

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი მეძმარიაშვილი

48 მეტრი მალის მქონე,
გასაშლელი საიერიშო ხიდი, მისი ტრანსპორტირების და
მონტაჟის ხიდგამდებები

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი
2012 წ.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამშენებლო ფაკულტეტზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: სრ. პროფესორი აგული სოხაძე

რეცენზენტები: სრული პროფესორი თამაზ ჭურაძე
ტ.მ.კ. სეით ბლიაძე

დაცვა შედგება 2012 წლის 19 ივნისს, 15 საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის
სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 507^ა
მისამართი: თბილისი 0175, კოსტავას 72

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს
ბიბლიოთეკასა და სტუ-ს ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს

სწავლული მდივანი:

სრ. პროფესორი მ. კუბლაშვილი

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა განპირობებულია საბრძოლო მოქმედებების პირობებში, გადასალახ დაბრკოლებაზე, დროის უმცირეს მონაკვეთში 3÷10 წუთში, არსებულ ანალოგებთან შედარებით, ახალი გაზრდილმალიანი ხიდის შექმნით, რაც სამხედრო საინჟინრო უზრუნველყოფის მნიშვნელოვანი პრობლემაა.

არსებული "საიერიშო", ერთმალიანი მექანიზებული, გასაშლელი ხიდები, რომელთა მალი აღწევს 24÷32 მეტრს, ხოლო ხიდის დაკეცილი პაკეტის სიგრძე, რომელიც განთავსებულია სატანკო ხიდგამდებზე, შეზღუდულია და იგი შეადგენს მაქსიმუმ 12÷16 მეტრს, გადასალახ დაბრკოლებაზე გაიდებიან ავტომატურად, ეკიპაჟის ტანკიდან გადმოუსვლელად, რაც განპირობებულია "საიერიშო" ხიდების გამოყენებით ფორსირების ოპერაციებში. ეს კი ნიშნავს საცეცხლე ზემოქმედების პირობებში ხიდის და ხიდგამდების გამოყენებას.

ახალი "საიერიშო" ხიდის მალის გაზრდა 32÷48 მეტრამდე იძლევა საშუალებას გაიზარდოს რაოდენობა გადასალახი დაბრკოლებებისა, რომელთა სიგანე ნაცვლად 24÷32 მეტრისა უკვე შეადგენს 32÷48 მეტრს.

აღნიშნული "საიერიშო" ხიდების გამოყენება ასევე წარმატებულად შეიძლება სამოქალაქო მიზნებისათვისაც, ექსტრემალურ სიტუაციებში და საგანგებო ვითარებებში.

საქართველოსათვის გასაშლელი გაზრდილმალიანი "საიერიშო" ხიდების შექმნა, რომელთაც ანალოგი არ გააჩნიათ, მნიშვნელოვანია არა მარტო საკუთარი სამხედრო და სამოქალაქო მიზნების მისაღწევად, არამედ მისი კომერციალიზაციის პირობებში საქართველო ხდება კონკურენტუნარიანი, მეცნიერებატევადი და მაღალტექნოლოგიური სამხედრო-საინჟინრო ტექნიკის რეალიზატორი სამხედრო ტექნიკის საერთაშორისო ბაზარზე.

დისერტაციის მიზანი მდგომარეობს 32÷48 მეტრი მალის მქონე "საიერიშო" ხიდის და მისი ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დაჯავშნული მანქანის – სატანკო ხიდგამდების შექმნაში. ასეთი მოთხოვნით:

