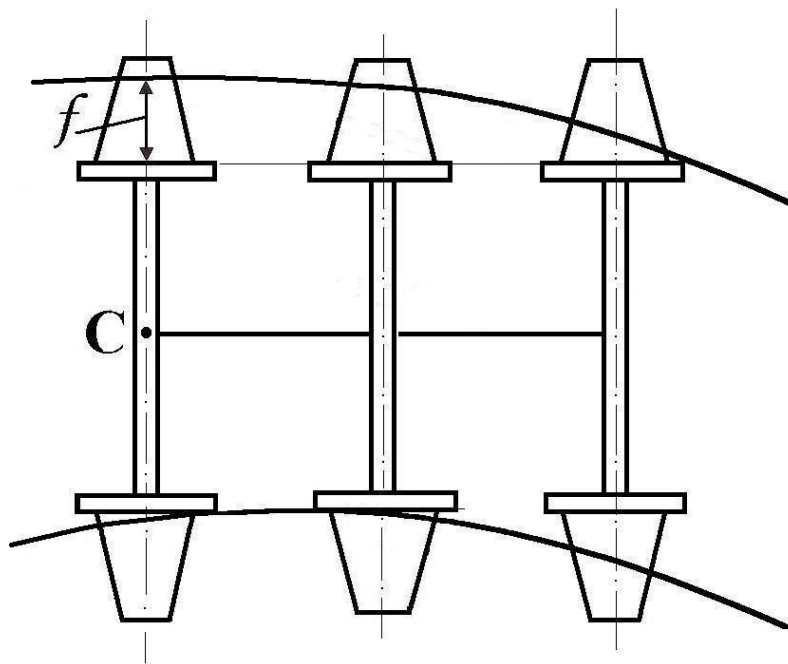
$$S_{\text{ნორმ.ოდ}} = S_{\text{გაჭექქ.}} + \delta_{\min}/2 \quad (1.5)$$

ლოკომოტივებისა და გრძელი ხისტი ბაზის მქონე ეკიპაჟებისათვის ლიანდის სიგანე მრუდებში უნდა დადგინდეს ნორმალურ-იძულებით ჩაწერის პირობით. ხოლო მასობრივი ეკიპაჟებისათვის – ვაგონებისათვის თავისუფალი ჩაწერის პირობით, რადგანაც ვაგონების ღერძების რაოდენობა მატარებლის ღერძების რაოდენობის $95 \div 96\%$ -ს შეადგენს.

ლიანდის სიგანეს, რომელიც განისაზღვრება ნორმალურ-იძულებით ჩაწერის პირობით, ლიანდის მინიმალური დასაშვები სიგანე ეწოდება, ხოლო ლიანდის სიგანეს, რომელიც უზრუნველყოფს ვაგონების ურიკების მრუდებში თავისუფალ ჩაწერას ლიანდის ოპტიმალური სიგანე ეწოდება. ლიანდის ოპტიმალური სიგანე უზრუნველყოფს მოძრაობისადმი მინიმალურ წინაღობას, რელსებისა და მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების მინიმალურ ცვეთას.

ლიანდის სიგანის საანგარიშო პარამეტრების განსაზღვრისათვის საჭიროა დადგინდეს ხისტი ბაზის მობრუნების ცენტრის (პოლუსის) მდებარეობა. ეკიპაჟის ხისტი ბაზის მობრუნების ცენტრი ეწოდება მისი გეომეტრიული ღერძისა და მრუდის ცენტრიდან გეომეტრიული ღერძის მართობულად გავლებული რადიუსის გადაკვეთის წერტილს.

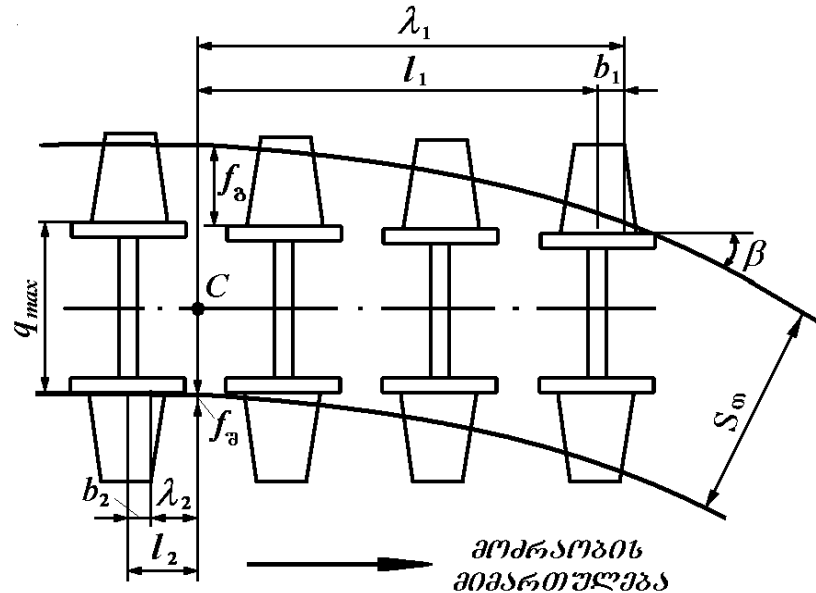
პროფ. კ.ი.ცეგლინსკის გამოკვლევების საფუძველზე მიღებულია, რომ თავისუფალი ჩაწერის შემთხვევაში ორღერძიანი (ნახ.1.11) და სამღერძიანი (ნახ.1.14), ეკიპაჟების ხისტი ბაზის მობრუნების პოლუსი (C წერტილი) მდებარეობს უკანა ღერძის გასწვრივ, ხოლო ოთხღერძიანი ეკიპაჟებისათვის მესამე და მეოთხე ღერძის შუაში (ნახ.1.15).



ნახ.1.14. სამღერძიანი ეკიპაჟის მრუდში თავისუფალი ჩაწერის სქემა

გაჭედილი ჩაწერის შემთხვევაში ეკიპაჟის მობრუნების პოლუსი მოთავსებულია ხისტი ბაზის შუა წერტილში (ნახ.1.12).

იძულებითი ჩაწერის შემთხვევაში კი ეკიპაჟის მობრუნების პოლუსი შეიძლება მდებარეობდეს ნებისმიერ წერტილში, ხისტი ბაზის შუა წერტილიდან უკანა ღერძამდე (ნახ.1.12).



ნახ.1.15. თავისუფალი ჩაწერის შემთხვევაში ოთხდერძიანი ეკიპაჟის მრუდში სქემა

ლიანდის სიგანე ნებისმიერი ეკიპაჟისათვის გეომეტრიული ჩაწერის ნებისმიერი პირობებისათვის განისაზღვრება ფორმულით

$$S = q_{\max} + f_3 + f_3 + 4 \quad (1.6)$$

თუ დავუშვებთ, რომ

$$f_0 = f_3 - f_3 \quad (1.7)$$

მაშინ

$$S = q_{\max} + f_0 + 4 \quad (1.8)$$

სადაც S – ლიანდის სიგანის მინიმალური მნიშვნელობაა ჩაწერის განსახილველი პირობებისათვის;

$q_{\max}$ – წყვილთვალის მაქსიმალური სიგანე;

f_3 – პირველი ღერძის მიმართული თვლის გარე სარელსო ძაფის რელსის მუშა წახნაგთან შეხების წერტილზე გატარებული ქორდის შესაბამისი ჩაღუნვის ისარი;

$f_{\text{ფ}}$ – იგივე შიგა სარელსო ძაფისათვის;

4 მმ – ლიანდის სიგანის შევიწროების დასაშვები ნორმა.

მრუდე სარელსო ძაფის ჩაღუნვის ისარი განისაზღვრება ფორმულით

$$f = \frac{\lambda^2}{2R_{\phi}} \quad (1.9)$$

სადაც λ – მანძილია ეკიპაჟის მობრუნების ცენტრიდან წინა ღერძის თვლის ქიმის რელსის მუშა წახნაგთან შეხების წერტილამდე, (ნახ.1.15);

R_{ϕ} – სარელსო ძაფის რადიუსი.

მანძილი ეკიპაჟის მობრუნების ცენტრიდან თვლის ქიმის რელსის მუშა წახნაგთან შეხების წერტილამდე ტოლია:

გარე სარელსო ძაფისათვის

$$\lambda_1 = l_1 + b_1 \quad (1.10)$$

შიგა სარელსო ძაფისათვის

$$\lambda_2 = l_2 - b_2 \quad (1.11)$$

სადაც l_1 და l_2 – მანძილებია ხისტი ბაზის მობრუნების ცენტრიდან იმ ღერძების ცენტრებამდე, რომლის თვლები ეხებიან რელსის მუშა წახნაგებს;

b_1 და b_2 – მანძილებია თვლის ბრუნვის ცენტრიდან თვლის ქიმის რელსის მუშა წახნაგებთან შეხების წერტილებამდე, (ნახ.1.15).

$$b = \frac{l r \operatorname{tg} \tau}{R} \quad (1.12)$$

სადაც r – თვლის რადიუსია;

τ – თვლის ქიმის ჰორიზონტისადმი დახრის კუთხე, ლოკომოტივის თვლებისათვის $\tau = 70^\circ$, ვაგონის თვლებისათვის $\tau = 60^\circ$;

R – წრიული მრუდის რადიუსი:

გარე სარელსო ძაფის რადიუსი ტოლია

$$R_1 = R + S_0/2 \quad (1.13)$$

შიგა სარელსო ძაფის რადიუსი კი

$$R_2 = R - S_0/2 \quad (1.14)$$

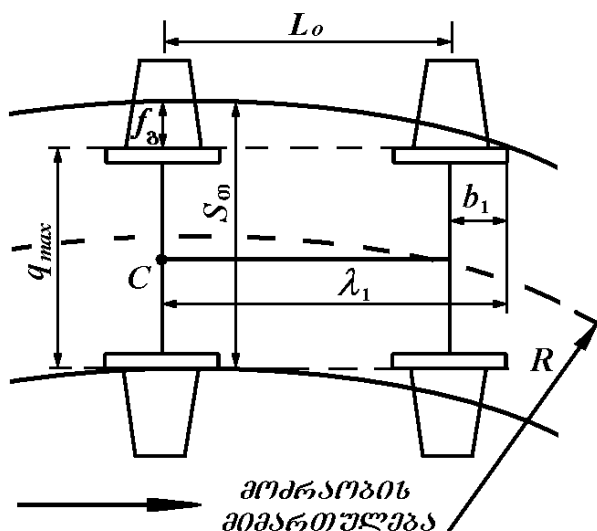
სადაც S_0 – ლიანდის სიგანეა სწორ უბნებში.

14.3. ლიანდის სიგანის განსაზღვრა მრუდებში ორდერძიანი ეკიპაჟის ჩაწერის პირობით

ორდერძიანი ეკიპაჟის მრუდში თავისუფალი ჩაწერის პირობა დაკმაყოფილებულად შეიძლება ჩაითვალოს მაშინ, როდესაც გაანგარიშებების შედეგად მიღებული ლიანდის სიგანე ნაკლები ან ტოლი აღმოჩნდება მოცემული რადიუსისათვის ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებით რეკომენდებულ სიდიდეზე, ე.ი.

$$S_{\sigma} \leq S_0 \quad (1.15)$$

განსაზღვროთ ლიანდის სიგანე მრუდებში ორდერძიანი ეკიპაჟის თავისუფალი ჩაწერის პირობით. ამ შემთხვევაში ეკიპაჟის ხისტი ბაზის მობრუნების ცენტრი C მდებარეობს უკანა ღერძის გასწვრივ, (ნახ.1.16).



ნახ.1.16. ორდერძიანი ეკიპაჟის მრუდში თავისუფალი ჩაწერის სქემა

მაშინ

$$S_{\sigma} = q_{\max} + f_0 + 4 \quad (1.16)$$

სადაც

$$f_0 = f_{\delta} - f_{\nabla} \quad (1.17)$$

რადგანაც მოცემულ შემთხვევაში $f_{\nabla} = 0$, ამიტომ

$$S_{\sigma} = q_{\max} + f_{\delta} + 4 \quad (1.18)$$

ხოლო

$$f_{\delta} = \frac{\lambda_1^2}{2R_1} \quad (1.19)$$

სადაც

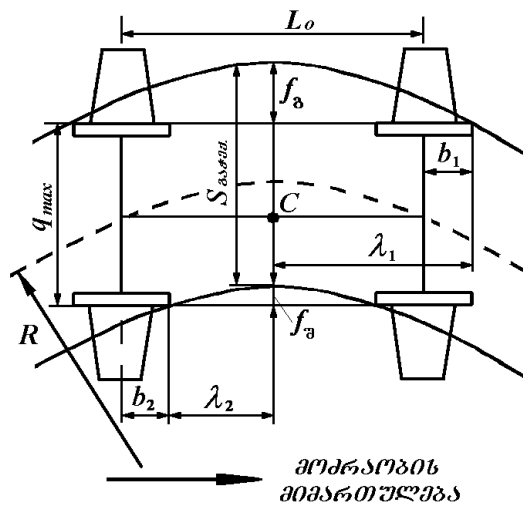
$$\lambda_1 = L_0 + b_1 \quad (1.20)$$

$$R_1 = R + S_0/2 \quad (1.21)$$

$$b_1 = \frac{L_0 \operatorname{tg} \tau}{R_1} \quad (1.22)$$

სადაც L_0 – ხისტი ბაზის სიგრძეა.

თუ აღმოჩნდა, რომ $S_m > S_0$, მაშინ თავისუფალი ჩაწერის პირობა არ კმაყოფილდება და საჭიროა ღიანდის სიგანე განისაზღვროს მრუდში ხისტი ბაზის გაჭედილი ჩაწერის პირობით. ამ შემთხვევაში ხისტი ბაზის მობრუნების ცენტრი მოთავსებულია ხისტი ბაზის შუაში (ნახ.1.17).



ნახ.1.17. ორღერძიანი ეკიპაჟის მრუდში მრუდში ჩასოლილი ანუ გაჭედილი ჩაწერის სქემა

ღიანდაგის სიგანე განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_{\text{გაჭედილი}} = q_{\max} + f_{\delta} - f_{\varphi} + 4 \quad (1.23)$$

$$f_{\delta} = \frac{\lambda_1^2}{2R_1} \quad (1.24)$$

$$f_{\varphi} = \frac{\lambda_2^2}{2R_2} \quad (1.25)$$

$$\lambda_1 = L_0/2 + b_1 \quad (1.26)$$

$$\lambda_2 = L_0/2 + b_2 \quad (1.27)$$

ხოლო

$$b_1 = \frac{\frac{L_0}{2} \operatorname{tg} \tau}{R_1} \quad (1.28)$$

და

$$b_2 = \frac{\frac{L_0}{2} \operatorname{tg} \tau}{R_2} \quad (1.29)$$

1.4.4. ლიანდის სიგანის განსაზღვრა მრუდებში სამღერძიანი ეკიპაჟის ჩაწერის პირობით

ლიანდის სიგანე მრუდებში სამღერძიანი ეკიპაჟებისათვის განისაზღვრება გაჭედილი ან ნორმალურ-იძულებითი ჩაწერის პირობით. ამ შემთხვევაში გათვალისწინებული უნდა იქნეს სამღერძიანი ეკიპაჟების შუა და განაპირა ღერძების განივი წაცურების ღრეჩოების სიდიდეები. სამღერძიანი ეკიპაჟების განაპირა ღერძების წაცურების ღრეჩოები η_1 ერთი და იგივე სიდიდისაა, ხოლო შუა ღერძის ღრეჩოს η_2 -ს η_1 -საგან განსხვავებული მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს.

ა. ლიანდის სიგანის განსაზღვრა მრუდებში სამღერძიანი ეკიპაჟის გაჭედილი ჩაწერის პირობით.

წაცურების ღრეჩოების ჯამური მნიშვნელობის $\sum \eta = \eta_1 + \eta_2$, წრიული მრუდის R რადიუსისა და ხისტი ბაზის L_0 სიგრძის მიხედვით სამღერძიანი ეკიპაჟების მრუდში ჩაწერის დროს სამ შემთხვევას შეიძლება ჰქონდეს ადგილი:

1. როცა წაცურების ღრეჩო გამოყენებული არ არის (ნახ.1.18);
2. როცა $\sum \eta \geq f_{\vartheta}$, მაშინ გარე რელსს შეიძლება ებჯინებოდეს სამივე ღერძის თვლის ქიმები (ნახ.1.19-ა);
3. როცა $\sum \eta < f_{\vartheta}$, მაშინ გარე რელსს ეხება მხოლოდ განაპირა ღერძების თვლის ქიმები (ნახ.1.19-ბ).

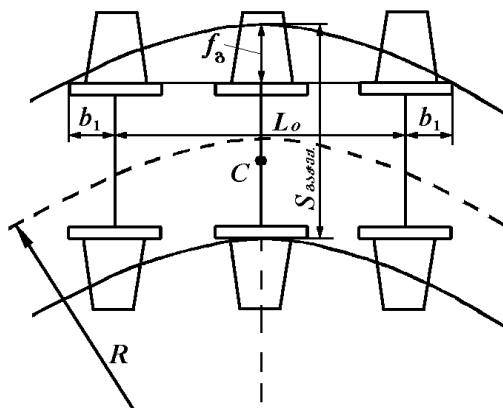
პირველ შემთხვევაში, როცა ეკიპაჟის განივი წაცურების ღრეჩო გამოყენებული არ არის (ან ღერძებს განივი წაცურების ღრეჩოები არ გააჩნიათ), ლიანდის სიგანე მრუდებში განისაზღვრება ფორმულით (ნახ.1.18):

$$S_{\text{გაჭედილი}} = q_{\max} + f_{\vartheta} + 4 \quad (1.30)$$

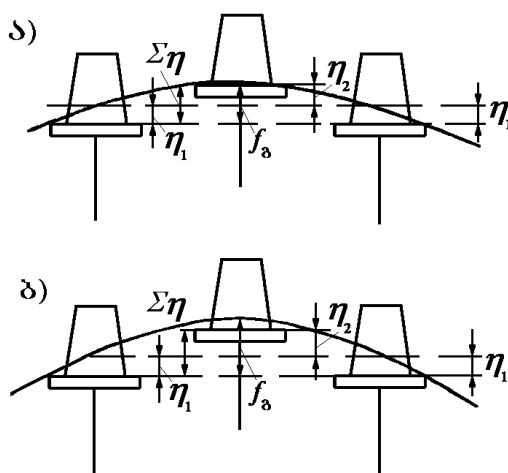
$$f_{\vartheta} = \frac{\lambda_1^2}{2(R_1 + S_0/2)} \quad (1.31)$$

$$\lambda_1 = L_0/2 + b_1 \quad (1.32)$$

$$b_1 = \frac{\frac{L_0}{2} \operatorname{rtg} \tau}{R_1} \quad (1.33)$$



ნახ.1.18. სამღერძიანი ეკიპაჟის მრუდში გაჭედილი ჩაწერის სქემა



ნახ.1.19. სამღერძიანი ეკიპაჟის ღერძების მრუდში გარე რელსის მიმართ განლაგების სქემა

უმეტეს შემთხვევაში სამღერძიანი ხისტი ბაზა გაჭედილი ჩაწერის შემთხვევაში მრუდში განლაგდება ნახ.1.19-ა-ზე მოყვანილი სქემის მიხედვით ე.ი. ადგილი აქვს მეორე შემთხვევას, როცა $\sum \eta \geq f_\delta$, რაც იმას ნიშნავს, რომ ღერძების განივი წაცურების ღრეზო მთლიანად არის გამოყენებული. მაშინ ლიანდის სიგანე სამღერძიანი ეკიპაჟის მრუდში გაჭედილი ჩაწერის პირობით ტოლი იქნება

$$S_{\text{გაგეჟ}} = q_{\max} + f_\delta - f_{\text{წ}} + 4 \quad (1.34)$$

$$f_\delta = \frac{\lambda_1^2}{2R_1} \quad (1.35)$$

$$\lambda_1 = L_0/2 + b_1 \quad (1.36)$$

$$b_1 = \frac{\frac{L_0}{2} \operatorname{rtg} \tau}{R_1} \quad (1.37)$$

$$f_{\vartheta} = \frac{\lambda_2^2}{2R_2} \quad (1.38)$$

$$\lambda_2 = L_0/2 + b_2 \quad (1.39)$$

$$b_2 = \frac{\frac{L_0}{2} \operatorname{rtg} \tau}{R_2} \quad (1.40)$$

მესამე შემთხვევაში, როცა $\sum \eta < f_{\vartheta}$, შუა ღერძის თვლის ქიმი ეჯახება გარე რელსის მუშა წახნაგს და მისი განივი წაცურების ღრუბო ჯერ კიდევ მოღიანად არ არის გამოყენებული (ნახ.1.9-ბ). ამ შემთხვევაში ღიანდის სიგანე ტოლი იქნება

$$S_{\text{გაჭედი}} = q_{\max} + f_{\vartheta} + 4 - \sum \eta \quad (1.41)$$

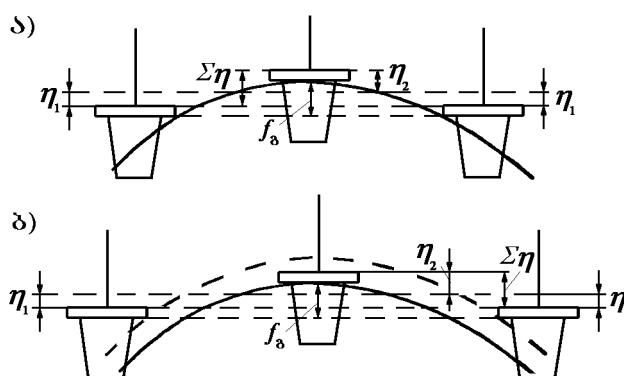
$$f_{\vartheta} = \frac{\lambda_1^2}{2R_1} \quad (1.42)$$

$$\lambda_1 = L_0/2 + b_1 \quad (1.43)$$

$$b_1 = \frac{\frac{L_0}{2} \operatorname{rtg} \tau}{R_1} \quad (1.44)$$

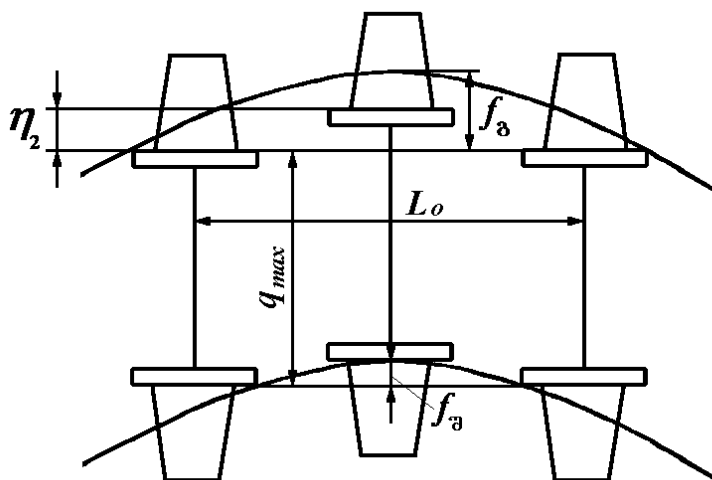
$$\sum \eta = \eta_1 + \eta_2 \quad (1.45)$$

ღერძების ანალოგიური განლაგება შესაძლებელია შიგა სარელსო ძაფის მიმართაც (ნახ.1.20)



ნახ.1.20. სამღერძიანი ეკიპაჟის ღერძების მრუდში შიგა რელსის მიმართ განლაგების სქემა

უმეტეს შემთხვევაში გაჭედილი ჩაწერისას სამღერძიანი ეკიპაჟის ხისტი ბაზა მრუდში განლაგდება შემდეგი სქემით (ნახ.1.21).