- გასაშლელი, მექანიზებული ხიდი უნდა იყოს ერთმალისანი;
- გასაშლელი ხიდის დაკეცილი პაკეტი, რომელიც განთავსებულია ხიდგამდებზე, უნდა აკმაყოფილებდეს პაკეტის ზღვრულ, ტრანსპორტირებისათვის დასაშვებ მოთხოვნებს და ასევე სატანკო ხიდგამდების მზიდუნარიანობის შესაბამისი წონაც უნდა გააჩნდეს;
- ხიდგადების პროცესი უნდა განხორციელდეს უმოკლესი დროის ინტერვალში 3÷10 წუთში, ამასთან იგი უნდა იყოს ტექნოლოგიური, სტაბილური, კონტროლირებადი და მართვადი;
- ხიდგადების პროცესი უნდა განხორციელდეს მხოლოდ ხიდგამდებიდან და ეკიპაჟის ტანკიდან გადმოუსვლელად;
- ხიდს უნდა გააჩნდეს სათანადო საექსპლოატაციო პირობები;
- ხიდი უნდა იყოს დაცული სასარგებლო ტვირთის უარყოფითი ზემოქმედებისაგან და ნაკლებად დაზიანებადი საცეცხლე ზემოქმედებით;
- საცეცხლე ზემოქმედების შედეგად, ხიდის დაზიანების შემთხვევაში, იგი უმეტეს წილად უნდა იძლეოდეს საშუალებას ხიდგამდებით მისი გარკვეული ფორმით აკეცვისა და სატანკო ხიდგამდებით ბრძოლის ველიდან გატანისა;
- გასაშლელი ხიდი უნდა იყოს მრავალჯერადი გამოყენების.

მეცნიერული სიახლე:

- ნაშრომში შემოთავაზებულია განსხვავებული სისტემა გასაშლელი ხიდების მიერ ფორმის მიღწევისა, რომელიც ეფუძნება საინჟინრო ტრანსფორმირებადი სისტემების ფორმათწარმოქმნის თეორიას;
- ნაშრომში შემოთავაზებულია კლასი ახალი გასაშლელი ხიდებისა, რომელთა ფორმათწარმოქმნა განპირობებულია შეთავსებული, ორმაგი და სამმაგი ტრანსფორმაციის პრინციპით, მაშინ როდესაც შემოთავაზებული მეთოდით დგინდება, რომ არსებული გასაშლელი ხიდები ეფუძნება ტრანსფორმაციის ერთ რომელიმე პრინციპს;
- ტრანსფორმაციის რთული – შეთავსებადი პრინციპით შექმნილი გასაშლელი ხიდების სქემების მიხედვით, კონსტრუირების ლოგიკის საფუძველზე დამუშავდა ხიდებისა და ხიდგამდებების კონკრეტული გადაწყვეტები;

- შეიქმნა გასაშლელი ხიდის საბაზო სტრუქტურა სამმაგი ტრანსფორმაციის პრინციპით და ხიდგამდების ორმაგი პრინციპის შეთავსებით და სინთეზური სტრუქტურის ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტით, რამაც მთლიანად უზრუნველყო ხიდისა და ხიდგამდებისათვის დასახული პარამეტრების სრულად დაკმაყოფილება;
- ჩატარდა ექსპერიმენტული კვლევები, სადაც, ასევე თეორიული და ექსპერიმენტების შედეგების მონაცვლეობით, ხიდის მოდელის სტრუქტურის ფორმათწარმოქმნის და განსაკუთრებით ფორმის ფიქსაციის სისტემა დამუშავდა;
- შექმნილი გასაშლელი ხიდებისათვის მიღწეულია საანგარიშო სქემების მოდელების შექმნა, რომელიც შეესაბამება სისტემის დამაბულ–დეფორმირებულ სურათს ტრანსფორმაციის ფორმათწარმოქმნის ყველა ეტაპზე – დაკეცილი სატრანსპორტო პაკეტიდან დაწყებული, სისტემის გაშლის პროცესის და ფორმის საბოლოო ფიქსაციის ეტაპის ჩათვლით.

მიღებული შედეგების საიმედოობა დაფუძნებულია ტრანსფორმირებადი საინჟინრო სისტემების თეორიაზე, კონსტრუირების ლოგიკაზე, გაანგარიშების თანამედროვე პროგრამულ უზრუნველყოფაზე, რომელშიც მათემატიკური მოდელი საანგარიშო სისტემისა სასრულ ელემენტთა პრინციპით არის შესრულებული და თეორიული შედეგების ექსპერიმენტული კვლევებით დასაბუთებაზე.

მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენება შესაძლებელია ხიდმშენებლობაში – სწრაფადასაგები, გასაშლელი ხიდების სახით, რომლებიც არიან ტრანსპორტირებადი და მრავალჯერადი გამოყენების.