ნახ.1.21 გაჭედილი ჩაწერის შემთხვევაში სამღერძიანი ეკიპაჟის ღერძების მრუდში განლაგების სქემა

მრუდში ეკიპაჟის ღერძების ამგვარი განლაგების კრიტერიუმს წარმოადგენს შემდეგი გამოსახულება $\sum \eta \geq f_{\Sigma}$. მაშინ ღიანდის სიგანე განისაზღვრება ფორმულით (1.23). იმ შემთხვევაში როცა $\sum \eta < f_{\Sigma}$, მაშინ ღიანდის სიგანე განისაზღვრება ფორმულით (1.41).

ბ. ღიანდის სიგანის განსაზღვრა მრუდებში სამღერძიანი ეკიპაჟის ნორმალურ-იძულებითი ჩაწერის პირობით.

ნორმალურ-იძულებითი ჩაწერა ეწოდება ისეთ ჩაწერას, რომლის დროსაც ღიანდის $S_{\text{ნორმ.ოდ.}}$ სიგანე ტოლია ან მეტია გაჭედილი ჩაწერის პირობით განსაზღვრულ ღიანდის სიგანეს დამატებული ღრეჩოს მინიმალური სიგანის ნახევარი, ე.ი.

$$S_{\text{ნორმ.ოდ.}} \geq S_{\text{გაჭედილი}} + \delta_{\min}/2 \quad (1.46)$$

სადაც $S_{\text{გაჭედილი}}$ – ღიანდის სიგანე მრუდში ეკიპაჟის გაჭედილი ჩაწერის პირობით;

$\delta_{\min}$ – ღრეჩოს მინიმალური სიგანე თვლის ქიმსა და რელსის მუშა წახნაგებს შორის.

შევიტანოთ (1.34)-ის მნიშვნელობა (1.46)-ში, მაშინ

$$S_{\text{ნორმ.ოდ.}} = q_{\max} + f_{\Sigma} - f_{\Sigma} + \delta_{\min}/2 + 4 \quad (1.47)$$

4.4.5. ლიანდის სიგანის განსაზღვრა ჩაწერის დინამიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით

ლიანდის სიგანის განსაზღვრა ჩაწერის დინამიკური მახასიათებლებით ითვალისწინებს მოძრავი შემადგენლობის ლიანდაგზე ძალისმიერი ზემოქმედების დინამიკურ ფაქტორებს.

ამ ფაქტორების გათვალისწინებით ლიანდის სიგანის განსაზღვრისას მრუდებში საჭიროა შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა:

- ლიანდის საჭირო სიგანის განსაზღვრა მრუდებში დადგენილი სიჩქარეების რეალიზაციისათვის;
- მოძრაობის დასაშვები სიჩქარეების დადგენა მრუდებში ეკიპაჟის ჩაწერის პირობით.

ლიანდის სიგანის განსაზღვრის გაანგარიშება მრუდებში ეკიპაჟის ჩაწერის დინამიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით ინჟ. კ.პ. კოროლიოვის მეთოდით სამ ეტაპად სრულდება:

- ჩაწერის გეომეტრიული მახასიათებლების განსაზღვრა;
- ჩაწერის გაანგარიშება ლიანდაგის აბსოლუტურად ხისტი კონსტრუქციის შემთხვევაში;
- ჩაწერის გაანგარიშება ლიანდაგის დრეკადი კონსტრუქციის შემთხვევაში.

4.4.6. ეკიპაჟის მრუდში ჩაწერის გეომეტრიული მახასიათებლების განსაზღვრა

ამ შემთხვევაში ეკიპაჟი წარმოდგენილია სწორხაზოვანი მონაკვეთის სახით, რომელიც მის გრძივ ღერძს წარმოადგენს, ხოლო სარელსო ძაფები წარმოდგენილია ორი კონცენტრირებული წრის სახით, მათ შორის σ ღრეჩოთი. σ ღრეჩოს მნიშვნელობა შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

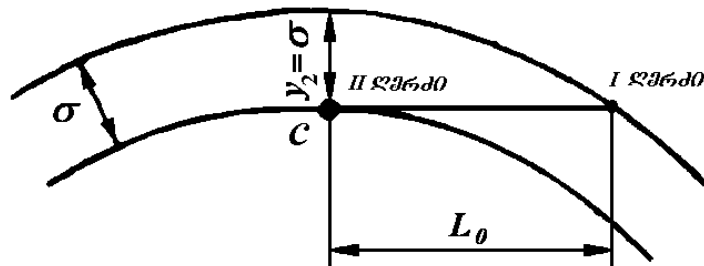
$$\sigma = S - q_{\max} \quad (1.48)$$

სადაც S – ლიანდის სიგანეა მრუდებში გაგანიერების გათვალისწინებით;

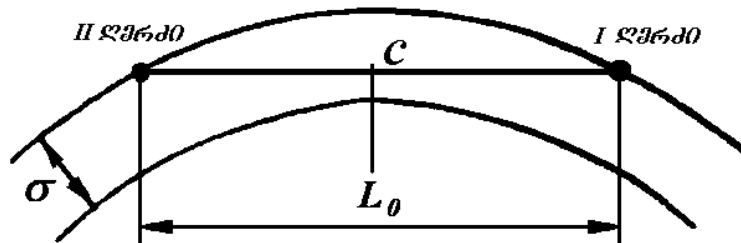
$q_{\max}$ – თვლის ქიმებს შორის მაქსიმალური მანძილი.

გაანგარიშებებისათვის საჭიროა ეკიპაჟის მრუდში განლაგების ზღვრული ზომების დადგენა. პრაქტიკულად მრუდებში ეკიპაჟის განლაგების შემდეგი ზღვრული სქემები არსებობენ:

1. ხისტი ბაზის მიმმართველი წინა ღერძის თვლის ქიმი ებჯინება გარე რელსის მუშა წახნაგს, ხოლო უკანა მიმმართველი ღერძის თვლის ქიმი კი – შიგა რელსის მუშა წახნაგს (ნახ.1.22). ამ შემთხვევაში უკანა ღერძის თვლის ქიმსა და გარე რელსის მუშა წახნაგს შორის ღრეჩო $\sigma = y_{\text{ზღვრ.}}$. ასეთ შემთხვევას ხისტი ბაზის **ირიბი** განლაგება ეწოდება.
2. ხისტი ბაზის პირველი და ბოლო ღერძების თვლების ქიმები ებჯინება გარე რელსის მუშა წახნაგს. ასეთ შემთხვევაში უკანა თვლისა და გარე რელსის მუშა წახნაგებს შორის ღრეჩოს ზღვრული მნიშვნელობა $y_{\text{ზღვრ.}} = 0$ (ნახ.1.23). მრუდში ეკიპაჟის ამგვარ განლაგებას ხისტი ბაზის **ქორდაზე** განლაგება ეწოდება.

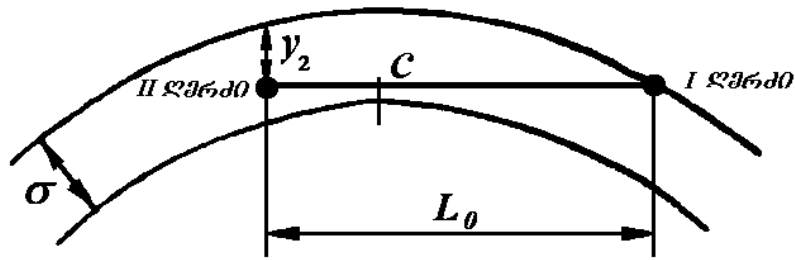


ნახ.1.22. მრუდში ეკიპაჟის ირიბი განლაგება

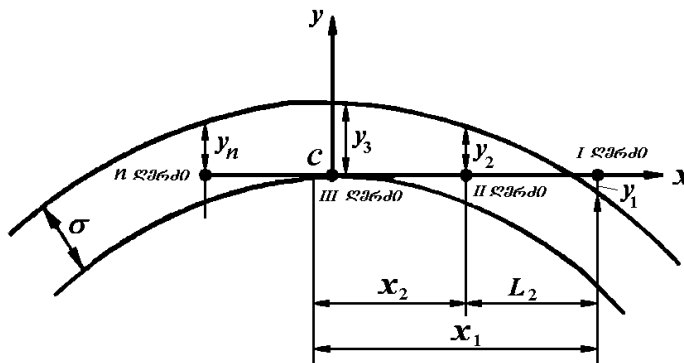


ნახ.1.23. ეკიპაჟის მრუდში ქორდაზე განლაგების სქემა, როცა უკანა მიმმართველ თვალსა და გარე რელსის მუშა წახნაგს შორის ღრეჩო $y_{\text{ზღვრ.}} = 0$

თუ ხისტი ბაზის მრუდში განლაგებისას უკანა მიმმართველი ღერძის თვლის ქიმსა და გარე რელსის მუშა წახნაგებს შორის ღრეჩოს სიდიდე იცვლება ფარგლებში $0 < y_{\text{ზღვრ.}} < \sigma$, მაშინ ხისტი ბაზის **ღრეჩოთი** განლაგებას აქვს ადგილი (ნახ.1.24).



ნახ.1.24. ეკიპაჟის მრუდში „ღრეხოთი“ განლაგების სქემა, როცა $0 < y_{\text{ხღერ}} < \sigma$

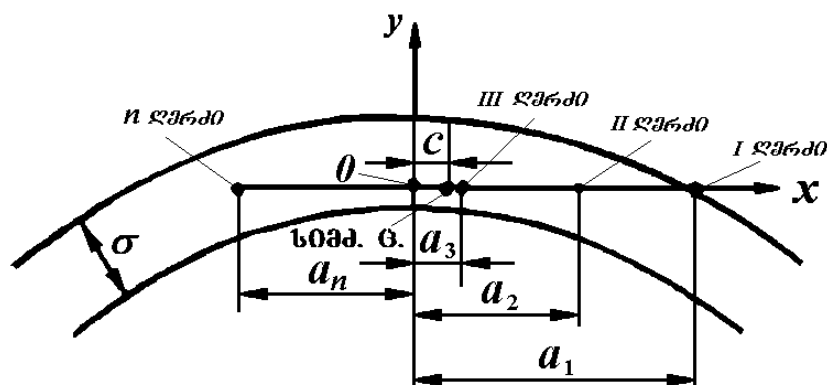


ნახ.1.25. კოორდინატა სისტემაში მრუდში ეკიპაჟის „ღრეხოთი“ განლაგების სქემა (II ვარიანტი)

ჩვეულებრივად გაანგარიშება იწყება ხისტი ბაზის მრუდში ირიბი განლაგების შემთხვევისათვის. ამგვარი განლაგებისათვის უნდა განისაზღვროს ზოგიერთი გეომეტრიული მახასიათებლები (ნახ.1.25):

- ეკიპაჟის სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა პირველი მიმართველი ღერძის მიმართ;
- მანძილი პირველი მიმართველი ღერძიდან ეკიპაჟის მობრუნების ცენტრამდე (პოლუსური მანძილი);
- მანძილები ხისტი ბაზის დანარჩენი ღერძებიდან მობრუნების ცენტრამდე;
- მანძილი ეკიპაჟის შუა ღერძის თვლის ქიმსა და გარე რელსის მუშა წახნაგამდე.

აღნიშნული მახასიათებლები განისაზღვრება კოორდინატა სისტემაში (ნახ.1.26)-ის მიხედვით.



ნახ.1.26. კოორდინატთა სისტემაში მრუდში ეკიპაჟის „ღრეხოთი“ განლაგების სქემა (III ვარიანტი)

ა. ეკიპაჟის სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა განისაზღვრება ფორმულით

$$c = \frac{\sum 2P_i a_i}{G} \quad (1.49)$$

სადაც $2P_i$ – ღერძზე მოსული დატვირთვაა;

a_i – მანძილი i -ური ღერძიდან იმ წერტილამდე, რომლისთვისაც უნდა განისაზღვროს ეკიპაჟის სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა (ნახ.1.25);

G – ეკიპაჟის წონა.

ბ. მანძილი პირველი მიმმართველი ღერძიდან ეკიპაჟის მობრუნების ცენტრამდე ტოლია

$$x_1 = \frac{(y_{\text{ზღვრ}} - y_1)R}{L_{n-1}} + \frac{L_{n-1}}{2} \quad (1.50)$$

სადაც $y_{\text{ზღვრ}}$ – მანძილია უკანა ღერძის თვლის ქიმისა და გარე რელსის მუშა წახნაგებს შორის;

y_1 – იგივე პირველი ღერძისათვის;

L_{n-1} – მანძილი პირველ და ბოლო მიმმართველ ღერძებს შორის;

R – წრიული მრუდის რადიუსი.

ეკიპაჟის მრუდში ირიბი განლაგების შემთხვევაში

$$x_1 = \frac{\sigma R}{L_{n-1}} + \frac{L_{n-1}}{2} \quad (1.51)$$

$$\sigma = \frac{2L_{n-1} \times x_1 - L_{n-1}}{2R} \quad (1.52)$$

გ. მანძილი ეკიპაჟის მობრუნების ცენტრიდან დანარჩენ ღერძებამდე ტოლი იქნება:

$$x_i = x_1 - L_i \quad (1.53)$$

სადაც x_1 – პოლუსური მანძილია;

L_i – მანძილი პირველი მიმართველი ღერძიდან იმ ღერძამდე, რომლისთვისაც განისაზღვრება x_i .

დ. მანძილები თვლის ქიმის მუშა წახნაგებიდან გარე რელსის მუშა წახნაგებამდე შესაბამისი ღერძებისათვის:

$$y_1 = y - \frac{x_1^2}{2R} \quad (1.54)$$

$$y_2 = y - \frac{(x_1 - L_1)^2}{2R} \quad (1.55)$$

.

$$y_n = y - \frac{(x_1 - L_{n-1})^2}{2R} \quad (1.56)$$

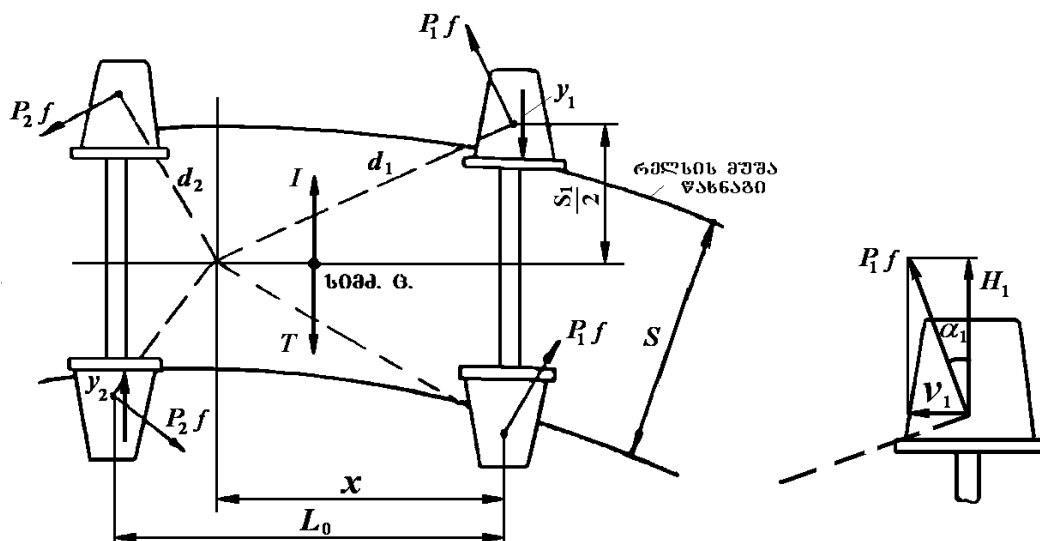
ჩვეულებრივად ეკიპაჟის მრუდში ირიბი განლაგების შემთხვევაში ცნობილია y_1 -ის მნიშვნელობა, ამიტომ (1.54) ფორმულიდან უნდა განისაზღვროს y_2 -ის მნიშვნელობა, შემდეგ კი მანძილები გარე რელსის მუშა წახნაგიდან ყველა ღერძის თვლის ქიმების მუშა წახნაგებამდე.

1.4.7. ეკიპაჟის მრუდში ჩაწერის გაანგარიშება აბსოლუტურად ხისტი კონსტრუქციის ლიანდაგის შემთხვევაში

მრუდში ეკიპაჟის განლაგება დამოკიდებულია მასზე მოქმედი ძალების სიდიდეზე და მიმართულებაზე. მრუდში მოძრაობისას ეკიპაჟის ღერძების თვლის ქიმები ეჯახება გარე რელსის მუშა წახნაგს, რაც იწვევს მის შემობრუნებას იმ ძალების ზემოქმედებით, რომლებიც წარმოიწმენება თვლის ქიმისა და რელსის კონტაქტის წერტილში.

თვლები და ღერძები, რომლებიც განაპირობებს ეკიპაჟის შემობრუნებას მიმართველი თვლები ან ღერძები ეწოდება, ხოლო ძალებს, რომლებიც აღიძვრება მიმართველი თვლის ქიმებისა და რელსის მუშა წახნაგებს შორის მიმართველი ძალები ეწოდება (ნახ.1.27).

მოძრაობის პირობებში, როგორც ცნობილია თვლის არტახებსა და რელსს შორის წარმოიქმნება ხახუნის ძალა $P_i f$. ხახუნის ძალა ეწინააღმდეგება ეკიპაჟის შემობრუნებას. ეს ძალები მიმართულია ეკიპაჟის მობრუნების პოლუსიდან თვლების რელსთან შეხების წერტილებში გატარებული სხივის მართობულად (ნახ.1.27).



ნახ.1.27. ეკიპაჟის თვლებსა და რელსებს შორის აღძრული ძალების განლაგების სქემა

ხახუნის ძალის განივი H_i მდგენელი გამოითვლება ფორმულით

$$H_i = \frac{P_i f x_i}{\sqrt{x_i^2 + (S_1/2)^2}} \quad (1.57)$$

სადაც P_i – თვლებიდან რელსზე გადაცემული დატვირთვაა;

f – თვალსა და რელსს შორის ხახუნის კოეფიციენტი, $f=0,25$;

x_i – მანძილი ეკიპაჟის მობრუნების ცენტრიდან შესაბამის i -ურ ღერძამდე;

S_1 – მანძილი რელსების ვერტიკალურ ღერძებს შორის, $S_1 \approx 1600$ მმ.

ხახუნის ძალის გრძივი V_i მდგენელი გამოითვლება ფორმულით

$$V_i = \frac{P_i f \frac{S_1}{2}}{\sqrt{x_i^2 + (S_1/2)^2}} \quad (1.58)$$

მრუდში მოძრაობისას ეკიპაჟზე მოქმედებს აგრეთვე ცენტრიდანული ძალა

$$I = \frac{mv^2}{R} = \frac{Gv^2}{gR} \quad (1.59)$$

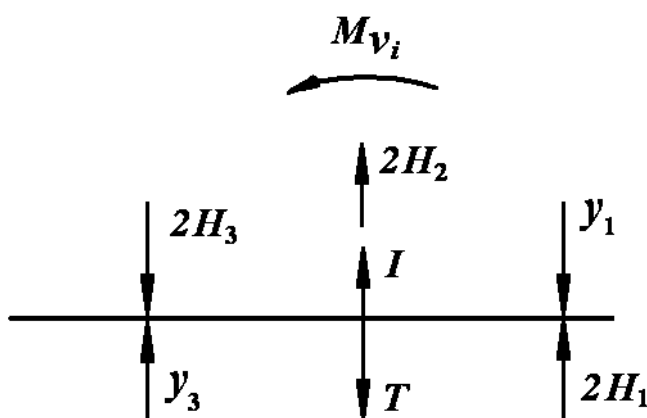
და ეკიპაჟის წონის ტანგენციალური მდგენელი წარმოქმნილი გარე რელსის შემადგენლობით

$$T = \frac{Gh}{S_1} \quad (1.60)$$

სადაც G – ეკიპაჟის წონა;

h – გარე რელსის შემადგენლობის სიდიდე.

უცნობი მიმართველი ძალების სიდიდის განსაზღვრა შეიძლება ეკიპაჟზე მოქმედი ყველა ძალის წონასწორობის პირობით (ნახ.1.28). ეკიპაჟზე, რომელიც წარმოდგენილია სწორი ხაზის მონაკვეთის სახით, მოქმედებენ განივი H_i , გრძივი V_i , ცენტრიდანული I და ტანგენციალური T ძალები.



ნახ.1.28. ეკიპაჟზე ძალებისა და მომენტების მოდების სქემა

ხახუნის ძალის გრძივი მდგენელი V_i წარმოქმნის მომენტს $M = \frac{S_1}{2} \sum V_i$, რომელიც ხელს უშლის ეკიპაჟის მობრუნებას. წონასწორობის პირობისათვის ყველა ძალა დავაგეგმილთ ვერტიკალურ ღერძზე, ხოლო მომენტების ჯამი ავიღოთ ეკიპაჟის სიმძიმის ცენტრის მიმართ, რელსის თავის ღონეზე, მაშინ

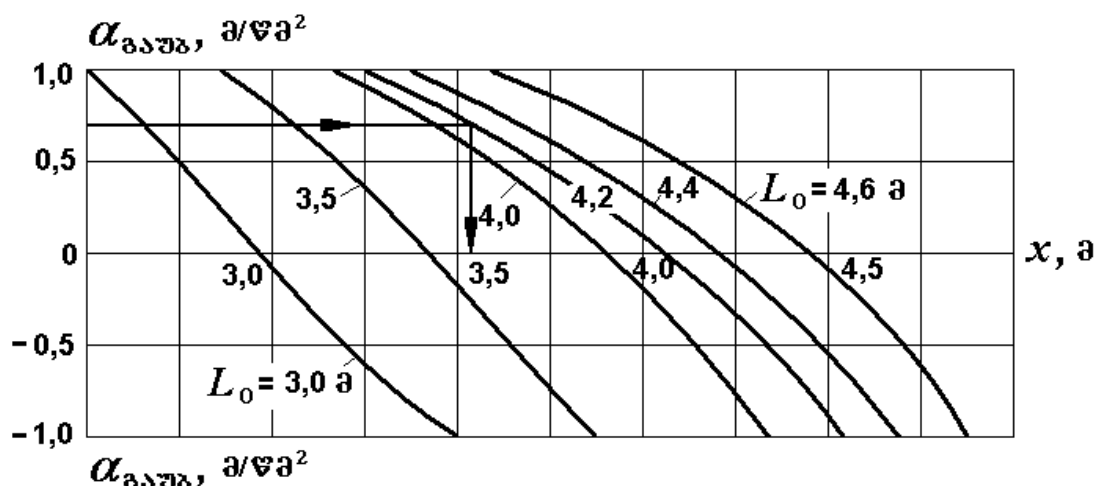
$$\left. \begin{aligned} \sum Y &= \sum 2H_i + \sum Y_i + I - T = 0 \\ \sum M &= \sum M_y + \sum M_{ni} + \frac{S_1}{2} \sum 2V_i = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.61)$$

ამ სისტემის ამოხსნით შეიძლება განისაზღვროს მიმართველი ძალების სიდიდეები.

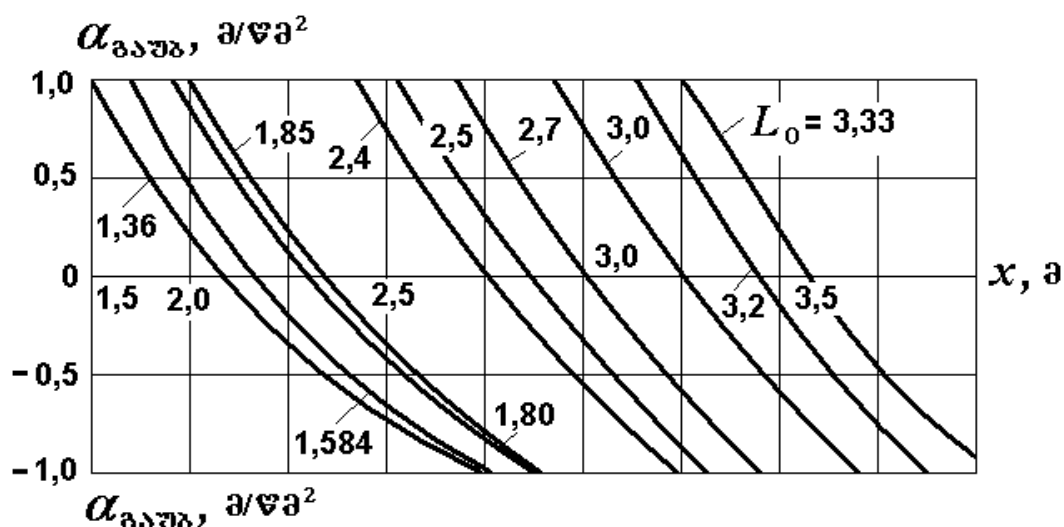
როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული მრუდში ეკიპაჟის განლაგების სქემა მასზე მოქმედ ძალებზეა დამოკიდებული, გამსაკუთრებით კი ცენტრიდანულ I და ტანგენციალურ T ძალებზე. ამიტომ სისტემის ამოხსნის შემდეგ ანალიზი უნდა გაუკეთდეს მიღებულ შედეგებს და შემდეგ გაგრძელდეს დანარჩენი

განგარიშები. მაგალითად, თუ $y_n < 0$ ირიბი ან ქორდული ჩაწერის შემთხვევაში, ან $y_n \neq 0$ ღრეოთი ჩაწერის პირობებში, მაშინ ადგილი აქვს ეკიპაჟის მრუდში განლაგების არარეალურ სქემას მოცემული სიჩქარეებისათვის. ამიტომ უნდა განხილულ იქნეს ჩაწერის სხვა სქემა მოძრაობის იმავე სიჩქარისათვის ან იგივე სქემა მოძრაობის სიჩქარის სხვა სიდიდისათვის.

განგარიშების გაადვილების მიზნით, მრუდში ეკიპაჟის განლაგების სქემის შესარჩევად და მისი შესაბამისი პოლუსური x მანძილის დასადგენად უნდა ვისარგებლოთ ნომოგრამებით (ნახ.1.29 და ნახ.1.30).



ნახ.1.29. x მანძილის და $a_{გაუზ}$ დამოკიდებულების ნომოგრამა სამღერძიანი ეკიპაჟებისათვის

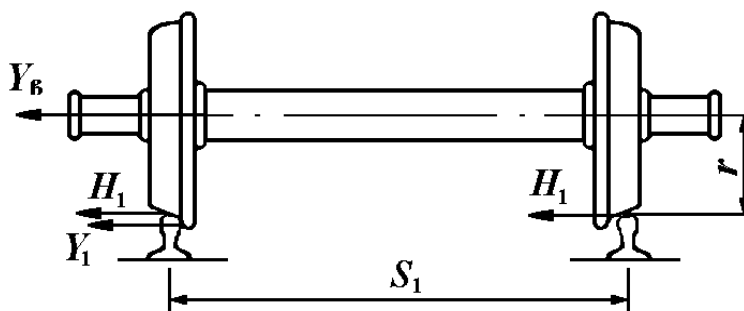


ნახ.1.30. x მანძილის და $a_{გაუზ}$ დამოკიდებულების ნომოგრამა ორღერძიანი ეკიპაჟებისათვის

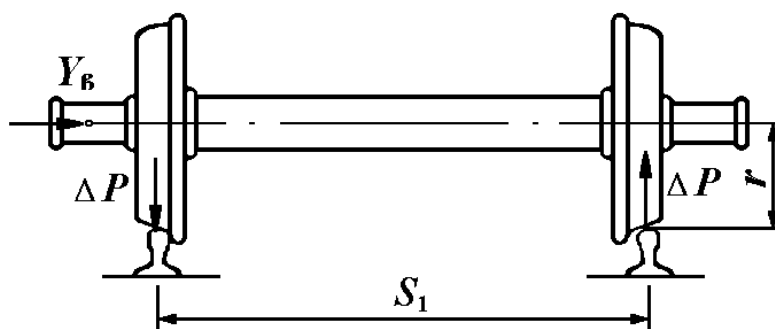
ეკიპაჟის ლიანდაგზე ზემოქმედების შეფასებისათვის მნიშვნელოვანია აგრეთვე გვერდითი და ჩარჩო ძალების გავლენა.

გვერდითი ძალა $Y_{გვ}$ (ნახ.1.31) წარმოადგენს მიმმართველი ძალებისა და ხახუნის ძალის განივი მდგენელის ალგებრულ ჯამს აღებული განსახილველი თვალისათვის

$$Y_{გვ} = Y_i \pm H_i \quad (1.62)$$



ნახ.1.31. თვალზე გვერდითი ძალების მოდების სქემა



ნახ.1.32. თვალზე ვერტიკალური ძალების გადანაწილების სქემა

ჩარჩო ძალა $Y_{ჩ}$ - არის ეკიპაჟის ჩარჩოდან წყვილთვალზე გადაცემული დატვირთვა. ჩარჩო ძალის მნიშვნელობა ტოლია მიმმართველი ძალისა და ხახუნის ძალის განივი მდგენელების ალგებრული ჯამისა აღებული ორთავე თვალისათვის

$$Y_{ჩ} = Y_i \pm 2H_i \quad (1.63)$$

ჩარჩო ძალა იწვევს სარელსო ძაფებზე ვერტიკალური დატვირთვების გადანაწილებას. ვერტიკალური დატვირთვების ცვალებადობა რელსების მიმართ ტოლია (ნახ.1.32)

$$\Delta P = \frac{Y_{ჩ} r}{S_1} \quad (1.64)$$

სადაც r – თვლის რადიუსია.

მაშინ ვერტიკალური დატვირთვა რელსებზე ტოლი იქნება

$$P = P_{\text{სტ}} \pm \Delta P \quad (1.65)$$

ხახუნის ძალის განივი H_i მდგენელის მნიშვნელობა, რელსებზე ვერტიკალური დატვირთვების გადანაწილების გათვალისწინებით ტოლია

$$H_{\text{გადატ}} = \frac{H(P_{\text{სტ}} + \Delta P)}{P_{\text{სტ}}} \quad (1.66)$$

$$H_{\text{განტვ}} = \frac{H(P_{\text{სტ}} - \Delta P)}{P_{\text{სტ}}} \quad (1.67)$$

ხახუნის ძალის მნიშვნელობის კორექტირების შემდეგ გვერდითი ძალების მნიშვნელობები ნებისმიერი ღერძისათვის გამოითვლება ფორმულებით (ცხრილი 1.2).

ცხრილი 1.2

თვლების მდგომარეობა მობრუნების პოლუსის მიმართ	თვლებისათვის, რომლებიც მოძრაობენ	
	გარე რელსზე	შიგა რელსზე
მობრუნების პოლუსის წინ	$Y_{\text{იწ}} = Y_i - 2H_i$ $Y_{\text{იგვ}} = Y_i - H_i^{\text{ფ}}$	$Y_{\text{იწ}} = Y_i + 2H_i$ $Y_{\text{იგვ}} = Y_i + H_i^{\text{ფ}}$
მობრუნების პოლუსის უკან	$Y_{\text{იწ}} = Y_i + 2H_i$ $Y_{\text{იგვ}} = Y_i + H_i^{\text{ფ}}$	$Y_{\text{იწ}} = Y_i - 2H_i$ $Y_{\text{იგვ}} = Y_i - H_i^{\text{ფ}}$

გვერდითი ძალების საბოლოო მნიშვნელობა მიიღება დინამიკურობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით, რომელიც ტოლია:

$$k_{\text{გვ}} = 1 + \alpha v \quad (1.68)$$

ჩარჩო ძალების საბოლოო მნიშვნელობაც გამოითვლება დინამიკურობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით. იგი ტოლია:

$$k_{\text{ჩ}} = 1 + (0,7 \div 0,8)\alpha v \quad (1.69)$$

სადაც v – მოძრაობის სიჩქარეა;

α – კოეფიციენტი დამოკიდებული მოძრავი შემადგენლობის ტიპზე და მოძრაობის სიჩქარეზე (ცხრილი 1.3).

მოძრავი შემადგენლობის ტიპი	α კოეფიციენტი
ელმავალი ВЛ80 ¹	0,003 ÷ 0,004
ელმავალი ВЛ41	0,005
ელმავალი ЧС2	0,004 ÷ 0,005
ელმავალი ЧС4	0,003 ÷ 0,004
ელექტრომატარებლები ЭР1, ЭР11 ЭР22	0,003
თბომავალი ТЭП60 ²	0,003 ÷ 0,004
თბომავალი ТЭ7 ³	0,004 ÷ 0,005
ოთხღერძიანი სატვირთო ვაგონები ЦНИИ-ХЗ-О ურიკებით	0,003 ÷ 0,0035
ოთხღერძიანი სატვირთო ვაგონები УВЗ-9М ურიკებით	0,003 ÷ 0,0035
სამგზავრო ვაგონები КВЗ- ЦНИИ ურიკებით	0,003

შენიშვნა: 1 – როცა მოძრაობის სიჩქარე $v > 40$ კმ/სთ; 2 – პირველი მნიშვნელობა, როცა $v > 70$ კმ/სთ, მეორე მნიშვნელობა, როცა $v \leq 70$ კმ/სთ; 3 – ბუქსებში დრეკადი მისაბჯენების არსებობისას: პირველი მნიშვნელობა, როცა $v > 100$ კმ/სთ, მეორე მნიშვნელობა, როცა $v \leq 100$ კმ/სთ.

1.4.8. ეკიპაჟის მრუდში ჩაწერის გაანგარიშება დრეკად ლიანდაგში დინამიკური მახასიათებლებით

მრუდში ეკიპაჟის ჩაწერისას დრეკადი ლიანდაგის სარელსო ლიანდი გვერდითი ძალების ზემოქმედების შედეგად განიერდება, რელსების თავების ლიანდის გარეთ დრეკადი გადაღუნვის გამო.

უნდა განისაზღვროს რელსების თავების განივი ჰორიზონტალური გადაადგილება

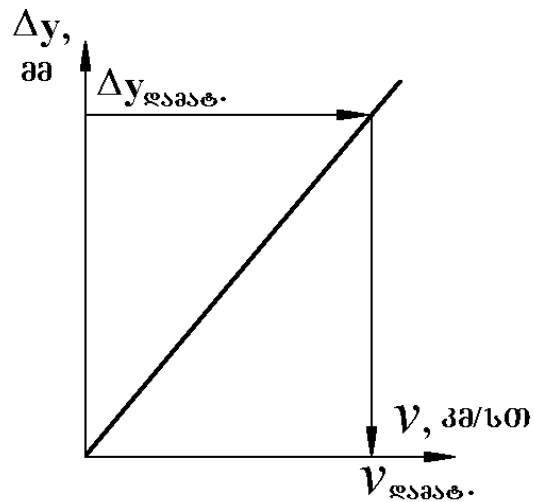
$$\Delta y = \frac{k_{\text{გვ}} Y_{\text{გვ}}}{\beta} \quad (1.70)$$

სადაც β – სარელსო ძაფის განივი სიხისტის დამახასიათებელი კოეფიციენტი (ცხრილი 1.4).

რელსის ტიპი	β კოეფიციენტი, კგ/მმ	
	რკინაბეტონის შპალები	ხის შპალები
P65	2000	1800
P50	1800	1600
P43	—	1200

რელსის თავების განივი გადაადგილების სიდიდის განსაზღვრის შემდეგ უნდა დადგინდეს ეკიპაჟის მიმმართველი ღერძების მრუდში განლაგების სქემა. ხისტი ბაზის ახალი მდებარეობისათვის უნდა განისაზღვროს ჩაწერის გეომეტრიული და ძალოვანი მახასიათებლები ზემოთ აღწერილი მეთოდებით. შემდეგ ხელმეორედ უნდა განისაზღვროს რელსების თავების განივი გადაადგილების სიდიდეები მიმმართველი ღერძების ახალი მდებარეობისათვის და შედარდეს წინათ მიღებულ სიდიდეებს. თუ მათ შორის განსხვავება 5%-ს აღემატება, გაანგარიშება ხელმეორედ უნდა ჩატარდეს. შემდგომში გაანგარიშებები ჩატარდება ანალოგიურად სიჩქარეების სხვა მნიშვნელობებისათვის.

მიღებული შედეგები საჭიროა რელსების თავების განივი გადაწევის სიჩქარეებთან დამოკიდებულების გრაფიკების ასაგებად (ნახ.1.33).



ნახ.1.33. რელსის თავის გადაღუნვის სიდიდის მოძრაობის სიჩქარესთან დამოკიდებულების გრაფიკი

ამ გრაფიკების საშუალებით განისაზღვრება მრუდებში მოძრაობის მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარეები, რელსების თავების განივი გადაწევის მაქსიმალური დასაშვები სიდიდის მიხედვით (ცხრილი 1.5).

ცხრილი 1.5

რელსის ტიპი	განივი გადაწევის დასაშვები სიდიდე, მმ	
	რკინაბეტონის შპალები	ხის შპალები
P65	5,0	5,5
P50	5,5	6,0
P43	—	7,5

1.4.9. ლიანდაგზე ეკიპაჟიდან გადაცემული განივი ძალების ზემოქმედების შეფასება გრაფიკ-პასპორტებით

მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟის მრუდში ჩაწერისას ლიანდაგზე გადაცემული განივი ძალების სიდიდის განსაზღვრა შესაძლებელია პროფ. ო.ერშკოვის მიერ შედგენილი გრაფიკ-პასპორტების საშუალებით.

გრაფიკ-პასპორტების გამოყენება, ხშირ შემთხვევაში, მნიშვნელოვნად ამცირებს გამოთვლების მოცულობას.

გრაფიკ-პასპორტებს უწოდებენ განივი (მიმმართველი, გვერდითი და ჩარჩო) ძალების და პოლუსური მანძილების დამოკიდებულებას გაუბათილებელ აჩქარებასთან. გაუბათილებელი განივი აჩქარება $a_{\text{გაუბ.}}$ წარმოადგენს ცენტრიდანული და გარე რელსის შემადგენლების შედეგად წარმოქმნილ ცენტრისკენული აჩქარებების სხვაობას. იგი განისაზღვრება ფორმულით

$$a_{\text{გაუბ.}} = \frac{v^2}{3,6^2 \times R} - g \frac{h}{S_1} \quad (1.72)$$

სადაც v – მოძრაობის სიჩქარეა, კმ/სთ;

R – წრიული მრუდის რადიუსი, მ;

g – სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ²;

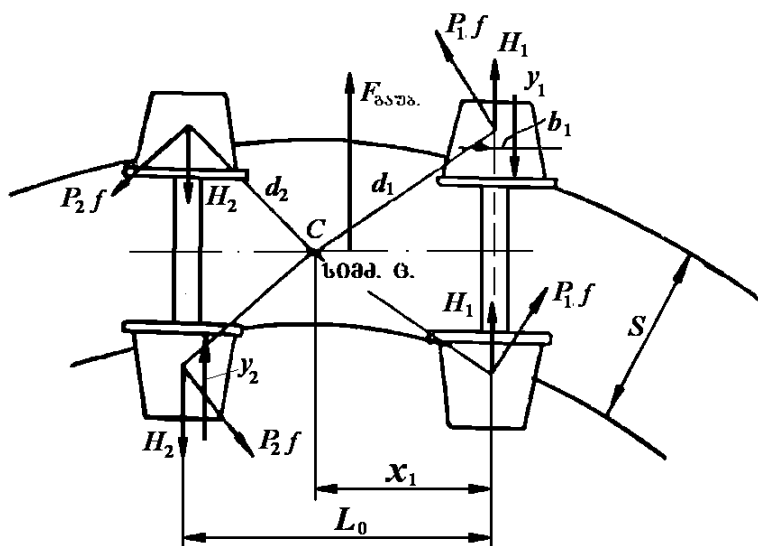
h – გარე რელსის შემადგენლება, მმ;

S_1 – რელსების ღერძებს შორის მანძილი, მმ;

3,6 – განზომილების დაყვანის კოეფიციენტი $a_{\text{გაუბ.}}$ -ის მ/წმ²-ში მისაღებად.

მრუდში მოძრავ ეკიპაჟზე მოქმედებს ძალთა რთული სივრცობრივი სისტემა. გაანგარიშებებში დაშვებულია რიგი გამარტივებები. მიღებულია, რომ ეკიპაჟზე მოქმედი ყველა ძალა მოდებულია რელსის თავეზე გამავალ სიბრტყეზე და რომ ეკიპაჟი მოძრაობს დამყარებული სიჩქარით გეომეტრიულად სწორ წრიულ მრუდში, გარე რელსის თანაბარი შემადგენლებით.

დავწეროთ ეკიპაჟზე მოქმედი ყველა ძალების პროექციის ჯამი ვერტიკალურ ღერძზე და ყველა ძალების მომენტების ჯამი მობრუნების ცენტრის მიმართ (ნახ.1.34):



ნახ.1.34. ორღერძიან ეკიპაჟზე ძალთა სისტემის მოდების სქემა

$$\left. \begin{aligned} 2H_1 - 2H_2 + F_{\text{გაუბ.}} &= Y_1 - Y_2 \\ 2Pf(d_1 + d_2) + F_{\text{გაუბ.}} \left(x - \frac{L_0}{2} \right) &= Y_1 x_1 + Y_2 (L_0 - x_1) \end{aligned} \right\} \quad (1.73)$$

სადაც $F_{\text{გაუბ.}}$ – გაუბათილებელი განივი ძალაა, მოდებული ეკიპაჟის სიმძიმის ცენტრში;

P – თვლიდან რელსზე გადაცემული დატვირთვა;

f – თვლის რელსზე წაცურების ხახუნის კოეფიციენტი, $f = 0,25$;

L_0 – ეკიპაჟის ხისტი ბაზა;

H_1 და H_2 – ხახუნის ძალის განივი მდგენელი, მოდებული შესაბამისად პირველი და მეორე ღერძის მიმართ;

d_1 და d_2 – მანძილი მობრუნების ცენტრიდან შესაბამისად პირველი და მეორე ღერძის თვლების რელსთან კონტაქტის წერტილამდე,

$$d_1 = \sqrt{x_1^2 + (S_1/2)^2}; \quad d_2 = \sqrt{(x_1 - L_0/2)^2 + (S_1/2)^2}.$$

$2Pf(d_1 + d_2)$ სიდიდე წარმოადგენს ხახუნის ძალების მომენტს, რომელიც ყოველთვის მიმართულია შემობრუნების საწინააღმდეგო მხარეს.

(1.73) სისტემის მეორე განტოლებაში უცნობია მიმართველი Y_1 , Y_2 ძალებისა და პოლუსური x_1 მანძილის სიდიდეები.

მრუდში ეკიპაჟი, მასზე მოქმედ ძალებთან დამოკიდებულებით, შეიძლება განლაგდეს სხვადასხვა მდგომარეობაში. თუ ეკიპაჟის მოძრაობას მიმართავს გარე რელსთან კონტაქტით, მხოლოდ პირველი ღერძი (თავისუფალი ჩაწერა), მაშინ $Y_2 = 0$ და უცნობი რჩება Y_1 და x_1 . თუ მოძრაობას მიმართულებას აძლევს, ეკიპაჟის

პირველი და მეორე ღერძი (იძულებითი ჩაწერა), მაშინ $Y_2 \neq 0$ და უცნობი რჩება Y_1 და Y_2 , ხოლო პოლუსური x_1 მანძილი ცნობილია. პოლუსური მანძილი $x_1 = x_{\min}$, თუ მოძრაობას მიმართულებას აძლევს პირველი ღერძის თვალი გარე რელსის მეშვეობით და $x_1 = x_{\max}$, თუ მოძრაობის მიმართულებას განსაზღვრავს ორივე ღერძის თვლები, ორთავე სარელსო ძაფის მეშვეობით. $x_{\min}$ და $x_{\max}$ სიდიდეები განისაზღვრება ფორმულებით:

$$x_{\min} = \frac{L_0}{2} + \frac{(\eta_2 - \eta_1)R}{L_0} \quad (1.74)$$

$$x_{\max} = \frac{L_0}{2} + \frac{(\delta_0 + \eta_2 - \eta_1)R}{L_0} \quad (1.75)$$

სადაც L_0 – მანძილია მიმმართველ ღერძებს შორის, ჩვენს შემთხვევაში იგივეა, რაც ეკიპაჟის ხისტი ბაზის სიგრძე;

δ_0 – ღრეჩო თვლის ქიმსა და რელსის მუშა წახნაგს შორის;

η_1 და η_2 – შესაბამისად პირველი და მეორე ღერძის წაცურების ღრეჩოს სიდიდე;

R – წრიული მრუდის რადიუსი, მ.