ნაშრომის აპრობაცია და გამოყენებული პუბლიკაციები. ნაშრომის ცალკეული შედეგები მოხსენებულ იქნა სადოქტორო პროგრამით გათვალისწინებულ ორ სემინარზე; სადისერტაციო ნაშრომის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 7 სამეცნიერო შრომა, მათ შორის ორი გამოგონება, რომელზეც გაცემულია საქართველოს პატენტი; გამოქვეყნებულია საზღვარგარეთ (ჰოლანდიაში) და საქართველოში ჩატარებული საერთაშორისო კონფერენციების 2 შრომათა კრებულში, ასევე მოხსენებულია საქართველოში ჩატარებულ სტუდენტთა სამეცნიერო კონფერენციაზე.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა დისერტაცია წარმოდგენილია შესავლის, ძირითადი ნაწილის, დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან. დისერტაცია შედგება 160 გვერდისაგან და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა შეიცავს 49 დასახელებას.

ნაშრომის შინაარსი

შესავალში განხილულია თემის აქტუალობა, კვლევის მეცნიერული სიახლე და ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა.

ნაშრომის პირველ ნაწილში გასაშლერლი “საიერიშო” მექანიზებული ხიდების არსებული პროტოტიპების ფონზე, მათი შექმნის საფუძვლების, კონსტრუქციების, ტექნოლოგიების და მასალების აღწერით, ახალი ტრანსფორმირებადი სისტემების თეორიის მიხედვით, განსაკუთრებული მიდგომით სისტემატიზებულია და კლასიფიცირებული შესაძლო პრინციპები გასაშლელი, ტრანსფორმირებადი სისტემების ფორმათწარმოქმნისა.

მექანიზებული ხიდების აგების ძირითადი პროცესის გაშლა-დაკეცვის ანალიზი მრავალმხრივად ჩატარებული და ასევე ლიტერატურაში სათანადოდ შეფასებულია. მაგრამ, თუ დავისახავთ მიზნად გაზრდილი მალის მქონე, ახალი საიერიშო ხიდის შექმნას, მაშინ კომპლექსური ამოცანის გადაწყვეტა აუცილებელი ხდება.

პირველ რიგში, საჭიროა ძიება ახალი კონსტრუქციული მასალებისა, რომელთა ექნებათ დიდი სააინგარიშო წინაღობა და ასევე მაღალი დრეკადობის მოდული.

ახალი კონსტრუქციული მასალების ერთ-ერთი დამახასიათებელი ნიშანი უნდა იყოს მისთვის სათანადო ფორმის მინიჭების მაღალი ტექნოლოგიურობა და მათი გამოყენებით მიღწეული ეკონომიური ეფექტი.

მეორე რიგში აუცილებელია თვით სტრუქტურული ანალიზის საფუძველზე, გასაშლელი ხიდების მზიდი და სავალი ნაწილების შესრულების კონსტრუქციული სახეცვლილება ან მათი გაუმჯობესება.

ეს ღონისძიებაც მიზნად უნდა ისახავდეს ხიდის კონსტრუქციის საკუთარი წონის შემცირებას და მისი დამზადებისას ელემენტების ფრაგმენტების და ცალკეული კონსტრუქციული კვანძების დამზადების ტექნოლოგიური პრიცესების გამარტივებას.

მაგრამ, კომპლექსური ამოცანის გადაწყვეტაში, ხიდის მალის გაზრდის და მისი დაკეცილი სატრანსპორტო პაკეტისათვის დასაშვები გაბარიტების შენარჩუნების მხრივ წინა პლანზე გადმოდის ხიდის ტრანსფორმაციის პროცესით ფორმათწარმოქმნის ახალი სქემების შექმნის აუცილებლობა – ხიდის გაშლა–დაკეცვის ახალი სპექტრის წარმოჩენა.

ასეთი ლოგიკით განხილვა გასაშლელი ხიდებისა – როგორც ტრანსფორმირებადი სისტემებისა, იძლევა მათი სატრანსპორტო დაკეცილი პაკეტის ზღვრული პარამეტრებიდან დიდი გაბარიტების ხიდების შექმნის შესაძლებლობებს.

მექანიზირებული ხიდები, განაპირობებენ სახიდე კონსტრუქციისა და საბაზო მანქანის განსაზღვრულ დამოუკიდებლობას. ეს ყოველივე, უზრუნველყოფს მისი დამზადების ტექნოლოგიისა და მთლიანი კონსტრუქციის შედარებით სიმარტივეს და ქმნის საბაზო მანქანების სახით, მექანიზირებული ხიდების მანქანათა, სერიულად წარმოების შესაძლებლობას, რაც განსაზღვრავს ხიდისა და ხიდგამდების ერთობლივად გამოყენების ეკონომიკურ მიზანშეწონილობას.

მათი მთლიანობაში, ტრანსფორმირებად სისტემებად განხილვისას შეიძლება ორივე ბლოკი იყოს ფორმათწარმოქმნის მონაწილე, ან შესაძლებელია მხოლოდ ხიდის ბლოკე ასრულებდეს ტრანსფორმაციის პროცესებს.

მექანიზირებულ ხიდებში, ხიდგამდების მეშვეობით, არსებობს ხიდის გადების რამოდენიმე მეთოდი: წამოცმით ან გადაბრუნებით, როგორც მთელი, ასევე დაკეცვადი მალის ნაგებობების და ან სახიდე ბლოკებისა. ამასთან, გასაშლელი ხიდების კონსტრუირების ლოგიკის მიხედვით, მნიშვნელოვანია

ტრანსფორმირებადი სისტემების თეორია, რომელშიც განხილულია ფორმათწარმოქმნის სამი ძირითადი პრინციპი:

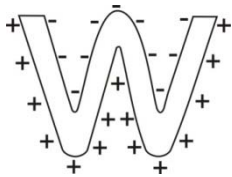
1. დახვევის პრინციპი. (ფიგ. 1)



ფიგ. 1

ასეთ მოდელში სისტემის დახვევის ან გაშლის დროს, შესაბამისად ადგილი აქვს მისი საპირისპირო მხარეების (+ -) ურთიერთ-დაახლოებას ან დაშორებას, რაც სიმბოლოების მიხედვით შემდეგნაირად ჩაიწერება: $\begin{matrix} + & + & + & + & + & + & + & + & + \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix}$

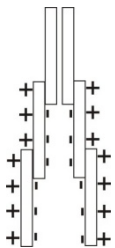
2. დაკეცვის პრინციპი. (ფიგ. 2)



ფიგ. 2

ასეთ მოდელში სისტემის დაკეცვის ან გახსნის დროს შესაბამისად ადგილი აქვს მისი ერთიდაიგივე მხარეების (+ ; +) და (- ; -) ერთმანეთთან დაახლოებას ან დაშორებას, რაც სიმბოლოების მიხედვით შემდეგნაირად ჩაიწერება: $\begin{matrix} + & - & + & - & + & - & + & - & + \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix}$

3. ტელესკოპის პრინციპი. (ფიგ. 3)



ფიგ. 3

ასეთ მოდელში სისტემის დაკეცვისა და გახსნის დროს, ადგილი აქვს სხვადასხვა ელემენტების, სხვადასხვა სიმბოლოების (+ -) მქონე ზედაპირების ურთიერთ გრძივად გადაადგილებას. ეს იწვევს დაკეცვასა და $\begin{matrix} + & + & + & + & + & + & + & + & + \\ \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow \end{matrix}$ შემდეგნაირად ჩაიწერება: $\begin{matrix} \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow & \leftarrow \end{matrix}$

თუ განხილული პრინციპების მიხედვით გავაკეთებთ სისტემატიზაციას, მაშინ არსებული გასაშლელი ერთმალისანი ხიდების გაშლა-დაკეცვისა და გადასალახ წინააღმდეგობებზე გადების ლოგიკური სქემებით, შემდეგ განმარტებებს მივიღებთ, რომლებიც მთლიანობაში ორ ძირითად ჯგუფად იყოფა.

სქემების მიხედვით მათი კლასიფიკაცია შემდეგი სახისაა:

- A. გასაშლელი ხიდები აგება “წამოცმის” მეთოდით:
 - I სქემა – ტელესკოპის პრინციპი – გასაშლელ ისარზე გასრიალებით;
 - II სქემა – ტელესკოპის პრინციპი – ხიდის კონსოლურად ჩამაგრებით.
- B. გასაშლელი ხიდის აგება “გადაბრუნების” მეთოდით:
 - I სქემა – დაკეცვის პრინციპი;
 - II სქემა – დახვევის პრინციპი;
 - III სქემა – დაკეცვის პრინციპი;
 - IV სქემა – დაკეცვის პრინციპი.