ცნობილია რა პოლუსური მანძილის სიდიდეები, განტოლებათა (1.73) სისტემის საშუალებით განისაზღვრება ხახუნის ძალა და მისი მომენტი. ამის შემდეგ (1.72) ფორმულიდან განისაზღვრება გაუბათილებელი განივი აჩქარება, ხოლო ხახუნის გაუბათილებელი განივი ძალა ტოლი იქნება:

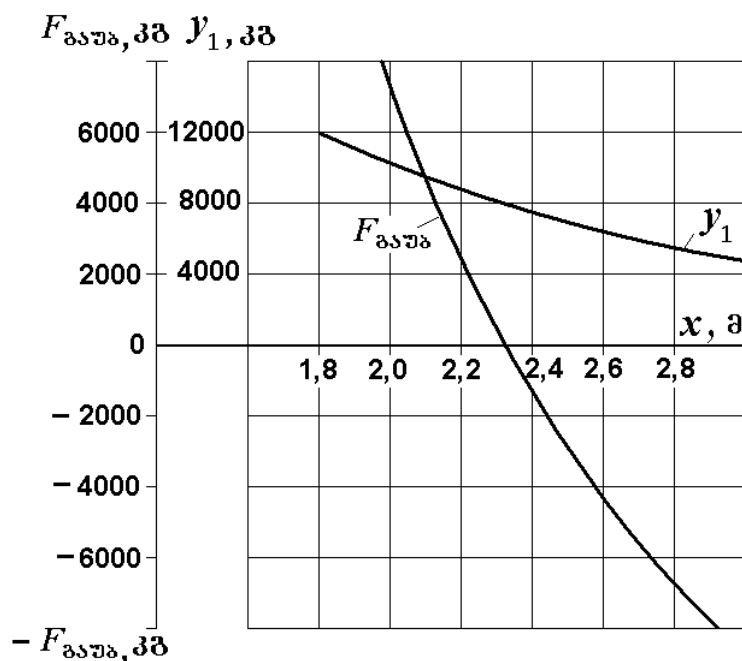
$$F_{\text{გაუბ}} = \frac{G}{g} a_{\text{გაუბ}} \quad (1.76)$$

სადაც G – ეკიპაჟის წონაა.

განტოლებათა (1.73) სისტემაში ყველა ცნობილი სიდიდეების შეტანის შემდეგ, ადვილად განისაზღვრება Y_1 და Y_2 ძალების სიდიდეები.

გაცილებით რთულია ამოცანის ამოხსნა, როდესაც ეკიპაჟის მოძრაობის მიმართულებას განსაზღვრავს მხოლოდ ერთი ღერძი და პოლუსური მანძილის სიდიდეც უცნობია. ასეთ შემთხვევაში განტოლებათა (1.73) სისტემა გრაფო-ანალიზური მეთოდით ამოიხსნება. უშვებენ პოლუსური მანძილის სხვადასხვა მნიშვნელობებს $x_{\min} \leq x_1 \leq x_{\max}$ ფარგლებში. განტოლებათა (1.73) სისტემის საშუალებით განისაზღვრება მიმმართველი Y_1 და ხახუნის გაუბათილებელი განივი $F_{\text{გაუბ}}$ ძალები. გაანგარიშების შედეგები დაიტანება გრაფიკზე, რომლის აბსცისთა ღერძზე გადაზომილია პოლუსური მანძილები x_1 , ხოლო ორდინატთა ღერძზე –

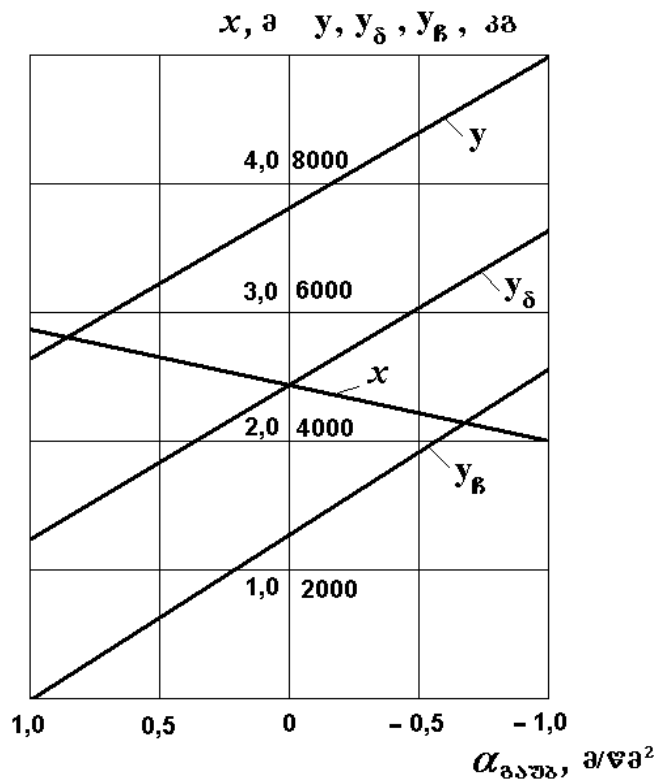
ძალები Y_1 და $F_{\text{გაუბ}}$. ასეთი გრაფიკი ოთხღერძიანი სატვირთო ვაგონისათვის, ЦНИИ-ХЗ-О ურიკებით ნაჩვენებია ნახ.1.35-ზე.



ნახ.1.35. ЦНИИ-ХЗ-О ურიკაზე მოქმედ ძალთა გრაფიკი

ეკიპაჟის მოძრაობის კონკრეტული პირობებისათვის (მრუდის რადიუსი, მოძრაობის სიჩქარე, გარე რელსის შემაღლების სიდიდე), (1.72) ფორმულის საშუალებით განსაზღვრავენ გაუბათილებელი აჩქარების მნიშვნელობას, ხოლო (1.76) ფორმულის საშუალებით განსაზღვრავენ გაუბათილებელი განივი $F_{\text{გაუბ}}$ ძალის სიდიდეს. შემდეგ გრაფიკის (ნახ.1.35) საშუალებით შეიძლება განისაზღვროს $F_{\text{გაუბ}}$ ძალის პოლუსური x_1 მანძილის მნიშვნელობა. ცნობილია, რა x_1 -ის სიდიდე ამავე გრაფიკიდან განისაზღვრება მიმმართველი Y_1 ძალის მნიშვნელობა, რის შემდეგ გამოითვლება გვერდითი $Y_{\text{გვ}}$ და ჩარჩო $Y_{\text{ჩ}}$ ძალების სიდიდეები.

გაუბათილებელი $a_{\text{გაუბ}}$ აჩქარების სხვადასხვა მნიშვნელობის გამოსათვლელად გაანგარიშებების სერიის ჩატარების შემდეგ, განისაზღვრება პოლუსური მანძილების, მიმმართველი, განივი და ჩარჩო ძალების შესაბამისი მნიშვნელობები. მიღებული მონაცემების საფუძველზე აიგება მრუდში ეკიპაჟის ლიანდაგზე განივი ზემოქმედების გრაფიკი-პასპორტი. ნახ.4.36-ზე ნაჩვენებია მრუდში ЦНИИ-ХЗ-О ურიკებიანი ოთხღერძიანი სატვირთო ვაგონის ლიანდაგზე ზემოქმედების გრაფიკი-პასპორტი.



ნახ.1.36. ოთხღერძიანი ЦНИИ-ХЗ-О ურიკებიანი ვაგონის ლიანდაგზე განივი ზემოქმედების გრაფიკი-პასპორტი

ამჟამად აგებულია ყველა ძირითადი ტიპის ეკიპაჟების გრაფიკ-პასპორტები, რომელთა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ განივი ძალები გაუბათილებელი აჩქარების სიდიდესთან ხაზობრივ დამოკიდებულებაშია. ამ დამოკიდებულებების მიხედვით შედგენილია ცხრილი 1.6.

გრაფიკ-პასპორტების გამოყენებით, შეიძლება დადგინდეს მრუდში ეკიპაჟის დადგენილი სიჩქარით მოძრაობის შესაძლებლობა და ლიანდის სიგანე თავისუფალი ჩაწერის პირობით.

ცნობილია რა მოძრაობის სიჩქარე, მრუდის რადიუსი და გარე რელსის შემადგენლობა, (1.72) ფორმულით განისაზღვრება $a_{გაუბ}$. მნიშვნელობა და გრაფიკ-პასპორტებიდან ამოიღება $a_{გაუბ}$. შესაბამისი გვერდითი $Y_{გგ}$ ძალის და პოლუსური x_i მანძილის სიდიდეები. $Y_{გგ}$ ძალის გრაფიკული მნიშვნელობის გამრავლებით დინამიკურობის $k_{გგ}$ კოეფიციენტზე (1.71) ფორმულის მიხედვით, მიიღება გვერდითი დინამიკური $Y_{გგ}^{ლიბ}$ ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა. $Y_{გგ}^{ლიბ}$ ძალის მნიშვნელობას ადარებენ დასაშვებ $[Y_{გგ}]=10\text{ტ}$. მნიშვნელობას. თუ გაანგარიშების შედეგად

მიღებული პალა $Y_{\text{ფ}}^{\text{ლინ}} \leq 10\text{ტ}$, მაშინ ეკიპაჟის მოძრაობა ლიანდაგში P50 და უფრო მძიმე ტიპის რელსებით, დასაშვებია.

პოლუსური x_i მანძილის განსაზღვრის შემდეგ დადგინდება რელსის მუშა წახნაგსა და თვლის ქიმს შორის მინიმალური თავისუფალი δ_0 ღრეხოს სიდიდე. ამისათვის (1.75) განტოლებაში x_{max} -ის ნაცვლად შეიტანება x_i -ის მნიშვნელობა და განისაზღვრება δ_0 .

ლიანდის სიგანე თავისუფალი ჩაწერის პირობით განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_{\text{ო}} = q_{\text{max}} + \delta_0 + 4 \quad (1.77)$$

მიმმართველი, გვერდითი და ჩარჩო ძალების საანგარიშო ფორმულები

ეკიპაჟის ტიპი		მანძილი ურიკის განაპირა ღერძებს შორის, მ	თვალზე მოსული და- ტვირთვა, კგ	ძარის ურიკას- თან კავშირის დემფირული მომენტი m_0 , კგმ	განივი ძალების საანგარიშო ფორმულები ¹		
					მიმმართველი Y	გვერდითი ² (Y-H ₁)	ჩარჩო Y _ჩ
1		2	3	4	5	6	7
ოთხღერძიანი სატვირთო ვაგონი ЦНИИ-ХЗ-0 ურიკებით		1,85	10500	390 1300	7870+2500 $a_{გა}$ 8200+2500 $a_{გა}$	5050+2450 $a_{გა}$ 5400+2500 $a_{გა}$	2800+2600 $a_{გა}$ 3150+2600 $a_{გა}$
ექვსღერძიანი სატვირთო ვა- გონი სამღერ- ძიანი ურიკე- ბით	შუა ღერძის წაცურების ღრეხოს გარეშე	3,50	10700	390 1300	9850+2900 $a_{გა}$ 10120+2900 $a_{გა}$	6500+2800 $a_{გა}$ 6700+2800 $a_{გა}$	4600+3100 $a_{გა}$ 4800+3100 $a_{გა}$
	შუა ღერძის წაცურების ღრეხოთი (УВЗ-9 ^м)	3,50	10700	390 1300	7170+3500 $a_{გა}$ 7430+3500 $a_{გა}$	4300+3000 $a_{გა}$ 4500+3000 $a_{გა}$	1950+3500 $a_{გა}$ 2200+3500 $a_{გა}$
სამგზავრო ვაგონი ЦМВ ურიკებით		2,70	8100	900	5490+1950 $a_{გა}$	3400+1750 $a_{გა}$	1600+1950 $a_{გა}$
სამგზავრო ვაგონი KB3-ЦНИИ ურიკებით		2,40	7100	2000	5540+1700 $a_{გა}$	3650+1450 $a_{გა}$	2100+1700 $a_{გა}$
ელმავალი БЛ80	შეუწყვილებელი ურიკებით ³	3,00	11500	2780	8150+2500 $a_{გა}$	5100+2250 $a_{გა}$	2500+2500 $a_{გა}$
	შეუწყვილებელი ურიკებით ³ R=1000 მ.	3,00	11500	2780	6250+2100 $a_{გა}$	3400+2000 $a_{გა}$	750+2200 $a_{გა}$
ელმავალი БЛ60 (შუა ღერძის წაცურების ღრეხოთი), R =1000მ		4,60	11500	3450	7900+2800 $a_{გა}$	4800+2600 $a_{გა}$	2200+2800 $a_{გა}$
თბომავალი ТЭП60(შუა ღერძის წაცურების ღრეხოთი), R =1000 მ.		4,60	10500	4560	6800+3500 $a_{გა}$	4250+3500 $a_{გა}$	1700+3500 $a_{გა}$
თბომავალი ТЭ7 (ღერძები წაცურების ღრეხოს გარეშე)		4,20	10500	4500	10500+3500 $a_{გა}$	7950+3500 $a_{გა}$	5200+3500 $a_{გა}$
ელექტრომატარებელი ЭР22		2,75	10813	3770	8700+2400 $a_{გა}$	5800+2200 $a_{გა}$	3500+2400 $a_{გა}$
ელექტრომატარებელი ЭР1		2,42	9050	1210	6700+2100 $a_{გა}$	4300+1900 $a_{გა}$	2350+2000 $a_{გა}$

შენიშვნები: ¹ - ფორმულები მიღებულია თელის ქიმსა და რელსს შორის ხახუნის კოეფიციენტისათვის $\mu_{ახ} = 0,25$; ფორმულების გამოყენების სფერო იცვლება $a_{გა} = 0,5 - 1,0$ მ/წმ ფარგლებში;

² - გვერდითი ძალები განსაზღვრულია ჩარჩო ძალებისაგან გადატვირთვის გათვალისწინებით;

³ - ლოკომოტივებისათვის შეწყვილებული ურიკებით ფორმულები მისაღებია მრუდის საშუალო რადიუსისათვის 1000 მეტრი (750 მეტრიდან 1250 მეტრამდე); შეუწყვილებელი ურიკების შემთხვევაში ფორმულები არ არის დამოკიდებული მრუდის რადიუსის სიდიდეზე;

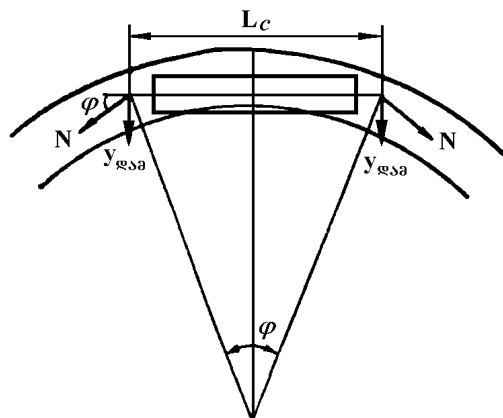
**1.4.10. ეკიპაჟების ლიანდაგში ჩაწერის გაანგარიშების თავისებურებები
მატარებელზე გრძივი ძალების ზემოქმედების გათვალისწინებით**

მიღებული მეთოდის თანახმად ლიანდის სიგანე განისაზღვრება ერთეული ეკიპაჟების ლიანდაგში ჩაწერის პირობით. მაგრამ ეს ეკიპაჟები ლიანდაგში მოძრაობენ მატარებლების შემადგენლობაში, რომელზედაც მოქმედებს გრძივი გამჭიმავი და მკუმშავი ძალები, რომლებსაც შეუძლიათ მნიშვნელოვნად შეცვალონ ეკიპაჟების განლაგების მდგომარეობა. გრძივი ძალების ზემოქმედებით იცვლება აგრეთვე ეკიპაჟების ლიანდაგზე განივი ზემოქმედების ხარისხი, განსაკუთრებით კი მცირერადიუსიან მრუდებში.

მატარებლის გრძივი დინამიკისა და ამ დროს აღძრული ძალების საფუძვლიანად შესწავლამ აჩვენა, რომ მატარებლებზე მოქმედი გრძივი ძალების სიდიდეები დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, როგორებიცაა: მატარებლების სიჩქარე და მართვის რეჟიმი, ტვირთების სახეობა და დატვირთვის ხარისხი, ლიანდაგის პროფილი და სხვა.

ჩაწერის პირობების გაანგარიშებისას მიღებულია, რომ მატარებელი მოძრაობს დამყარებული რეჟიმით, რომლის დროსაც გრძივი ძალების მაქსიმალური მნიშვნელობა წვეის ან რეკუპერაციული დამუხრუჭების რეჟიმში აღინიშნება ლოკომოტივსა და პირველ ვაგონს შორის. წვეის რეჟიმში გამჭიმავი ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა სხვადასხვა პირობებში $3 \div 38$ ტონამდე იცვლება. დამუხრუჭების რეჟიმში, განსაკუთრებით რეკუპერაციული დამუხრუჭებისას კი, მატარებლის თავში გრძივი მკუმშავი ძალის სიდიდე $15 \div 90$ ტონამდე იცვლება.

წვეის რეჟიმში გრძივი N ძალის განივი $Y_{\text{ღამაგ}}$ მდგენელი ცდილობს ვაგონის მასა გადაადგილოს მრუდის შიგნით. განივი ძალის სიდიდე, რომელიც მოქმედებს ეკიპაჟის ავტოგადაბმულობაზე ტოლია (ნახ.1.37)



ნახ.1.37. ვაგონის ავტოგადაბმულობაზე განივი ძალების მოდების სქემა

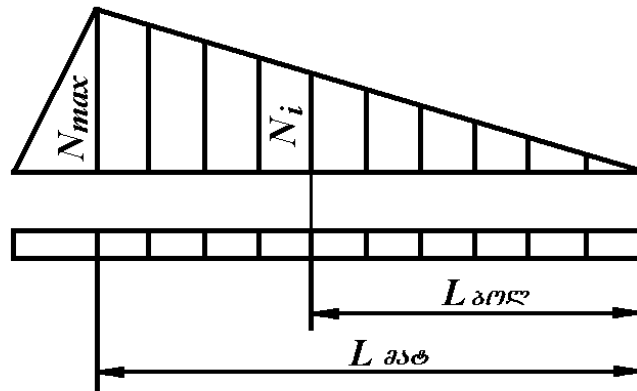
$$Y_{\text{ღამატი}} = N \sin \varphi \quad (1.78)$$

$$\sin \varphi \approx \frac{L_{\text{ავტ.}}}{R} \quad (1.79)$$

სადაც N – წვევის ძალაა;

$L_{\text{ავტ.}}$ – ავტოგადაბმულობის ღერძებს შორის მანძილი;

R – წრიული მრუდის რადიუსი.



ნახ.1.38. შემადგენლობაზე წვევის ძალის მოდების ეპიურა

წვევის ძალა, რომელიც მოქმედებს ვაგონზე ტოლია (ნახ.1.38)

$$N = N_{\text{max}} \frac{L_{\text{ბოლო}}}{L_{\text{აბ}}} \quad (1.80)$$

სადაც N_{max} – ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობაა ლოკომოტივსა და პირველ ვაგონს შორის;

$L_{\text{ბოლო}}$ – მატარებლის ბოლო ნაწილის სიგრძე, აღებული კვეთის მიმართ;

$L_{\text{აბ}}$ – მატარებლის სიგრძე.

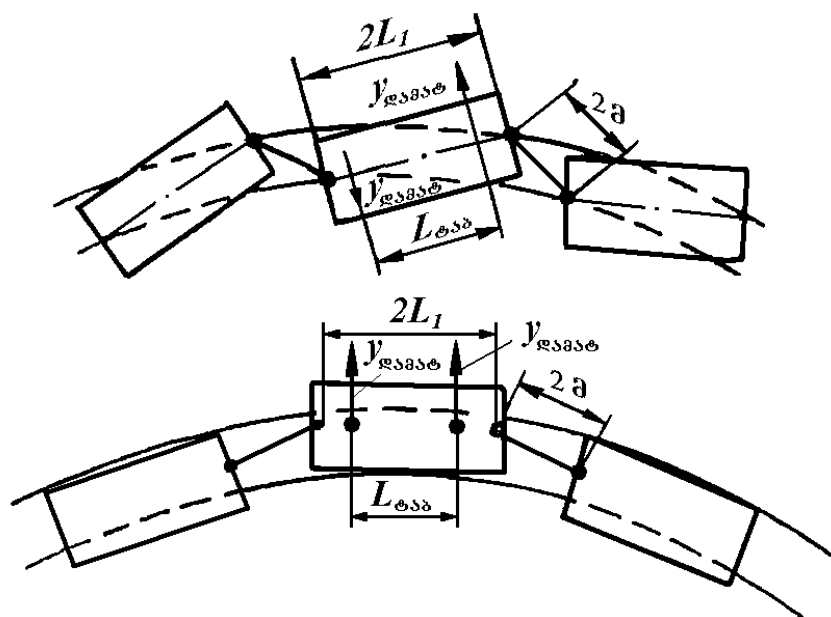
ვაგონის საყრდენი მოწყობილობების მეშვეობით $Y_{\text{ღამატი}}$ ძალა ძარას გადაეცემა.

$Y_{\text{ღამატი}}$ ძალის ზემოქმედებით ვაგონის ურიკის უკანა ღერძები გადაადგილდება შიგა რელსისაკენ. მათი პოლუსური მანძილი იზრდება და ღერძების ზემოქმედების ხარისხი გარე რელსის მიმართ რამდენადმე მცირდება.

დამუხრუჭების შედეგად შეკუმშულ მატარებელში ვაგონების ურთიერთგანლაგების სქემა შეიძლება სხვადასხვანაირი იყოს (ნახ.1.39).

პირველი ვარიანტის (ნახ.1.39-ა) თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ ვაგონის ბოლოებში მოდებული გრძივი ძალის განივი მდგენელი მიმართულია სხვადასხვა მხარეს და ცდილობენ შემოაბრუნონ ვაგონი ვერტიკალური ღერძის

მიმართ. ამასთან ვაგონის ერთი ურიკის განივი ზემოქმედების ხარისხი ლიანდაგზე იზრდება, ხოლო პოლუსური მანძილი მცირდება.



ნახ.1.39. მოძრავი შემადგენლობის ვაგონების მრუდებში განლაგების სქემები

მეორე ურიკის ლიანდაგზე განივი ზემოქმედების ხარისხი მცირდება და იგი ლიანდაგში იჭერს ისეთ მდგომარეობას, რომელიც მაქსიმალურ პოლუსურ მანძილს შეესაბამება.

ვაგონების მრუდში განლაგების მეორე ვარიანტის დროს (ნახ.1.39-ბ) გრძივი ძალების განივი მდგენელები მიმართულია ერთ მხარეს და იწვევს ეკიპაჟის ლიანდაგზე განივი ზემოქმედების ზრდას და ორთავე ურიკაზე პოლუსური მანძილის შემცირებას.

ურიკების ლიანდაგზე განივი ზემოქმედების აბსოლუტური მნიშვნელობა მეორე ვარიანტის დროს ნაკლებია ვიდრე პირველი ვარიანტის შემთხვევაში.

გრძივი ძალების ზემოქმედებით აღძრული განივი ძალების მნიშვნელობები, გადაცემული ურიკის ტაბიკებზე განისაზღვრება ფორმულით

$$Y_{ღაგაბ} = \frac{4N \times \Delta}{L_{ტაბ}^2} \left(\frac{L_1^2}{m} + L_1 \right) \pm N \frac{L_{ავტ} - \Delta m}{R} \quad (1.81)$$

სადაც N – ვაგონზე მოქმედი გრძივი ძალაა, უგულებელყოფილია, რა ვაგონის მოძრაობის წინააღობა, მიღებულია, რომ N ძალა თანაბარია მატარებლის კეეტში, ვაგონის მარჯვენა და მარცხენა მხარეს;

$L_{ტაბ}$ – ურიკების ტაბიკებს შორის მანძილი;

$2L_{ავტ}$ – ავტოგადაბმულობის ღერძებს შორის მანძილი;

$2L_1$ – ავტოგადაბმულობის მისაბჯენ ფილებს შორის მანძილი;

m – ავტოგადაბმულობის სიგრძე, $m=1$ მ;

Δm – მშთანთქავი აპარატის შეკუმშვის სიდიდე. როცა მრუდის რადიუსი $R \geq 100 - 150$ მ, მაშინ $\Delta m = 0$;

Δ – ძარის საქუსლე კვეთის წაძვრა ლიანდაგის ღერძის მიმართ;

R – წრიული მრუდის რადიუსი.

ვიციტ, რა დამატებითი $Y_{\text{დამატ}}$ ძაღის მნიშვნელობა მატარებლის მოძრაობის ყველა რეჟიმისათვის, შეიძლება ჩავატაროთ მატარებლის შემადგენლობაში შემავალი ეკიპაჟების ლიანდაგში ჩაწერის პრაქტიკული გაანგარიშებები.

ამისათვის განვსაზღვროთ დამატებითი $Y_{\text{დამატ}}$ ძაღის შესაბამისი ფიქტიური დამატებითი აჩქარება

$$\alpha_{\text{ფიქტ.}} = \frac{Y_{\text{დამატ}} \times g}{Q_{\text{ძარ}}} \quad (1.82)$$

სადაც $Q_{\text{ძარ}}$ – ეკიპაჟის ძარის წონაა;

g – სიმძიმის ძაღის აჩქარება.

ვისარგებლობთ რა გრაფიკ-პასპორტებით (ნახ.1.36), ვიღებთ $\alpha = \alpha_{\text{საანგ.}} + \alpha_{\text{ფიქტ.}}$ -ის შესაბამის Y_1 და x_1 მნიშვნელობებს. ასევე ვსაზღვრავთ $Y_{\text{გ3}}$ და $Y_{\text{ფ}}$ გვერდით ძაღებს ფორმულების (1.62) და (1.63) დახმარებით.

განივი ძაღების სიდიდის განსაზღვრისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ ცხრილის 1.6 მონაცემებით.

1.5. ლიანდის სიგანის ნორმები და დაშვებები მრუდე უბნებში

1.5.1. ლიანდის სიგანის ნორმების და დაშვებების ჩამოყალიბების მოკლე ისტორია და ძირითადი კრიტერიუმები

საქართველოს რკინიგზების ლიანდის სიგანის ნორმები დადგენილი იყო რუსეთის რკინიგზების ნორმების მიხედვით: 1524 მმ (5 ფუტი), რომელიც მიღებული იყო მოსკოვ-პეტერბურგის რკინიგზისათვის მეცხრამეტე საუკუნის ორმოციან წლებში. ლიანდის სიგანის ნორმა $S_0 = 1524$ მმ, შენარჩუნებულ იქნა 1970 წლამდე. მეოცე საუკუნის ორმოცდაათიანი წლებიდან 1970 წლამდე, ყოფილი საბჭოთა კავშირის რკინიგზებზე მიმდინარეობდა ცდები სწორ უბნებში ლიანდის სიგანის

შემცირების აუცილებლობის თვალსაზრისით. ლიანდის სიგანის შემცირების აუცილებლობა წარმოიშვა მატარებლების მოძრაობის სიჩქარეების ზრდასთან დაკავშირებით, იმ მოსაზრებით, რომ შემცირებულიყო მოძრავი შემადგენლობის მიმოქანებითი მოძრაობის ამპლიტუდა. მიმოქანებითი მოძრაობის ამპლიტუდა დამოკიდებულია δ ღრეხოს სიდიდეზე რელსის მუშა წახნაგსა და თვლის ქიმს შორის. ამ და სხვა მოსაზრებით 1970 წლიდან, რკინიგზების ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების მოთხოვნით დადგენილ იქნა ლიანდის სიგანის ახალი ნორმები და დაშვებები.

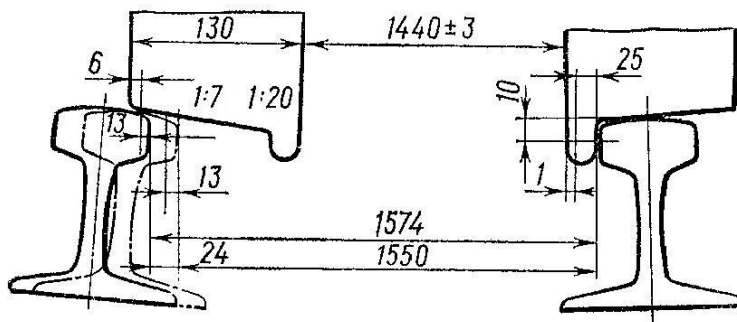
ლიანდის სიგანის ნორმებზე და დაშვებებზე დიდად არის დამოკიდებული აგრეთვე მოძრაობის უსაფრთხოება, ლიანდაგის მოვლა-შენახვის, შეკეთებების სამუშაოების მოცულობა და ღირებულება.

ლიანდის სიგანის, წყვილთვალის ზომებისა და დაშვებების ერთობლიობა განსაზღვრავს ღრეხოს სიდიდეს რელსის მუშა წახნაგსა და თვლის ქიმს შორის. ღრეხოს არარსებობისას, ან მისი მინიმალური მნიშვნელობის დროს იზრდება მოძრაობისადმი წინაღობა, რელსებისა და თვლების არტახების ცვეთა, წარმოიქმნება თვლის ქიმის რელსის თავზე აცოცების საშიშროება. ამავე დროს ღრეხოს მაქსიმალური მნიშვნელობისას, თვლის გორვის ზოლი რელსის თავზე მცირდება და გადაინაცვლებს რელსის მუშა წიბოსაკენ, რაც მკვეთრად ამცირებს მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების ხარისხს და ზრდის წყვილთვალის ჩაგარდნის ალბათობას. ღრეხოს სიდიდის ზრდასთან ერთად მატულობს ეკიპაჟის განივი გაქანებისა და რელსთან თვლის ქიმის მიჯახების კინეტიკური ენერგია, მცირდება თვლისა და რელსის საკონტაქტო ფართობი და ვერტიკალური დატვირთვების ექსცენტრული მოდების შედეგად მკვეთრად იზრდება კონტაქტური ძაბვების მნიშვნელობები, რაც დაკავშირებულია რელსებისა და მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების გაძლიერებულ ცვეთასთან, განსაკუთრებით მცირერადიუსიან მრუდებში.

ღრეხოს სიდიდე კიდევ უფრო იზრდება დინამიკური დატვირთვის მომენტში, რელსების დრეკადი გადაღუნვის (ლიანდის გარეთა მხარეს) და წყვილთვალის ღერძების გაღუნვის გამო. რელსების დრეკადი გადაღუნვის შედეგად ლიანდის სიგანე 2-4 მმ-ით იზრდება, ხოლო დატვირთული მოძრავი შემადგენლობის ღერძების გაღუნვის შედეგად წყვილთვალის სიგანე ვიწროვდება 2 მმ-ით.

მეტად მნიშვნელოვანია, რომ ღრეხოს სიდიდე ლიანდაგის მთელ სიგრძეზე მკვეთრად არ იცვლებოდეს. საერთოდ ღრეხოს სიდიდის ცვალებადობა იწვევს დატვირთვებისა და ამ დატვირთვებისაგან აღძრული ძაბვების სიდიდეთა

ცვალებადობას, რაც ლიანდაგს არათანაბარ მდგომარეობაში აყენებს. ღრეხოს სიდიდის მკვეთრი ცვალებადობა იწვევს უეცარი (მყისიერი) ბიძგების წარმოშობას და მასთან დაკავშირებული განივი ძალების ზრდას.



ნახ.1.40 წყვილთვალის შესაძლო მდებარეობა ლიანდაგში 1574 მმ ლიანდის სიგანისას (უწყვეტი ხაზი) და 1550 მმ ლიანდის სიგანისას (წყვეტილი ხაზი)

როგორც უკვე აღნიშნული იყო, მეტისმეტად დიდი სიდიდის ღრეხო ქმნის წყვილთვალის ლიანდის შიგნით ჩავარდნის საშიშროებას. თეორიულად მაქსიმალური შესაძლო ლიანდის სიგანე, რომლის დროსაც მოხდება წყვილთვალის ჩავარდნა, შეიძლება განისაზღვროს ნახ.1.40-ზე მოყვანილი სქემის მიხედვით, როცა თვლის არტახის 6 მმ-ანი ნაზოლის საწყისი ემთხვევა რელსის თავის 13 მმ რადიუსით შემომრგვალების საწყის წერტილს, ე.ი.

$$S_{\max} = h_{\min} + \mu + T_{\min} + h_{\text{თვლ}} - 6 - 13 \quad (1.83)$$

სადაც $h_{\min} = 25$ მმ, თვლის ქიმის მინიმალური სისქეა;

$\mu = 1$ მმ, ვაგონის თვლის ქიმის გაგანიერება;

$T_{\min} = 1437$ მმ, თვლების ღერძზე დაგების მინიმალური მანძილი;

$h_{\text{თვლ}} = 130$ მმ, ვაგონის თვლის არტახის მთლიანი სისქე;

6 მმ - არტახის ნაზოლის სიგანე;

13 მმ - პორიზონტალური მანძილი ნაზოლის ბოლოდან რელსის წიბომდე.

მაშინ

$$S_{\max} = 25 + 1 + 1437 + 130 - 6 - 13 = 1574 \text{ მმ} \quad (1.84)$$

პრაქტიკულად დამტკიცებულია, რომ წყვილთვალის ჩავარდნის საშიშროება, ლიანდის სიგანის გაცილებით ნაკლები მნიშვნელობისას დგება. თუ თვალი რელსის ზედაპირზე გორავს 1/7 დახრილი სიბრტყით წყვილთვალი მაშინვე არ ვარდება, მაგრამ რამოდენიმე ბრუნის გაკეთების შემდეგ მას შეუძლია რელსების ღრეკადად განხჯენა და შეიძლება ჩავარდეს ლიანდის შიგნით, განსაკუთრებით

მაშინ, როდესაც ამ მომენტს ემთხვევა მნიშვნელოვანი სიდიდის განივი ბიძგების წარმოშობა. ამიტომ პრაქტიკული თვალსაზრისით ლიანდის სახიფათო სიგანედ ითვლება ისეთი სიგანე, როდესაც თვლის არტახის 1/7-დან 1/20-თან გარდამავალი წერტილი დგება, რელსის თავის 13 მმ რადიუსით მომრგვალების საწყისში. ამ შემთხვევაში ლიანდის სიგანე ტოლია $1574 - 24 = 1550$ მმ (ნახ.1.40. წყვეტილი ხაზი). თუ მხედველობაში მივიღებთ ლიანდის გაგანიერებას რელსების დრეკადი განბჯენისა და ღერძების გაღუნვის გამო, ლიანდის უსაფრთხო მაქსიმალურ სიდიდედ დღეისათვის მიღებულია $S_{\max} = 1535 + 10 = 1545$ მმ. ლიანდის ასეთ სიგანეს კი შეესაბამება მაქსიმალური სიდიდის ღრეჩო 58 მმ.

სწორ უბნებში ღრეჩოს მაქსიმალური სიდიდე დაშვებების მაქსიმალური სიდიდეების, რელსების დრეკადი განბჯენისა და ღერძების გაღუნვის გათვალისწინებით, ყოველთვის ნაკლებია 58 მმ-ზე. ამგვარად ლიანდის სიგანე 1520 მმ, ლიანდაგის სწორ უბნებში და დიდრადიუსიან მრუდებში ყოველნაირად გამართლებულია, რადგან მისი კიდევ უფრო შემცირება იზღუდება ღრეჩოს მინიმალური დასაშვები მნიშვნელობით (5–7 მმ).

გერმანელი მეცნიერის გ.შრამი ამტკიცებს, რომ ლიანდის სიგანის, ე.ი. შესაბამისად ღრეჩოს სიდიდის შემცირების შედეგად მცირდება რელსებზე ეკიპაჟის ჰორიზონტალური ზემოქმედება, მისი მრუდში შესვლის დროს უმჯობესდება მოძრაობის და კომფორტაბელობის ხარისხი, ლიანდის სიგანის მუდმივობის პირობებში. იზრდება ლიანდაგის სტაბილურობის ხარისხი გეგმაში. გ.შრამის გამოკვლევებით, ღრეჩოს მინიმალური სიდიდის 5-7 მმ-მდე შემცირებით ლიანდის სიგანის შემცირების ხარჯზე, მნიშვნელოვნად მცირდება რელსების ტალღისებრი ცვეთა. იზრდება მატარებლების უსაფრთხოების გარანტიები.

ლიანდის საჭირო გაგანიერება ΔS უნდა დადგინდეს ყველაზე მასობრივი ეკიპაჟის, ორღერძიანი ურიკების (ხისტი ბაზით $L = 1,85$ მ), მრუდში თავისუფალი და ლოკომოტივების მრუდებში იძულებითი ჩაწერის პირობით

$$\Delta S = \frac{(L_o + b)^2}{2R} - \delta_o = f - \delta_o \quad (1.85)$$

სადაც L_o - ხისტი ბაზის სიგრძეა;

b - თვლის ბრუნვის ცენტრიდან თვლის ქიმის რელსის წიბოსთან შეხების მანძილი, წინსწრება;

R - წრიული მრუდის რადიუსი;

δ_o - ნორმალური ღრეხოს სიდიდე თვლის ქიმსა და რელსის მუშა წახნაგს შორის სწორ უბანში;

f - გარე რელსის ჩაღუნვის ისარი.

ცხადია, რომ თუ $f - \delta_o < 0$, ე.ი $f < \delta_o$, მაშინ ლიანდის გაგანიერება საერთოდ არ არის საჭირო.

ზემოთ აღნიშნული ფორმულის საფუძველზე, ჩვენს რკინიგზაზე ლიანდის გაგანიერების ნორმები ამჟამად ტოლია

როცა $R \geq 350$ მ და სწორი უბნებია, მაშინ $\Delta S = 0$;

როცა $R = 349 - 300$ მ, მაშინ $\Delta S = 10$ მმ;

როცა $R < 299$ მ, მაშინ $\Delta S = 15$ მმ.

საქართველოს რკინიგზებზე მომუშავე თანამედროვე ოთხღერძიანი სატვირთო ვაგონებისათვის, ორღერძიანი ურიკებით და 1,85 მ ხისტი ბაზით, პროფ. კ. ცეკელინსკის ფორმულა შემდეგ სახეს მიიღებს

$$\Delta S = \frac{(L_o + b)^2}{2R} - \delta_o = \frac{3600}{2R} - \delta_o \quad (1.86)$$

მიღებული ფორმულის თანახმად, ლიანდის საჭირო გაგანიერების ΔS სიდიდე მრუდის რადიუსებთან დამოკიდებულებით მოცემულია ცხრილში 1.7.

ცხრილი 1.7

მრუდის რადიუსი, R , მ	f , მმ	δ_o , მმ	$f - \delta_o$, მმ	ΔS , მმ
150	12	12	0	0
165	11	12	-1	0
200	9	12	-3	0
250	7	12	-5	0
300	6	12	-6	0
350	5	12	-7	0

ამრიგად, თანამედროვე ოთხღერძიანი სატვირთო ვაგონები, ორღერძიანი ურიკებით ლიანდის გაგანიერებას მრუდებში საერთოდ არ მოითხოვენ

განვიხილოთ ლიანდის საჭირო გაგანიერება, საქართველოს რკინიგზებზე გამოყენებული, მაქსიმალური ხისტი ბაზის 3,5 მ მქონე ლოკომოტივების მრუდებში იძულებითი ჩაწერის პირობით

$$\Delta S = \frac{(L_o / 2 + b)^2}{2R} - \delta_o \quad (1.87)$$

ლიანდის გაგანიერების საჭირო სიდიდეები, მაქსიმალური ხისტი ბაზიანი (3,5 მ) ლოკომოტივებისათვის, მრუდებში იძულებითი ჩაწერის პირობით მოტანილია ცხრილში 1.8.

ცხრილი 1.8

მრუდის რადიუსი, R, მ	f, მმ	δ_o , მმ	$f - \delta_o$, მმ	ΔS , მმ
150	11	14	-3	0
165	10	14	-4	0
200	8	14	-6	0
250	7	14	-7	0
300	6	14	-8	0
350	5	14	-9	0

1.1, 1.7 და 1.8 ცხრილების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ თანამედროვე ოთხღერძიანი სატვირთო ვაგონების თავისუფალი და ლოკომოტივების იძულებითი ჩაწერის პირობით, ლიანდის გაგანიერება მრუდებში საერთოდ საჭირო არ არის. მაგრამ მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული აგრეთვე ლიანდის სიგანის ნორმებიდან დასაშვები გადახრების სიდიდეების მნიშვნელობებიც.

1.5.2. ლიანდის სიგანის ნორმები და დაშვებები მრუდე უბნებში

საქართველოს ფართოლიანდაგიანი რკინიგზების ლიანდის სიგანისა და დაშვებების სიდიდეებმა, მისი არსებობის მანძილზე რამოდენიმეჯერ განიცადეს ცვლილებები.

1957 წლამდე მრუდებში ლიანდის სიგანე დადგენილი იყო 3,81 მ ხისტი ბაზის მქონე ორღერძიანი ვაგონის თავისუფალი ჩაწერის პირობით. ამ პირობით ლიანდის სიგანე მრუდებში განისაზღვრებოდა ფორმულით

$$S = 1511 + \frac{8000}{R} + 2 \quad (1.88)$$

(1.88) ფორმულით მიღებული შედეგების დამრგვალების შემდეგ დადგენილი იყო შემდეგი ნორმები

როცა $R > 650$ მ	მაშინ $S = 1524$ მმ
როცა $R = 650 - 451$ მ	მაშინ $S = 1530$ მმ
როცა $R = 450 - 351$ მ	მაშინ $S = 1535$ მმ
როცა $R \leq 350$ მ	მაშინ $S = 1540$ მმ

1957 წლიდან სწორ და მრუდე უბნებში ლიანდის სიგანის უნიფიკაციის მიზნით, ლიანდის სიგანე დადგენილი იყო მრუდებში ოთხღერძიანი ვაგონების, ორღერძიანი ურიკების თავისუფალი ჩაწერის პირობით და განისაზღვრებოდა ფორმულით

$$S = 1511 + \frac{3600}{R} + 2 \quad (1.89)$$

(1.89) ფორმულით გაანგარიშების შედეგად დადგენილი იყო მრუდებში ლიანდის სიგანის შემდეგი ნორმები

როცა $R \geq 350$ მ	მაშინ $S = 1524$ მმ
როცა $R = 349 - 300$ მ	მაშინ $S = 1530$ მმ
როცა $R \leq 299$ მ	მაშინ $S = 1540$ მმ

1970 წლიდან სწორ უბნებში ლიანდის სტანდარტული სიგანით $S_0 = 1520$ მმ მიღების შემდეგ, მრუდებში ლიანდის სიგანის ნორმები შეიცვალა და დადგენილ იქნა

როცა $R \geq 350$ მ	მაშინ $S = 1520$ მმ
როცა $R = 349 - 300$ მ	მაშინ $S = 1530$ მმ
როცა $R \leq 299$ მ	მაშინ $S = 1535$ მმ

ლიანდის სიგანის ეს ნორმები ძალაშია ამჟამადაც.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული თეორიული გაანგარიშების საფუძველზე, როგორც ვაგონების ისე ლოკომოტივების მრუდებში რადიუსებით $R \geq 150$ მ, ლიანდის გაგანიერება საჭირო არ არის, მაგრამ პრაქტიკული მოსაზრებებით (რელსების გაძლიერებული ცვეთა მრუდებში, მოძრაობის წინააღობისა და ლიანდაგის მოშლის ინტენსივობის ზრდა) მრუდებში $R < 350$ მ-ზე მოქმედი ნორმები და დაშვებები ითვალისწინებს ლიანდის გაგანიერებას.

ლიანდის სიგანის დაშვებები მრუდებში ისეთივეა, როგორც სწორ უბნებში: გაგანიერების მხარეს $+6$ მმ და შევიწროების მხარეს -4 მმ; რკინაბეტონის

შპალების შემთხვევაში +8 მმ და -4 მმ, როცა მოძრაობის სიჩქარე $v < 50$ კმ/სთ - +10 მმ და -4 მმ.