თუ შევაფასებთ წარმოდგენილი სისტემატიზაციით ერთმალისანი ხიდის გადასალახ წინააღმდეგობაზე გაშლა-დაკეცვის ლოგიკურ სქემებს, სხვადასხვა დროს სხვადასხვა ვარიანტებს ეძლეოდათ უპირატესობა.

მიუხედავად ამისა, სქემები პრაქტიკულად არ შეესაბამება მოცემულ ეტაპზე გასაშლელი ხიდების კონსტრუირების ლოგიკას. ეს არის მცდელობა არსებული ერთმალისანი ხიდების კლასიკური სქემების დაჭრის, სახსრების დაყენების და კომპაქტურად დაკეცვის, რომლის შემდეგ ხდება მათი გამოყენების ადგილზე გაშლა და წინააღმდეგობაზე გადება.

დაისვა საკითხი ტრანსფორმაციის მიხედვით ახალი, დიდმალისანი, “საიერიშო” ხიდების შესაქმნელად განისაზღვრულიყო რთული სახის ფორმათწარმოქმნის სქემები. თითოეული მათგანი შედგება ორი მარტივი ფორმათწარმოქმნის სქემისაგან:

I – დაკეცვის პრინციპი + ტელესკოპის პრინციპი;

II – დაკეცვის პრინციპი + დახვევის პრინციპი;

I პრინციპის – დაკეცვის პრინციპი + ტელესკოპის პრინციპი – განსხვავებული კონსტრუქციული სქემების მიხედვით განისაზღვრა მესამე შემთხვევაც:

III – დაკეცვის პრინციპი + ტელესკოპის პრინციპი.

როდესაც ხდება გაშლის პრინციპების განხილვა, უნდა შევთანხმდეთ, რომ ერთი და იგივე ტრანსფორმაციის პრინციპით შეიძლება შეირჩეს სხვადასხვა ტიპის კონსტრუქციული სქემები.

— არსებული “საიერიშო” მექანიზებული ხიდები, რომლებიც გადასალახ დაბრკოლებაზე აიგებიან “წამოცმის” ან “გადაბრუნების” მეთოდით, ვერ აკმაყოფილებენ მოთხოვნას $24 \div 32$ მეტრის ზემოთ მალის ზრდისა, რაც პირველ რიგში შეზღუდულია ხიდის დაკეცილი პაკეტის სატრანსპორტო გაბარიტებით.

— არსებული “საიერიშო” მექანიზებული ხიდების, გადასალახ დაბრკოლებაზე ხიდის დასრულებული, გაშლილი ფორმის წარმოქმნას, როგორც ტრანსფორმირებადი სისტემების ფორმათწარმოქმნის თეორიიდან გაირკვა, ახორციელებენ ტრანსფორმაციის სახეობებიდან რომელიმე ერთი პრინციპით.

— დისერტაციაში დასახული მიზნის მისაღწევად, რაც წარმოადგენს მექანიზებული, ერთ სატრანსპორტო საშუალებაზე განთავსებული, საიერიშო გასაშლელი ხიდების მალის შემდგომ $24 \div 32$ მეტრზე მეტი

სიდიდით შექმნას, აუცილებელია ხიდების ტრანსფორმაციის არა ერთ, არამედ, პირველ რიგში, ორმაგი ტრანსფორმაციის პრინციპზე გადასვლა.

ნაშრომის მეორე ნაწილში განხილულია გასაშლელი ხიდის კონსტრუქცია აგებული ტრანსფორმირებადი სისტემის ფორმათწარმოქმნის ორმაგი პრინციპით – “დაკეცვის პრინციპს” + “ტელესკოპის პრინციპი”.

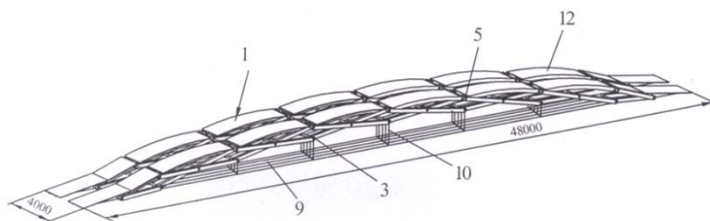
აღნიშნული გასაშლელი ხიდის კონსტრუქცია (ფიგ. 4) შედგება ორი ლიანდისაგან 1. ლიანდები ხიდის გრძივი მიმართულებით ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან განივი ცენტრალური ლილვებით 2. აღნიშნულ ღეროებზე, ლიანდების მიხედვით, წყვილ-წყვილად, ცენტრალური ცილინდრული კვანძებით 3, მიმაგრებულია პანტოგრაფების ღეროები 4.