ლიანდის სიგანის თანდათანობითი გაგანიერება სწორი უბნიდან მრუდე უბნებში გადასვლის ადგილებში, ხორციელდება გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში, ხოლო ასეთის არ არსებობისას სწორი უბნის ფარგლებში, ქანობით 1 მმ – 1 გრძივ მეტრზე. ლიანდის სიგანის გაგანიერება მდოვრულად უნდა განხორციელდეს მოძრაობის სიჩქარეების მიხედვით:

როცა $v \leq 120$ კმ/სთ	1 მმ – 1 გრძ.მ
როცა $v = 121 - 160$ კმ/სთ	1 მმ – 1,5 გრძ.მ
როცა $v = 161 - 200$ კმ/სთ	1 მმ – 2 გრძ.მ

1.6. გარე რელსის შემადგენლობა

1.6.1. ზოგადი ცნობები

მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟის მრუდში მოძრაობისას წარმოიშობა ცენტრიდანული ძალა $I = \frac{mv^2}{\rho}$, რომელიც იწვევს შიგა სარელსო ძაფის ნაწილობრივ განტვირთვას და გარე ძაფის გადატვირთვას. ამ გარემოებას თან სდევს რელსების არათანაბარი ცვეთა. რელსები გარე სარელსო ძაფზე, მათი გადატვირთვის გამო, უფრო ინტენსიურად ცვდება, ვიდრე შიგა ძაფზე. ცენტრიდანული ძალის წარმოშობას თან სდევს ცენტრიდანული აჩქარების წარმოშობა. ცენტრიდანული აჩქარება, თუ იგი გარკვეულ სიდიდეს გადააჭარბებს, მგზავრებში უსიამოვნო შეგრძნებას იწვევს.

ცენტრიდანული ძალის გასაბათილებლად და მაშასადამე, მისი მავნე მოვლენების თავიდან ასაცილებლად, მრუდებში აწეობენ გარე სარელსო ძაფის შემადგენლობას. გარე რელსის შემადგენლობით ეკიპაჟის სიმძიმის ცენტრი გადაიხრება მრუდის ცენტრისაკენ და წარმოიშევა ცენტრიდანული ძალის საპირისპირო ცენტრისკენული ძალა, რომელიც ამცირებს ან მოთიანად აბათილებს მას.

გარე რელსის შემადგენლობა მრუდებში განისაზღვრება ორი ძირითადი პირობით:

1. უზრუნველყოფილ იქნეს გარე და შიგა რელსების თანაბარი ცვეთა, ანუ დაცულ იქნეს ტექნიკურ-ეკონომიკური მიზანშეწონილობა;

2. უზრუნველყოფილ იქნეს მგზავრობის კომფორტულობა, ანუ ცენტრიდანული აჩქარების შემცირება.

გარე რელსის შემადგენლობის რაციონალურ მნიშვნელობად ითვლება ისეთი სიდიდე, რომელიც ორთავე პირობას თანაბრად დააკმაყოფილებს.

1.6.2. მრუდებში გარე რელსის შემადგენლობის სიდიდის განსაზღვრა ტექნიკურ-ეკონომიკური მიზანშეწონილობის მიხედვით

მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟის მრუდში მოძრაობისას წარმოიშობა ცენტრიდანული ძალა

$$I = \frac{mv^2}{R} = \frac{Gv^2}{gR} \quad (1.90)$$

სადაც m - ეკიპაჟის მასაა;

v - ეკიპაჟის მოძრაობის სიჩქარე;

G - ეკიპაჟის წონა;

g - სიმძიმის ძალის აჩქარება;

R - წრიული მრუდის რადიუსი.

ეკიპაჟზე მოქმედ პორიზონტალურ განივ ძალას წარმოადგენს აგრეთვე ქარის დაწოლის ძალა

$$W_j = kv_j^2 \quad (1.91)$$

სადაც W_j - ეკიპაჟის ძარაზე ქარის დაწოლით გამოწვეული ძალაა, კგ/მ²;

v_j - ქარის სიჩქარე, მ/წმ;

k - ძარის ზედაპირის გარცმის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი და იცვლება ფარგლებში: სრულზედაპირიანი ეკიპაჟებისათვის $k = 0,085 \div 1,25$; გამჭოლძარიანი ეკიპაჟებისათვის $k = 0,078$.

ტექნიკურ-ეკონომიკური მიზანშეწონილობით გარე რელსის შემადგენლობის სიდიდე ისე უნდა შეირჩეს, რომ ორთავე, როგორც გარე, ისე შიგა რელსების რეაქციები $E_{\text{გარე}}$ და $E_{\text{შიგა}}$ ტოლი აღმოჩნდეს. ასეთ შემთხვევაში რელსების თანაბარი ცვეთის მიღწევა უზრუნველყოფილ იქნება, ე.ი. $E_{\text{გარე}} = E_{\text{შიგა}}$, ანუ $\sum E_{\text{გარე}} = \sum E_{\text{შიგა}}$, მაშასადამე

$$\sum E_{\text{გარე}} - \sum E_{\text{შიგა}} = 0 \quad (1.92)$$

ნახ. 141-ზე მოცემულია მრუდში მოძრავ ეკიპაჟზე მოქმედი განივი და ვერტიკალური ძალების მოდელების სქემა, რომლის მიხედვით შეგვიძლია დავწეროთ ამ ძალების მომენტების ჯამი O წერტილის მიმართ

$$I \cos \alpha \times a - G \sin \alpha \times a + W \cos \alpha \times b - E_{\text{გარე}} \frac{S_1}{2} + E_{\text{შოგა}} \frac{S_1}{2} = 0 \quad (1.93)$$

აქედან

$$I \cos \alpha \times a - G \sin \alpha \times a + W \cos \alpha \times b = \frac{S_1}{2} (E_{\text{გარე}} - E_{\text{შოგა}}) \quad (1.94)$$

რადგანაც რელსების ცვეთის გათანაბრების უზრუნველყოფისათვის საჭიროა, რომ $E_{\text{გარე}} = E_{\text{შოგა}}$, მაშინ

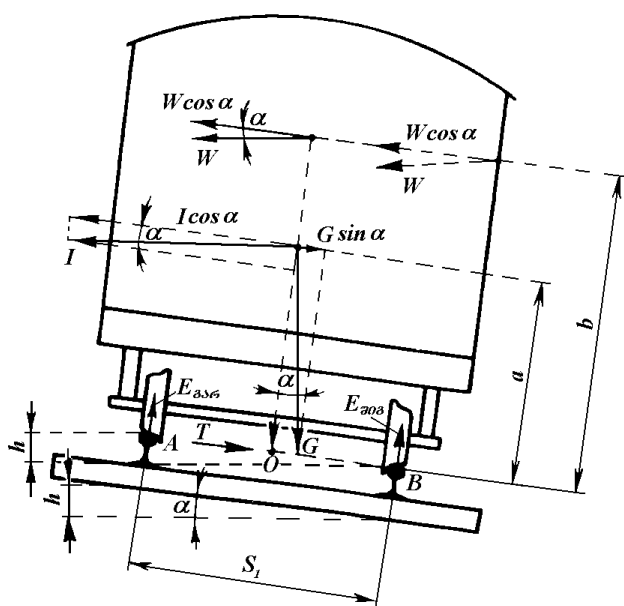
$$I \cos \alpha \times a - G \sin \alpha \times a + W \cos \alpha \times b = 0 \quad (1.95)$$

სადაც I - ცენტრიდანული ძალაა, $I = \frac{Gv^2}{gR}$;

a - ძალის მხარი O წერტილის მიმართ;

b - ქარის დაწოლის ძალის მხარი O წერტილის მიმართ;

S_1 - რელსების თავების ღერძებს შორის მანძილი, $S_1 = 1600$ მმ.



ნახ. 141 მრუდებში გარე რელსის შემადგენლობისა ეკიპაჟზე ძალოა მოდელების სქემა.

ნახ. 141-დან ჩანს, რომ $\frac{h}{S_1} = \sin \alpha$. α კუთხის სიმცირის გამო შეგვიძლია

მივიღოთ, რომ $\sin \alpha \approx \tan \alpha$, ხოლო $\cos \alpha = 1$. ვიცით აგრეთვე, რომ $\tan \alpha = \frac{h}{S_1}$.

აღნიშნული სიდიდეები შევიტანოთ (1.95)-ში და განტოლება დავწეროთ მრავალეკიპაჟიანი მოძრავი შემადგენლობისათვის, მაშინ

$$\sum \frac{Gv_2}{gR}a - \sum \frac{Gh}{S_1}a + \sum Wb = 0 \quad (1.96)$$

ანუ

$$h \sum \frac{Ga}{S_1} = \sum \frac{Gv^2}{gR} + \sum Wb \quad (1.97)$$

აქედან

$$h = S_1 \left(\sum \frac{Gv^2}{gRG} + \sum \frac{Wb}{Ga} \right) \quad (1.98)$$

თუ დავუშვებთ, რომ $W = 0$, მაშინ

$$h = \frac{S_1}{gR} \sum \frac{Gv^2}{G} \quad (1.99)$$

ვიცით, რომ $G = N_i P_i$, $S_1 = 1600$ მმ, $g = 9,81$ მ/წმ² და თუ შევიყვანოთ გადამყვან კოეფიციენტებს ისე, რომ გარე რელსის შემაღლების განზომილება მივიღოთ მმ-ში, მაშინ

$$h = \frac{1,6}{9,81} \left(\frac{1600^2}{60 \times 60} \right) \frac{\sum N_i P_i v_i^2}{1000 R \sum N_i P_i} \quad (1.100)$$

ანუ

$$h = 12,5 \frac{\sum N_i P_i v_i^2}{R \sum N_i P_i} \quad (1.101)$$

ფორმულა (1.101) გაშლილი სახით შეიძლება შემდეგი სახით გადაიწეროს

$$h = 12,5 \frac{N_1 P_1 v_1^2 + N_2 P_2 v_2^2 + \dots + N_n P_n v_n^2}{R(N_1 P_1 + N_2 P_2 + \dots + N_n P_n)} \quad (1.102)$$

სადაც $N_1, N_2 \dots N_n$ - სხვადასხვა კატეგორიის მატარებლების რიცხვია დღე-ღამეში, რომლებიც მოძრაობენ განსახილველ მრუდში;

$P_1, P_2 \dots P_n$ - ამავე მატარებლების წონა, ტ;

$v_1, v_2 \dots v_n$ - ამავე მატარებლების მოძრაობის სიჩქარე მრუდში, კმ/სთ;

R - წრიული მრუდის რადიუსი, მ.

ავლნიშნოთ

$$v_{\text{საშ}}^2 = \frac{\sum N_i P_i v_i^2}{\sum N_i P_i} \quad (1.103)$$

სადაც $v_{\text{საშ}}^2$ - მრუდში მატარებლების მოძრაობის საშუალო შეწონილი კვადრატული სიჩქარეა.

მაშინ

$$h = 12,5 \frac{v_{\text{საშ}}^2}{R} \quad (1.104)$$

ფორმულა (1.104) არ ითვალისწინებს ისეთი ფაქტორების გავლენას, როგორებიცაა: წვეის ძალა, მოძრაობისადმი წინაღობა, რელსებზე ვერტიკალური ძალების ექსცენტრული მოდება, ქარის ძალა და რელსების დრეკადი გადაღუნვის გამო ლიანდის გაგანიერება.

ამ ფაქტორების მხედველობაში მისაღებად პროფესორების გ.შახუნიაძისა და ო.ერშკოვის გამოკვლევების თანახმად (1.104) ფორმულას უნდა დაემატოს დამატებითი Δh სიდიდე, მაშინ

$$h = 12,5 \frac{v_{\text{საშ}}^2}{R} + \Delta h \quad (1.105)$$

$$\Delta h = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \quad (1.106)$$

სადაც e_1 - ეკიპაჟზე მოქმედი გრძივი ძალების გავლენაა გარე რელსის შემადგენლის სიდიდეზე;

e_2 - რელსებზე ვერტიკალური ძალების ექსცენტრული მოდების გავლენა გარე რელსის შემადგენლის სიდიდეზე;

e_3 - ქარის ზემოქმედების გავლენა გარე რელსის შემადგენლის სიდიდეზე;

e_4 - რელსების დრეკადი გადაღუნვისა და დაყვანილი ცვეთის გავლენა გარე რელსის შემადგენლის სიდიდეზე.

e_1, e_2, e_3 და e_4 სიდიდეების გამოთვლა დაწვრილებით არის განხილული [1]. თუ e_1, e_2, e_3 და e_4 სიდიდეების მნიშვნელობებს შევიტანთ (1.105) ფორმულაში მივიღებთ

$$h = \frac{S_1 v_{\text{საშ}}^2}{gR} \left(1 - \frac{g \Delta h R}{S_1 v_{\text{საშ}}^2} \right) \quad (1.107)$$

აეღნიშნოთ

$$k = \left(1 - \frac{g \Delta h R}{S_1 v_{\text{საშ}}^2} \right) \quad (1.108)$$

მაშინ

$$h = k \frac{S_1 v_{\text{საშ}}^2}{gR} \quad (1.109)$$

ლიანდის 1520 მმ სიგანის რკინიგზებისათვის

$$h = 12,5k \frac{v_{\text{საშ}}^2}{R} \quad (1.110)$$

დადგენილია, რომ

როცა $v < 120$ კმ/სთ - $k = 1$;

$$v = 120 \div 160 \text{ კმ/სთ} - k = 1,2$$

$$v > 160 \text{ კმ/სთ} - k = 1,1$$

1.6.3. გარე რელსის შემადგენელი კომფორტული მგზავრობის უზრუნველყოფის პირობით

რკინიგზების მრავალწლიანი ექსპლუატაციის გამოცდილებით, ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ თუ გაუბათილებელი ცენტრიდანული აჩქარების სიდიდე მრუდებში მოძრაობისას არ აღემატება მას, მგზავრები ნორმალურად გადაიტანენ. ამიტომ ჩვენი ქვეყნის რკინიგზებისათვის გაუბათილებელი ცენტრიდანული აჩქარების ნორმის მაქსიმალურ მნიშვნელობად მიღებულია $a = 0,7 \text{ მ/წმ}^2$.

ცენტრიდანული აჩქარება $\frac{v^2}{R}$ ბათილდება მრუდების გარეთა სარელსო ძაფის შემადგენელი წარმოქმნილ ცენტრისკენული აჩქარების სიდიდით. ცენტრისკენული აჩქარება, რომელიც წარმოიქმნება გარე რელსის შემადგენელი გამოითვლება ეკიპაჟის სიმძიმის ძალის პორიზონტალური მდგენელის გაყოფით მასზე, ე.ი.

$$\frac{G \tan \alpha}{m} = \frac{G \frac{h}{S_1}}{G} = \frac{gh}{S_1} \quad (1.111)$$

ცენტრიდანული აჩქარების მთლიანად გაუბათილება მრუდებში ვერ ხერხდება, რადგანაც იგი დამოკიდებულია სიჩქარეზე, მატარებლები კი მრუდებში სხვადასხვა სიჩქარეებით მოძრაობენ. ამიტომ გარე რელსის შემადგენლის სიდიდე მრუდებში ისე უნდა შეირჩეს, რომ გაუბათილებელი აჩქარების სიდიდე $0,7 \text{ მ/წმ}^2$ -ს არ აღემატებოდეს.

გაუბათილებელი ცენტრიდანული აჩქარება მრუდებში წარმოიშვება გარე რელსის არასაკმარისი შემადგენლის დროს, მაქსიმალური სიჩქარის შემთხვევაში. მგზავრობის კომფორტულობის პირობა დაკმაყოფილებული იქნება, თუ

$$\frac{v_{\max}^2}{R} - \frac{gh}{S_1} \leq a \quad (1.112)$$

გაუბათილებელი ცენტრიდანული აჩქარება კი წარმოადგენს გარე რელსის ჭარბი შემადგენლით, მინიმალური სიჩქარით მოძრაობის დროს კი მგზავრობის კომფორტულობის პირობა უზრუნველყოფილ იქნება, თუ

$$\frac{gh}{S_1} - \frac{v_{\min}^2}{R} \leq a \quad (1.113)$$

გარე რელსის შემადგენლობა ისე უნდა იქნეს შერჩეული, რომ მგზავრობის კომფორტულობა დაკმაყოფილებულ იქნას, როგორც მინიმალური, ისე მაქსიმალური სიჩქარეების შემთხვევაში. ამიტომ (1.112) და (1.113) თანახმად

$$\frac{S_1 v_{\min}^2}{gR} + \frac{S_1}{g} a \geq h \geq \frac{S_1 v_{\max}^2}{gR} - \frac{S_1}{g} a \quad (1.114)$$

ლიანდის 1520 მმ სიგანის რკინიგზებისათვის კი

$$12,5 \frac{v_{\min}^2}{R} + 163a \geq h \geq 12,5 \frac{v_{\max}^2}{R} - 163a \quad (1.115)$$

უფრო ხშირად გარე რელსის შემადგენლობა კომფორტული მგზავრობის პირობით განისაზღვრება მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარეებისათვის

$$h = 12,5 \frac{v_{\max}^2}{R} - 163a \quad (1.116)$$

თუ შევიტანოთ $a = 0,7 \text{ მ/წმ}^2$, მაშინ

$$h = 12,5 \frac{v_{\max}^2}{R} - 115 \quad (1.117)$$

სადაც $v_{\max}$ - სამგზავრო მატარებლების მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარეა, კმ/სთ.

გარე რელსის შემადგენლობის ჭეშმარიტ სიდიდედ მიღებულ უნდა იქნეს უდიდესი მნიშვნელობა, ტექნიკურ-ეკონომიკური და კომფორტული მგზავრობის უზრუნველყოფის პირობიდან.

უნდა შემოწმდეს გაუბათილებელი აჩქარების მნიშვნელობა გარე რელსის შემადგენლობის საანგარიშო სიდიდისათვის სიჩქარეებთან დამოკიდებულებით

$$\left. \begin{aligned} a_{\min} &= \frac{v_{\min}^2}{3,6^2 R} - g \frac{h}{S_1} \\ a_{\max} &= \frac{v_{\max}^2}{3,6^2 R} - g \frac{h}{S_1} \end{aligned} \right\} \quad (1.118)$$

ჩვენს რკინიგზებზე გარე რელსის შემადგენლობის მაქსიმალურ სიდიდედ მიღებულია $h_{\max} = 150 \text{ მმ}$. თუ გაანგარიშების შედეგად მივიღებთ, რომ $h_{\text{საანგ.}} > 150 \text{ მმ}$ -ზე, ვნიშნავთ $h_{\text{საანგ.}} = 150 \text{ მმ}$. შევიტანოთ (1.104) ფორმულაში და გამოვთვლით მრუდში მატარებლების მოძრაობის მაქსიმალურ დასაშვებ სიჩქარეს

$$[v_{\max}] = 4,6\sqrt{R} \quad (1.119)$$

1.7. გადასასვლელი მრუდები

1.7.1. გადასასვლელი მრუდების თეორია და დანიშნულება

მოძრავი შემადგენლობის სწორი უბნიდან მრუდში შესვლისთანავე მყისიერად წარმოიშევა ცენტრიდანული ძალა $I = \frac{mv^2}{\rho}$. ამ მომენტში თვლის ქიმი ეჯახება გარე რელსის მუშა წახნაგს, რაც იწვევს რელსების და მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების გაძლიერებულ ცვეთას. ეს ძალა აჩქარებს აგრეთვე ლიანდაგის მოშლას. აღნიშნული მავნე ფაქტორების თავიდან აცილებისათვის საჭირო ხდება ისეთი ღონისძიებების გატარება, რომლებიც უზრუნველყოფს ცენტრიდანული ძალის თანდათანობით ზრდას ნულიდან მაქსიმალურ $I = \frac{mv^2}{\rho}$ სიდიდემდე. ამ თვალსაზრისით ლიანდაგის სწორი უბნიდან მრუდში გადასვლა ხორციელდება გადასასვლელი მრუდების საშუალებით, რომელთა სიმრუდის რადიუსი იცვლება შემდეგ ფარგლებში

$$\rho = \infty \div R \quad (1.120)$$

სადაც ρ - გადასასვლელი მრუდის ცვლებადი რადიუსია;

R - წრიული მრუდის რადიუსი.

გადასასვლელი მრუდის სიგრძის პირველი ნახევარი დაიკვალება სწორ უბანში, მეორე ნახევარი კი წრიული მრუდის ფარგლებში.

რადგანაც გადასასვლელი მრუდის საწყის წერტილში რადიუსი $\rho = \infty$,

ამიტომ ცენტრიდანული ძალა აქ ტოლია $I = \frac{mv^2}{\rho} = \frac{mv^2}{\infty} = 0$, ხოლო გადასასვლელი

მრუდის ბოლოში კი $\rho = R$, ამიტომ ამ წერტილში ცენტრიდანული ძალა $I = \frac{mv^2}{R}$.

მაშასადამე, გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში ცენტრიდანული ძალა მყისიერად კი არ წარმოიქმნება, არამედ თანდათანობით იზრდება გადასასვლელი მრუდის

საწყისიდან მის ბოლომდე ($I = 0 \div I = \frac{mv^2}{R}$) ფარგლებში.

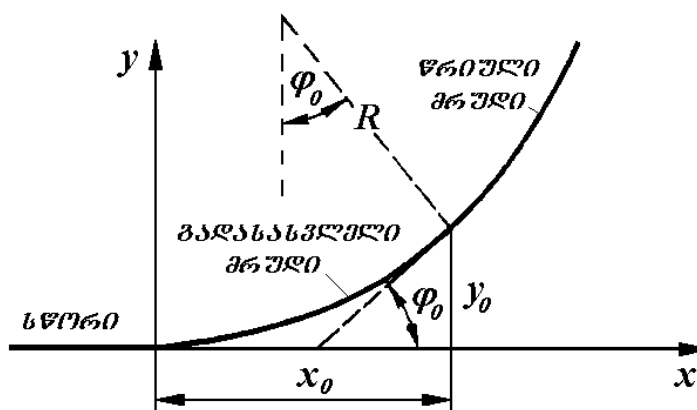
აუცილებელია, რომ გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში ნებისმიერი დამატებითი ძალოვანი ფაქტორები (ძალები და მომენტები) იცვლებოდეს თანდათანობით და მის საწყისში და ბოლო წერტილში ნულის ტოლი იყოს, ხოლო აბსოლუტური მნიშვნელობები და მათი ცვალებადობის ინტენსივობა (გრადიენტი)

არ აჭარბებდეს დასაშვებ მნიშვნელობებს, რასაც უზრუნველყოფს შემდეგი მოთხოვნების გათვალისწინება (ცხრილი 4.9).

ცხრილი 1.9

მოთხოვნების №	მახასიათებელი	მოთხოვნების შინაარსი		
		გ.მ.დ.	გ.მ.ბ.	გადასასვლელი მრუდი
1	$y = \int_0^l \sin \varphi dl$	0	არ იზღუდება	უნდა იცვლებოდეს უწყვეტად და მონოტონურად. აბსოლუტური მნიშვნელობები და მათი ცვალებადობის გრადიენტები გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში არ უნდა გამოდიოდეს დასაშვები მნიშვნელობების ფარგლებიდან.
2	$\varphi = \int_0^l k dl$	0		
3	$k = \frac{1}{\rho}$	0		
4	$\frac{dk}{dl}$	0	0	იგივე, გარდა “მონოტონურობის” მოთხოვნისა
5	$\frac{d^2k}{dl^2}$	0	0	

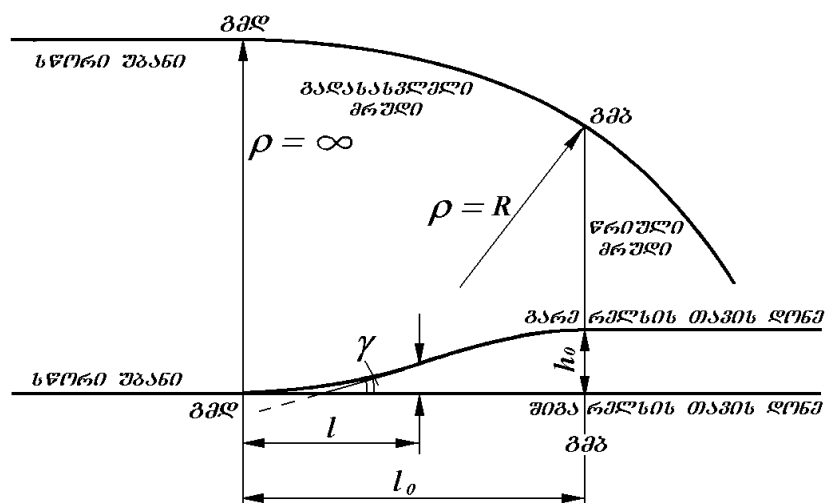
პირველი სამი მოთხოვნაა – ორდინატების y , მოხვევის კუთხის φ და სიმრუდის k მყისიერი ცვალებადობის დაუშვებლობა გადასასვლელი მრუდის საწყისში, ბოლოში და საერთოდ გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში (ნახ.1.42), მათი ცვალებადობის მონოტონურობის აშკარა დასაბუთების გარეშე.



ნახ.1.42. გადასასვლელი მრუდის პარამეტრები

მეოთხე მოთხოვნაა გარე რელსის შემადგენლის თანდათანობითი ზრდის მრუდსაზობრივი მოხაზულობა. ნახ.1.43–ზე ნაჩვენებია სარელსო ძაფების მდებარეობა ვერტიკალურ სიბრტყეში. კოორდინატა სათავე განლაგებულია გადასასვლელი მრუდის დასაწყისში; ორდინატა ღერძზე გადაზომილია გარე

რელსის შემაღლების h -ის მიმდინარე მნიშვნელობები, ხოლო აბსცისთა ღერძზე გადასასვლელი მრუდის სიგრძე. გარე რელსის შემაღლების მრუდის მიმდინარე კუთხე აღნიშნულია γ -თი.



ნახ.1.43. მრუდებში გადასასვლელი მრუდისა და გარე რელსის შემაღლების მოწყობის სქემა

ნახ.1.43- დან

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{dh}{dl} = A_0 \frac{dk}{dl} \quad (1.121)$$

გადასასვლელი მრუდის საწყის და ბოლო წერტილში $\operatorname{tg} \gamma = 0$, მაშინ აქ $\frac{dk}{dl} = 0$. კუთხის მაქსიმუმის და მისი ზრდის ინტენსივობის შეზღუდვა ინტეგრალის შიგნით განაპირობებს $\frac{dk}{dl}$ ფარდობის მიმართაც იგივე მოთხოვნებს.

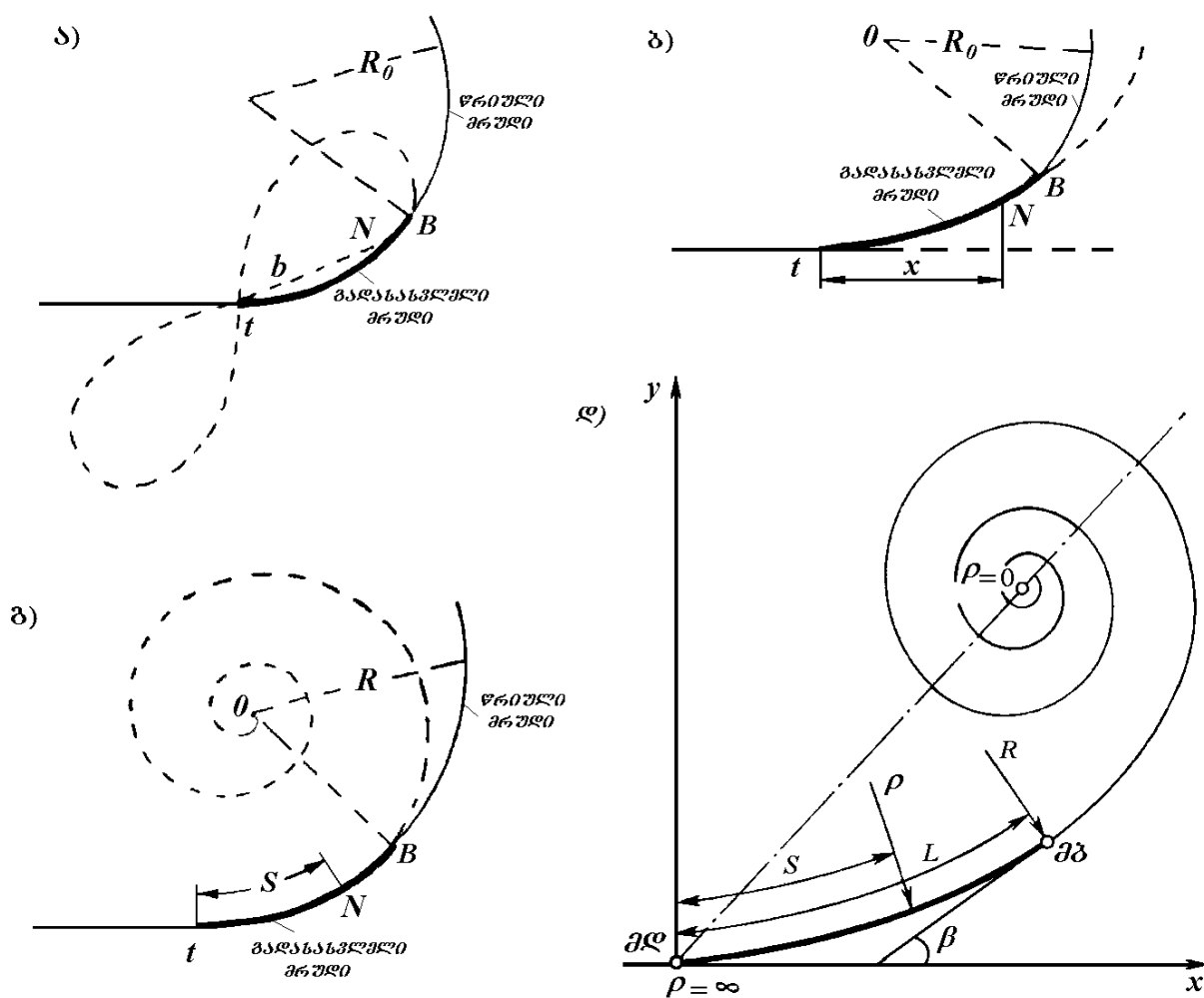
მეხუთე პირობა უზრუნველყოფს ზემოთ აღნიშნული პირობების შესრულებას დამატებით ძალოვან ფაქტორებთან კავშირში. დამატებითი ძალები და მომენტები პროპორციულია დამატებითი წინსვლითი ან კუთხური მოძრაობის აჩქარებებისა, ამიტომ მათ წაეყენებათ ერთნაირი მოთხოვნები.

იმისათვის, რომ გარე რელსის შემაღლების მოწყობის შემდეგ ღერძების დახრის ცვალებადობის კუთხური სიჩქარე გადასასვლელი მრუდის დასაწყისში და ბოლოში ნულის ტოლი იყოს, ხოლო გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში უწყვეტად იცვლებოდეს, რათა ამ აჩქარებების აბსოლუტური მნიშვნელობები და გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში მათი ცვალებადობის გრადიენტები არ აჭარბებდეს დასაშვებ მნიშვნელობებს. იგივე მოთხოვნები წაეყენება გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში სიმრუდის მეორე წარმოებულს, რაც

ცხრილში 1.9 ჩაწერილია მეხუთე პირობად. მეხუთე მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად მრუდი უნდა იცვლებოდეს $\frac{d^2k}{dl^2}$ კანონით.

ხუთივე პირობის შესრულება მატარებლების მრუდში მოძრაობის საუკეთესო პირობებს ქმნის, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მოძრაობის მაღალი სიჩქარეების შემთხვევაში.

ამ პირობებს აკმაყოფილებს მესამე და მეოთხე ხარისხის ცვალებადრადიუსიანი მრუდები. რკინიგზებზე გადასასვლელ მრუდებად გამოიყენება კუბური პარაბოლა (ნახ.1.44-ბ), რადიოდარული სპირალი (ნახ.1.44-გ), ბერნულეს ლემნისკანტა (ნახ.1.44-ა) და კლოტოიდა (ნახ.1.44-დ) და სხვა.



ნახ.1.44. რკინიგზებზე გადასასვლელ მრუდებად გამოყენებული მათემატიკური მრუდები:

- ა - ბერნულეს ლემნისკანტა; ბ - კუბური პარაბოლა;
გ - რადიოდარული სპირალი; დ - კლოტოიდა.

გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში უნდა განხორციელდეს ლიანდის სიგანის გაგანიერება და გარე რელსის შემადგენლის მოწყობა. ისინი იწყება გადასასვლელი მრუდის საწყისში და მთავრდება გადასასვლელი მრუდის ბოლოში.

როგორც ცნობილია გარე რელსის შემადგენელი ტოლია

$$h = \frac{S_1 v_{\text{საშ}}^2}{gR} \quad (1.122)$$

ავღნიშნოთ $A = \frac{S_1}{R}$ და $k = \frac{1}{\rho}$, ხოლო $Av_{\text{საშ}}^2 = \text{const.}$

გარე რელსის შემადგენლის სწორხაზოებრივი პრინციპით $i = tg\gamma$ მოწყობისას (ნახ.1.43), გადასასვლელი მრუდის ნებისმიერი წერტილისათვის შეიძლება დავწეროთ

$$h = \frac{l}{i} \quad (1.123)$$

რადგანაც

$$h = \frac{Av_{\text{საშ}}^2}{\rho} \quad (1.124)$$

აქედან

$$l = \frac{Av_{\text{საშ}}^2}{i\rho} \quad (1.125)$$

ავღნიშნოთ

$$C = \frac{Av_{\text{საშ}}^2}{i} \quad (1.126)$$

მაშინ

$$h = \frac{C}{\rho} \quad (1.127)$$

ამ პირობას აკმაყოფილებს რადიოდარული სპირალი. თუ $\rho = R$, მაშინ (1.127) განტოლებიდან

$$C = Rl_0 \quad (1.128)$$

$$C = \frac{S_1 v_{\text{საშ}}^2}{gi} \quad (1.129)$$

(1.128) განტოლებიდან C წარმოადგენს გადასასვლელი მრუდის პარამეტრს გეომეტრიული ინტერპრეტაციით, ხოლო (1.129) განტოლებიდან C არის გადასასვლელი მრუდის პარამეტრი ფიზიკური ინტერპრეტაციით.

ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ რადიოდარული სპირალის განტოლებას კოორდინატთა სისტემაში შემდეგი სახე აქვს:

$$\left. \begin{aligned} x &= l - \frac{l^5}{40C^2} + \frac{l^9}{3456C^4} - \dots \\ y &= \frac{l^3}{6C} - \frac{l^7}{336C^3} + \frac{l^{11}}{42240C^5} - \dots \end{aligned} \right\} \quad (1.130)$$

ხშირად საკმარისია (1.130) ფორმულის გამოყენება პირველი ორი წევრის ჩათვლით, დაშვებით რომ

$$\left. \begin{aligned} x &\approx l \\ y &= \frac{l^3}{6C} \end{aligned} \right\} \quad (1.131)$$

თუ (1.131) ფორმულაში l -ს შევცვლით x -ით, მაშინ

$$y = \frac{x^3}{6C} \quad (1.132)$$

და, როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებს, როცა $R > 1,602C^{\frac{5}{9}}$, მაშინ რადიოდარული სპირალის მაგივრად შეიძლება კუბური პარაბოლის გამოყენება.

1.7.2. გადასასვლელი მრუდების სიგრძის განსაზღვრა ძირითადი კრიტერიუმების მიხედვით

გადასასვლელი მრუდის სიგრძე განისაზღვრება სხვადასხვა კრიტერიუმების მიხედვით და მიღებული შედეგებიდან უდიდესი, 20 მ ჯერადობით დამრგვალებული მიიღება სანგარიშო სიდიდედ. ამასთან გარე რელსის გაანგარიშებით მიღებული სიდიდე უნდა შეთანხმდეს სამშენებლო ნორმებში და წესებში მოცემულ სიდიდესთან.

იმ პირობით, რომ გარე რელსის შემადგენლობა უნდა დაიწყოს გადასასვლელი მრუდის საწყისში და დამთავრდეს მის ბოლო წერტილში, ამასთან თუ დავუშვებთ, რომ გარე რელსის შემადგენლობა h ხორციელდება სწორხაზობრივი კანონით i ქანობით, გადასასვლელი მრუდის სიგრძე l_0 ტოლი იქნება

$$l_0 = \frac{h}{i} \quad (1.133)$$

გარე რელსის შემადგენლობის i ქანობი მიიღება:

როცა $v \leq 120$ კმ/სთ – $i = 0,001$;

როცა $v=120 \div 160$ კმ/სთ – $i=0,00067$.

სარეკონსტრუქციო და არსებულ რკინიგზებზე ყველა შემთხვევაში გარე რელსის შემადგენლების ქანობი არ უნდა აღემატებოდეს 3,2%-ს.

გარე რელსის შემადგენლების ქანობის მდოვრულობა უნდა შემოწმდეს თვლის გარე რელსის შემადგენლებზე ასვლის უსაფრთხო სიჩქარის მიხედვით.

ცდებით დადგენილია, რომ თვლის ქიმის გარე რელსზე ასვლის უსაფრთხო სიჩქარე $f_{\text{დასაშ.}} \leq 32$ მმ/წმ $\approx 1/6$ კმ/სთ. ჩვენს რკინიგზებზე მიღებულია, რომ $f_{\text{დასაშ.}} \leq 28$ მმ/წმ $\approx 0,1$ კმ/სთ. აშშ-ს რკინიგზებზე – $f_{\text{დასაშ.}} \leq 32$ მმ/წმ, ხოლო ინგლისის რკინიგზებზე – $f_{\text{დასაშ.}} \leq 38$ მმ/წმ.

თვალი წინსვლითი v_{max} სიჩქარით მოძრაობისას გადასასვლელი მრუდის l_0 სიგრძეს გაივლის t დროში, მაშინ

$$t = \frac{l_0}{v_{\text{max}}} \quad (1.134)$$

ე.ი. ამ დროში თვალი დაძლევს h_0 სიმაღლეს, მაშასადამე თვლის გარე რელსის შემადგენლებზე ასვლის სიჩქარე ტოლი იქნება

$$f = \frac{h_0}{t} = \frac{h_0 v_{\text{max}}}{l_0} \quad (1.135)$$

აქედან

$$\frac{h_0}{l_0} = \frac{f}{v_{\text{max}}} \quad (1.136)$$

ვიციტ, რომ $i = \frac{h_0}{l_0}$, მივიღებთ

$$i \leq \frac{f_{\text{დასაშ.}}}{v_{\text{max}}} \quad (1.137)$$

ვიციტ, რა თვლის გარე რელსის შემადგენლებზე ასვლის დასაშვები სიჩქარე $f_{\text{დასაშ.}} = 0,1$ კმ/სთ მივიღებთ

$$i \leq \frac{f_{\text{დასაშ.}}}{v_{\text{max}}} \leq \frac{1}{10v_{\text{max}}} \quad (1.138)$$

შევიტანოთ (1.138) მნიშვნელობა (1.133) ფორმულაში და მივიღებთ

$$l_0 = 10h v_{\text{max}} \quad (1.139)$$

გადასასვლელი მრუდის სიგრძე უნდა შემოწმდეს აგრეთვე გაუბათილებელი ცენტრიდანული აჩქარების დროის ერთეულში ცვალებადობის ანუ

გაუბათილებელი ცენტრიდანული აჩქარების ცვალებადობის ინტენსივობის მიხედვით.

ცვალებადრადიუსიან გადასასვლელ მრუდზე მოძრაობისას აღძრული ცენტრიდანული ძალა ტოლია

$$I = \frac{mv^2}{\rho} \quad (1.140)$$

ამ ძალის აჩქარება განისაზღვრება დროის პირველი წარმოებულის მიხედვით:

$$\frac{d\left(\frac{mv^2}{\rho}\right)}{dt} = m \frac{d\left(\frac{v^2}{\rho}\right)}{dt} \quad (1.141)$$

მუდმივი m მასის შემთხვევაში აუცილებელია, რომ აჩქარება გარკვეულ სიდიდეს არ აღემატებოდეს ე.ი.

$$\frac{\left(\frac{v^2}{\rho}\right)}{dt} \leq a^2 \quad (1.142)$$

რადიოდარული სპირალის სიმრუდე განისაზღვრება ფორმულით

$$\frac{1}{\rho} = \frac{S}{C} \quad (1.143)$$

სადაც S - გადასასვლელი მრუდის მიმდინარე სიგრძეა.

მუდმივი v წინსვლითი მოძრაობის შემთხვევაში (1.142) ფორმულიდან

$$\frac{v^2}{C} \times \frac{dS}{dt} \leq \psi \quad (1.144)$$

$$\text{ვიცი, რომ } \frac{dS}{dt} = v \text{ და } C = Rl. \text{ შევიტანოთ } v \text{ და } C \text{ სიდიდეები} \quad (1.145)$$

ფორმულაში და მივიღებთ $\frac{v^3}{Rl} \leq a^2$ ანუ

$$l = \frac{v^3}{R\psi} \quad (1.146)$$

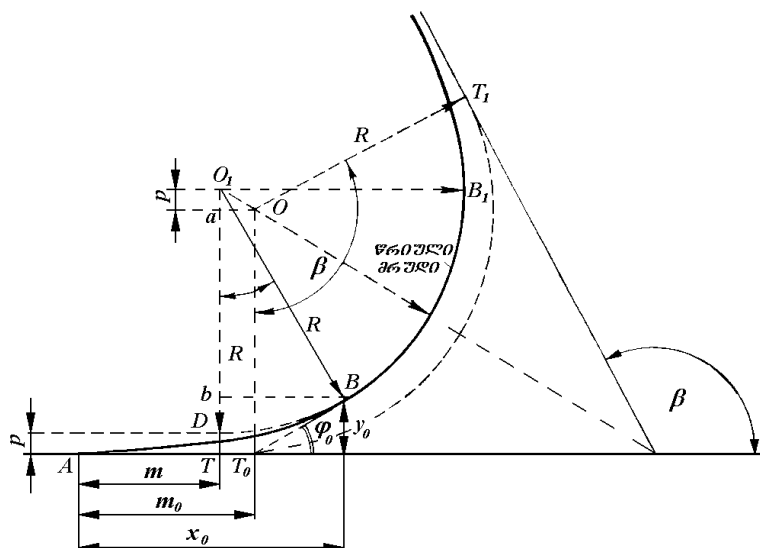
სადაც ψ - გაუბათილებელი განივი აჩქარების დროის ერთეულში ცვალებადობის ნორმაა. $\psi = 0,6 \div 0,8 \text{ მ/წმ}^3$.

1.7.3. გადასასვლელი მრუდის დაკვალვა

გადასასვლელი მრუდის ადგილმდებარეობაზე დაკვალებისათვის საჭირო ელემენტები განისაზღვრება მისი დაკვალების წესის მიხედვით. არსებობს მრუდების დაკვალების შემდეგი მეთოდები:

- წრიული მრუდის ცენტრისაკენ გადაწევით;
- წრიული მრუდის ცენტრის ადგილზე დატოვებით და ძირითადი რადიუსის შემცირებით;
- წრიული მრუდის ცენტრის გადაწევით და რადიუსის შემცირებით.

განვიხილოთ გადასასვლელი მრუდის დაკეპალვის ყველაზე ფართოდ გავრცელებული და მისაღები, წრიული მრუდის ცენტრისაკენ გადაწევის მეთოდი (ნახ.1.45).



ნახ.1.45 გადასახველელი მრუდის დაკვლევა წრიული მრუდის ცენტრისაკენ
გადაწვეით

გადასასვლელი მრუდის საწყისიდან, მრუდის მხარეს გადაიზომება m_0 მანძილი გადაუწეველი წრიული მრუდის საწყისამდე.

$$m_0 = x_0 - R \sin \varphi_0 + p \operatorname{tg} \beta \quad (1.147)$$

სადაც x_0 - გადასასვლელი მრუდის პროექციაა აბსცისთა ღერძზე, $x_0 \approx l_0$.

უნდა განვსაზღვროთ აგრეთვე m მანძილი

$$m = x_0 - R \sin \varphi_0 \approx \frac{l_0}{2} \quad (1.148)$$

გადასასვლელი მრუდის მიხედვით φ_0 კუთხე რადიოდარული სპირალისა და კუბური პარაბოლასათვის ტოლია

$$\varphi_0 = \int_0^l k dl = \int_0^l \frac{l}{C} = \frac{l_0^2}{2C} = \frac{l_0^2}{2Rl_0} = \frac{l_0}{2R} \quad (1.149)$$

ამასთან გადასასვლელი მრუდის დაკვაღვა შესაძლებელია თუ

$$2\varphi_0 < \beta \quad (1.150)$$

სადაც β - წრიული მრუდის მოხვევის კუთხეა.