პანტოგრაფების ღეროები გრძივად ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ცილინდრული ზედა კვანძებით 5 და ცილინდრული ქვედა კვანძებით 6, რომლებიც განივად ასევე ურთიერთდაკავშირებულია განივი ლილვებით 7.

პანტოგრაფული ღეროები, ცენტრალური ცილინდრული კვანძების ზემოთ უფრო მეტი სიგრძისაა ვიდრე ცენტრალური ცილინდრული კვანძის ქვემოთ. ასეთი სხვაობა მათ სიგრძეებში იძლევა საშუალებას, პანტოგრაფების სისტემა გრძივად განლაგდეს წრიული მოხაზულობის თაღზე.

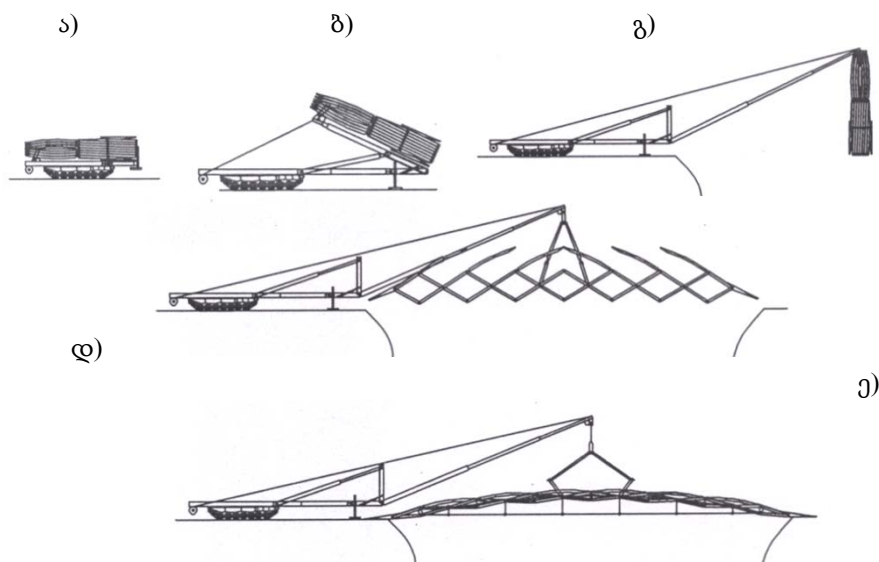
ხიდის ქვედა ნაწილში, განაპირა ლილვებზე 8 ემაგრება ხიდის მოქნილი ბაგირებისაგან დამზადებული ქვედა სარტყელები 9, რომლებზეც მიმაგრებულია დრეკადი ღეროები 10. ამ ღეროების მეორე ბოლო მიმაგრებულია პანტოგრაფების ბერკეტებში ჩამაგრებულ ზამბარებთან 11, რათა ხიდის გაშლის ან დაკეცვის მომენტში, ბაგირიანი სისტემა მუდმივად იყოს წინასწარ დაძაბულ მდგომარეობაში, რაც გამოორიცხავს მათ არაკანონზომიერ დაკეცვას და ერთმანეთში გადახლართვის შესაძლებლობას.

ხიდის სავალი ნაწილი შეიცავს ფილებით 12 ორ რიგად შედგენილ სავალ ლიანდებს. აღნიშნული პრინციპის მიხედვით შესაძლებელი გახდა გასაშლელი ხიდის დაპროექტება, რომლის სრული სიგრძე გაშლილ მდგომარეობაში აღწევს 48 მეტრს. რაც შეეხება ხიდის დაკეცილ სატრანსპორტო პაკეტს, მისი სიგრძე შედგენს 10,820 მეტრს, ხოლო სიმაღლე აღწევს 2,5 მეტრს. ასეთი გასაშლელი ხიდის საერთო წონა წინასწარი გაანგარიშებებით აღწევს 20 ტონას. ხიდის პანტოგრაფული მექანიზმის გაშლა-დაკეცვისათვის გამოყენებულია ელექტროჯალამბრების სისტემა და იგი აღჭურვილია ბაგირების დამხვევი დოლებით (ფიგ. 5).