ამ პირობის თანახმად β კუთხის შესაბამისი l_0 სიგრძის გადასასვლელი მრუდის მოწყობის შესაძლებლობა მოწმდება წრიული მრუდის მინიმალური სიგრძის მიხედვით, რომელიც ტოლია

$$L_{\min} \geq R(\beta - 2\varphi_0) \quad (1.151)$$

უნდა განისაზღვროს წრიული მრუდის ცენტრისაკენ გადაწევის p და გადასასვლელი მრუდის ბოლო წერტილის y ორდინატის სიდიდეები. ამისათვის

უშვებენ, რომ $\sin \varphi_0 \approx \varphi_0 = \frac{l_0}{2R}$; $(1 - \cos \varphi_0) = 2 \sin^2 \frac{\varphi_0}{2} \approx \frac{\varphi_0^2}{2} = \frac{l_0^2}{8R}$; $x_0 \approx l_0$, მაშინ

$$y_0 = \frac{l_0^3}{6C} = \frac{l_0^2}{6R} \quad (1.152)$$

$$p = y_0 - R(1 - \cos \varphi_0) = y_0 - 2R \sin^2 \frac{\varphi_0}{2} \approx \frac{l_0^2}{6R} - \frac{l_0^2}{8R} \approx \frac{l_0^2}{24R} \quad (1.153)$$

წრიული მრუდების დაკვაღვის ცხრილებით სარგებლობის შემთხვევაში, მრუდის კოორდინატები გადასასვლელი მრუდის საწყისიდან, როცა $x_0 > R \sin \varphi_0$ ტოლი იქნება

$$x_k = m + x_{\text{ცხრ.}} \quad (1.154)$$

$$y_k = p + y_{\text{ცხრ.}} \quad (1.155)$$

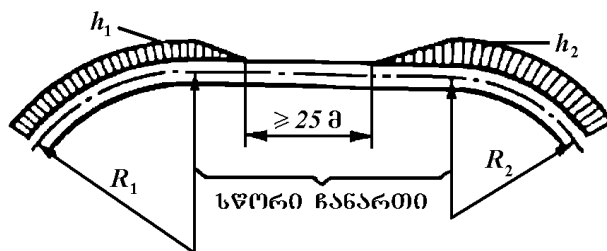
1.7.4. გადასასვლელი მრუდების მოწყობა მომიჯნავე წრიულ მრუდებს შორის

მომიჯნავე წრიული მრუდების გადასასვლელ მრუდებს შორის უნდა მოეწყოს სწორი ჩანართი სიგრძით არანაკლებ 50 მ; შეზღუდულ პირობებში დაიშვება

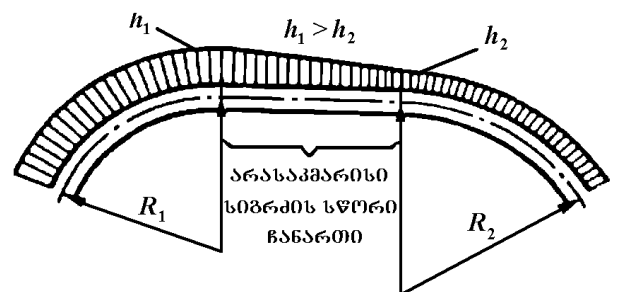
სწორი ჩანართის ნაკლები სიგრძე, მაგრამ არანაკლებ 25 მ ერთ მხარეს მიმართული მრუდებისათვის და 15 მ სხვადასხვა მხარეს მიმართული მრუდებისათვის.

ერთ მხარეს მიმართულ ურთიერთახლო განლაგებულ მრუდებში გადასასვლელი მრუდების გარეშე გარე რელსის შემადგენლის დამრეცება ეწეობა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მრუდებს შორის მოთავსებულ სწორ ჩანართში ეტევა ორივე დამრეცების სიგრძე და მათ ბოლოებს შორის რჩება სწორი ჩანართი სიგრძით არანაკლებ 25 მ (ნახ.146). თუ სწორი ჩანართის სიგრძე გამოდის 25 მეტრზე ნაკლები, მაშინ გარე რელსის დამრეცება ეწეობა მრუდებს შორის სწორი ჩანართის მთელ სიგრძეზე. ამასთან შემადგენლა დადგინდება მრუდების შესაბამისი შემადგენლის ტოლი, ხოლო შემადგენლების შეუღლება ეწეობა სხვადასხვა რადიუსიან მრუდებს შორის სწორი ჩანართის ფარგლებში (ნახ.147). ასეთ შემთხვევებში შემადგენლის სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 115 მმ-ს (გაუბათილებელი აჩქარების 0,7 მ/წმ² გადაუჭარბებლობის პირობით).

ორ სხვადასხვა რადიუსიან ერთ მხარეს მიმართულ მრუდებს შორის სწორი ჩანართის არარსებობისას, გარე რელსის შემადგენლის დამრეცება და ლიანდის გაგანიერების მდოვრული ცვალებადობა ეწეობა გადასასვლელი მრუდის ან დიდრადიუსიანი წრიული მრუდის ფარგლებში (ნახ.148).



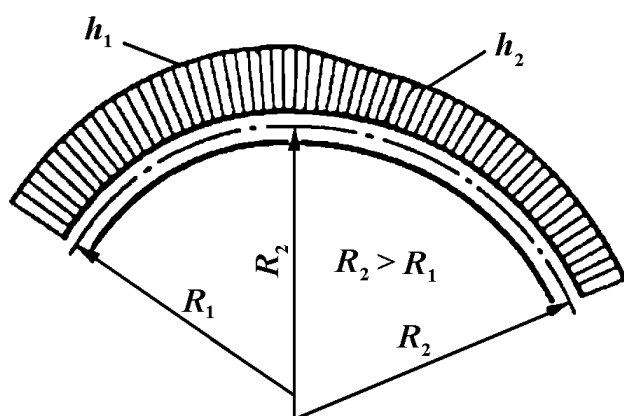
ნახ.146 გარე რელსის შემადგენლის დამრეცების მოწყობის სქემა ერთ მხარეს მიმართული მომიჯნავე მრუდების შეუღლებისას მათ შორის საკმარისი სიგრძის სწორი ჩანართის შემთხვევაში



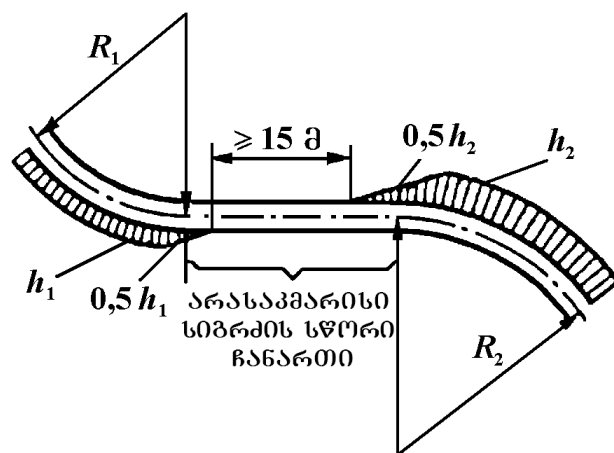
ნახ.147. გარე რელსის შემადგენლის დამრეცების მოწყობის სქემა ერთ მხარეს მიმართული მომიჯნავე მრუდების შეუღლებისას მათ შორის არასაკმარისი სიგრძის სწორი ჩანართის შემთხვევაში

ერთ მხარეს მიმართული წრიული მრუდების ურთიერთშეუღლებისას მათ შორის გადასასვლელი მრუდები შეიძლება არ მოეწყოს თუ მრუდების სიმრუდეთა სხვაობა არ აღემატება $1/4000$.

სხვადასხვა მხარეს მიმართული მრუდების შემთხვევაში გადასასვლელი მრუდების გარეშე, გარე რელსის შემადგენლის დამრეცება ეწყობა ამ მრუდებს შორის სწორი ჩანართის ფარგლებში. დასაშვებია სწორი ჩანართის სიგრძის შემცირება გარე რელსის შემადგენლის მოწყობის გარეშე 15 მეტრამდე, დამრეცების მოწყობით 0.003 ქანობით. ამასთანავე წრიული მრუდის დასაწყისში შემაღლება არ უნდა იყოს ნაკლები მთლიანი შემაღლების ნახევრისა (ნახ.1.49).



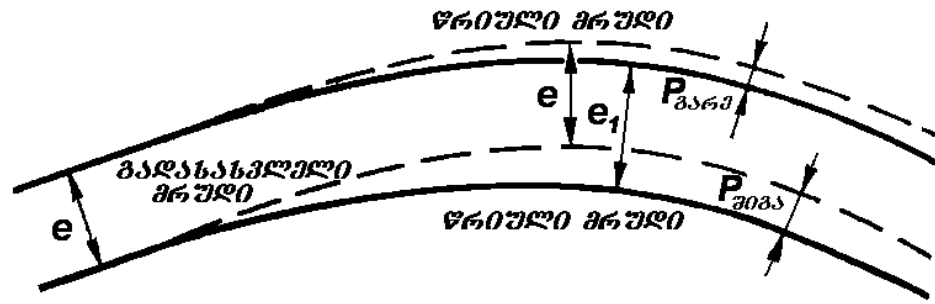
ნახ.1.48. გარე რელსის შემაღლების დამრეცების (ლიანდის გაგანიერების) მოწყობის სქემა ერთ მხარეს მიმართულ სხვადასხვა რადიუსიანი მომიჯნავე მრუდებში სწორი ჩანართის გარეშე



ნახ.1.49. გარე რელსის შემაღლების დამრეცების (ლიანდის გაგანიერების) მოწყობის სქემა სხვადასხვა მხარეს მიმართული მრუდების შეუღლებისას მათ შორის არასაკმარისი სიგრძის სწორი ჩანართის შემთხვევაში

1.7.5. გადასასვლელი მრუდების მოწყობის თავისებურებები ორლიანდაგიან რკინიგზებზე

ორლიანდაგიან რკინიგზებზე გაბარიტების მოთხოვნების შესაბამისად მრუდებში ლიანდაგის ღერძებს შორის მანძილი e სიდიდიდან e_1 სიდიდემდე A მანძილით უნდა გაიზარდოს (ნახ.1.50).



ნახ.1.50 ლიანდის სივანის გაბარიტული გაგანიერება მრუდებში

ამასთან გარეთა ლიანდაგისათვის $l_{0გარე}$ და $C_{გარე}$ სიდიდეები $l_{0შიგა}$ და $C_{შიგა}$ სიდიდეებზე იმდენად მეტი უნდა იყოს, რომ შიგა ლიანდაგზე წრიული მრუდის $P_{შიგა}$ გადაწევის სიდიდე ტოლი უნდა იყოს:

$$P_{შიგა} = P_{გარე} + A \quad (1.156)$$

სადაც A - ლიანდაგის ღერძებს შორის გაბარიტული გაგანიერებაა.

$P_{გარე}$ განისაზღვრება (1.153) ფორმულის საშუალებით. (1.156) ფორმულით ცნობილი $P_{შიგა}$ სიდიდისათვის განისაზღვრება $l_{0შიგა}$ მნიშვნელობა.

თუ მრუდში მიწის ვაკისის ღერძის რადიუსს ავლნიშნავთ R_0 -ით, მაშინ

$$R_{შიგა} = R_0 - \frac{e}{2} - A \quad (1.157)$$

$$R_{გარე} = R_0 + \frac{e}{2} \quad (1.158)$$

მიახლოებით $l_{0შიგა}$ სიდიდე განისაზღვრება (1.153) ფორმულის მიხედვით

$$l_{0შიგა} \approx \sqrt{l_{0გარე}^2 \frac{R_{შიგა}}{R_{გარე}} + 24R_{შიგა}A} \quad (1.159)$$

შიგა ლიანდაგის მრუდის დაკვალვის შესაძლებლობა (1.151) ფორმულის საშუალებით მოწმდება.

1.8. დამოკლებული რელსები

1.8.1. ზოგადი ცნობები

ლიანდაგში სარელსო პირაპირები ორთავე სარელსო ძაფზე ერთიმეორის გასწვრივ, ერთ სიბრტყეში უნდა იყოს განლაგებული. მრუდ უბნებში კი

რადიალურ მიმართულებაზე. ლიანდაგის მრუდე უბნებში გარე და შიგა სარელსო ძაფების სიგრძეთა სხვაობის გამო პირაპირების ერთ სიბრტყეში რადიალური მიმართულებით განლაგება ვერ ხერხდება და შიგა სარელსო ძაფის პირაპირი წინ ასწრებს გარე სარელსო ძაფის პირაპირს. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად მრუდის შიგა სარელსო ძაფზე უნდა ჩალაგდეს გარკვეული რაოდენობის სტანდარტულად დამოკლებული რელსები. დამოკლებული რელსების რაოდენობა და მათი ნორმალური სიგრძის რელსებთან მონაცვლეობა გაანგარიშების მიხედვით დადგინდება. ამ გაანგარიშების საფუძველია ის, რომ მრუდებში პირაპირების აცდენის სიდიდე, რელსების სტანდარტული დამოკლების k სიდიდის ნახევარს არ უნდა აღემატებოდეს.

ჩვენს რკინიგზებზე რელსების სტანდარტული დამოკლების სიდიდეებია: 12,5 მ სიგრძის რელსებისათვის $k=40,80$ და 120 მმ; 25 მ სიგრძის რელსებისათვის $k=80$ და 160 მმ.

4.8.2. დამოკლებული რელსების რაოდენობისა და ლიანდაგში ჩალაგების თანმიმდევრობის განსაზღვრა

განვსაზღვროთ ნებისმიერი მრუდისათვის შიგა სარელსო ძაფის დამოკლების სიდიდე.

AA_1 და BB_1 კვეთებს შორის კუთხე ნახ. 1.51-ის მიხედვით ტოლია $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. გარე სარელსო ძაფის AB რკალის სიგრძე ტოლი იქნება

$$\cup AB = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_{\text{გარე}} d\varphi \quad (1.160)$$

შიგა სარელსო ძაფის A_1B_1 რკალის სიგრძე ტოლია

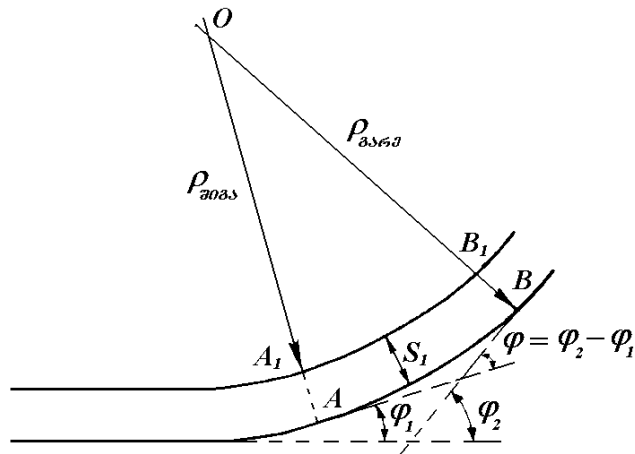
$$\cup A_1B_1 = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_{\text{შიგა}} d\varphi \quad (1.161)$$

მაშინ შიგა სარელსო ძაფის რკალის დამოკლების სიდიდე ტოლი იქნება

$$\varepsilon = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_{\text{გარე}} d\varphi - \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_{\text{შიგა}} d\varphi = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (\rho_{\text{გარე}} - \rho_{\text{შიგა}}) d\varphi \quad (1.162)$$

ვინაიდან $\rho_{\text{გარე}} - \rho_{\text{შიგა}} = S_1$, მაშასადამე

$$\varepsilon = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} S_1 d\varphi = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (\varphi_2 - \varphi_1) d\varphi = S_1 \varphi \quad (1.163)$$



ნახ. 1.51 მრუდებში შიგა სარელსო ძაფის დამოკლების განსაზღვრის სქემა

იზოლირებული სარკინიგზო მრუდი შედგება ორი გადასასვლელი და სუფთა წრიული მრუდისაგან. ცნობილია, რომ გადასასვლელი მრუდის მოხვევის კუთხე

$$\varphi_{\text{გად.მ.}} = \frac{l_0^2}{2C} \quad (1.164)$$

ხოლო წრიული მრუდის მოხვევის კუთხე

$$\varphi_{\text{წრ.მ.}} = \frac{l_{\text{წრ.მ.}}}{R} \quad (1.165)$$

მაშინ მთლიანი მრუდის ფარგლებში შიგა სარელსო ძაფის დამოკლება გამოითვლება ფორმულით

$$\varepsilon_{\text{მთლ.}} = 2\varepsilon_{\text{გად.მ.}} + \varepsilon_{\text{წრ.მ.}} = 2S_1 \frac{l_0^2}{2C} + S_1 \frac{l_{\text{წრ.მ.}}}{R} = S_1 \left(\frac{l_0^2}{C} + \frac{l_{\text{წრ.მ.}}}{R} \right) = S_1 \left(\frac{l_0^2}{l_0 R} + \frac{l_{\text{წრ.მ.}}}{R} \right) = \frac{S_1}{R} (l_0 + l_{\text{წრ.მ.}}) \quad (1.166)$$

ვიცით, რა მრუდის ფარგლებში შიგა სარელსო ძაფის მთლიანი დამოკლება $\varepsilon_{\text{მთლ.}}$, შეიძლება გამოვთვალოთ მრუდში დამოკლებული რელსების საჭირო რაოდენობა

$$N_{\text{დამ.რ.}} = \frac{\varepsilon_{\text{მთლ.}}}{k} \quad (1.167)$$

პრაქტიკულად დამოკლებული რელსების ლიანდაგში ჩალაგების თანმიმდევრობას სპეციალური ცხრილებისა და გრაფიკების საშუალებით განსაზღვრავენ.

ლიტერატურა:

1. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь М,: Транспорт, 1987. 480 с..
2. Шахунянц Г.М. Проектирование железнодорожного пути М,: Транспорт, 1972. 320 с..
3. Яковлева Т.Г., Шульга С.В., Амелин С.В. и др.; Под ред. Амелина С.В. Основы устройства и расчёт железнодорожного пути, М,: Транспорт, 1990. 367 с.
4. Чернышев М.А. Практические методы расчёта пути, М,: Транспорт, 1967. 235 с.
5. МПС – Главное управление пути Технические указание по укладке и содержанию бесстыкового пути, М,: Транспорт, 1982. 166 с.
6. Под редакцией Альбрехта В.Г., Бромберга Е.М. Бесстыковой путь, М,: Транспорт, 1982. 206 с.
7. Амелин С.В., Бассарский М.П. и др.; Под ред. Баилова В.В.и Чернышева М.А. Т. 1 Справочник инженера – путейца, М,: Транспорт, 1972. 768 с.
8. Фришман М.А. Как работает путь под поездами, М,: Транспорт, 1983. 168 с.
9. МПС РФ Российская Академия Транспорта Большая энциклопедия транспорта, том 4, «Железнодорожный транспорт», М,: «БРЭ», 2003. 1040 с.
10. Чернышев М.А., Крейнис З.Л. Железнодорожный путь, М,: Транспорт, 1985. 304 с.
11. Амелин С.В., Андреев Г.Е. Устройство и эксплуатация пути, М,: Транспорт, 1986. 238 с..

ს ა რ ჩ ე ვ ი

სარელსო ღიანდის მოწყობა

	ბმ.
თავი 4 სარელსო ღიანდის დაგეგმარება და მოწყობა	3
4.1 სარელსო ღიანდის მოწყობისა და მოვლა-შენახვის თავისებურებები	3
4.2 მოძრავი შემადგენლობის საგალი ნაწილებისა და ღიანდაგის ურთიერთქმედების ძირითადი პრინციპები	4
4.3 სარელსო ღიანდის მოწყობა სწორ უბნებში, ნორმები და დაშვებები	9
4.4 სარელსო ღიანდის განსაზღვრა მრუდე უბნებში ეკიპაჟის ჩაწერის პირობით	12
4.4.1 ზოგადი ცნობები	12
4.4.2 ღიანდის სიგანის განსაზღვრა მრუდებში ეკიპაჟის ჩაწერის გეომეტრიული მახასიათებლების გათვალისწინებით	14
4.4.3 ღიანდის სიგანის განსაზღვრა მრუდებში ორღერძიანი ეკიპაჟის ჩაწერის პირობით	19
4.4.4 ღიანდის სიგანის განსაზღვრა მრუდებში სამღერძიანი ეკიპაჟის ჩაწერის პირობით	21
4.4.5 ღიანდის სიგანის განსაზღვრა ჩაწერის დინამიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით	25
4.4.6 ეკიპაჟის მრუდში ჩაწერის გეომეტრიული მახასიათებლების განსაზღვრა	26
4.4.7 ეკიპაჟის მრუდში ჩაწერის გაანგარიშება აბსოლუტურად ხისტი კონსტრუქციის ღიანდაგის შემთხვევაში	29
4.4.8 ეკიპაჟის მრუდში ჩაწერის გაანგარიშება დრეკად ღიანდაგში დინამიკური მახასიათებლებით	35
4.4.9 ღიანდაგზე ეკიპაჟიდან გადაცემული განივი ძალების ზემოქმედების შეფასება გრაფიკ-პასპორტებით	37
4.4.10 ეკიპაჟების ღიანდაგში ჩაწერის გაანგარიშების თავისებურებები მატარებელზე გრძივი ძალების ზემოქმედების გათვალისწინებით	44
4.5 ღიანდის სიგანის ნორმების და დაშვებების ჩამოყალიბების ისტორია და ძირითადი კრიტერიუმები	47
4.5.1 ღიანდის სიგანის ნორმების და დაშვებების ჩამოყალიბების	47

მოკლე ისტორია და ძირითადი კრიტერიუმები	
4.5.2 ლიანდის სიგანის ნორმები და დაშვებები მრუდე უბნებში	52
4.6 გარე რელსის შემადგენლობა	54
4.6.1 ზოგადი ცნობები	54
4.6.2 მრუდებში გარე რელსის შემადგენლობის სიდიდის განსაზღვრა ტექნიკურ-ეკონომიკური მიზანშეწონილობის მიხედვით	55
4.6.3 გარე რელსის შემადგენლობა კომფორტული მეზავრობის უზრუნველყოფის პირობით	59
4.7 გადასასვლელი მრუდები	61
4.7.1 გადასასვლელი მრუდების თეორია და დანიშნულება	61
4.7.2 გადასასვლელი მრუდების სიგრძის განსაზღვრა ძირითადი კრიტერიუმების მიხედვით	66
4.7.3 გადასასვლელი მრუდის დაკვალება	69
4.7.4 გადასასვლელი მრუდების მოწყობა მომიჯნავე წრიულ მრუდებს შორის	70
4.7.5 გადასასვლელი მრუდების მოწყობის თავისებურებები ორლიანდაგიან რკინიგზებზე	72
4.8 დამოკლებული რელსები	73
4.8.1 ზოგადი ცნობები	73
4.8.2 დამოკლებული რელსების რაოდენობისა და ლიანდაგში ჩალაგების თანმიმდევრობის განსაზღვრა	74
ლიტერატურა	76