ფიგ. 4. – გასაშლელი, “დაკეცვის პრინციპს + ტელესკოპის პრინციპი”,
ხიდის კონსტრუქციის ხედი

ხიდგამდები წარმოადგენს მუხლუხოვან სატრანსპორტო-სამონტაჟო საშუალებას, რომელიც შესრულებულია ტანკის ბაზაზე. ტანკზე სათანადოდ მოწყობილი გამოსაწევი და ასევე ამწე მოწყობილობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ხიდის ტრანსფორმაციას (ფიგ. 5) და შემდგომ მის გადებას გადასალახ წინააღმდეგობაზე.



ფიგ. 5. – ხიდგამდების ბაზაზე, გადასალახ დაბრკოლებაზე, ხიდის გადების პროცესი:

- ა) ხიდგამდები და ხიდი სატრანსპორტო მდგომარეობაში; ბ) ხიდგამდები იწეებს ხიდის მომზადებას გაშლისათვის; გ) ხიდის მზადყოფნა ტრანსფორმაციის პროცესის დაწყებისათვის; დ) ხიდი ტრანსფორმაციის პროცესის დროს; ე) ხიდის გაშლის პროცესის დასასრული.

ნაშრომში ჩატარებულია “დაკეცვის პრინციპს”+“ტელესკოპის პრინციპით” შექმნილი გასაშლელი ხიდის, მზიდი პანტოგრაფული სტრუქტურის კინემატიკური ანალიზი. გამოკვლევების მიხედვით გადაწყვეტილია კინემატიკური სინთეზის ამოცანა სისტემას ზღვრული მდებარეობის მიხედვით.

მიღებული ანალიზური დამოკიდებულებანი საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბდეს ტრანსფორმირებადი თაღოვანი სისტემის სრული კინემატიკური და დინამიკური მოდელები, რომლის საფუძველზეც შეგვიძლია

ვიმსჯელოთ განხილული სისტემის ოპტიმალური კონსტრუქციული პარამეტრების განსაზღვრაზე პროგრამული მონაცემების გათვალისწინებით.

გასაშლელ ხიდს გააჩნია დადებითი თვისებები:

- ხიდის კონსტრუქციული სქემა საშუალებას იძლევა გადაილახოს 48 მეტრი სიგანის წინააღმდეგობა;
- ხიდი იშლება დროის მცირე მონაკვეთში;
- ხიდის გაშლა წარმოებს მისი ტრანსფორმაციის პროცესში ადამიანის ჩარევის გარეშე;
- ხიდის სატრანსპორტო პაკეტის ზომებია 11.2x4.1x2.85 მეტრი;
- ხიდის წონა 20 ტ;
- ხიდი გაშლის შემდეგ არ საჭიროებს დამატებით ჩამკეტებს;
- ხიდის სავალი ნაწილი ერთვება ხიდის თაღის საერთო მუშაობაში და ამით მიიღწევა მასალის ეკონომია.

გასაშლელი ხიდის უარყოფითი თვისებებია:

- ხიდის კონსტრუქციაში მრავალი ცილინდრული სახსრების არსებობა, რომლებიც თავისი განლაგებით იწვევენ ხიდის განივი მიმართულებით გადაადგილების ხარისხის ზრდას;
- ხიდის მონტაჟი შესაძლებელია მისი შეკიდებით შუა ნაწილში, რაც იწვევს დამატებითი მასალის ხარჯს ხიდგამდების სათანადო აღჭურვისათვის, განსაკუთრებით კი 28–30 მეტრი სიგრძის ტელესკოპური ისრის მოწყობისათვის;
- ხიდს მონტაჟის დროს აქვს ძალიან დაბალი სიხისტე გრძივი მიმართულებით ღუნვაზე, რადგანაც გაშლის დროს მუშაობაში არის ჩართული ხიდის მხოლოდ და მხოლოდ ურთიერთგადაჯვარედინებული ელემენტები. მათ გააჩნიათ კრიტიკული წერტილები, სადაც მისი სიხისტე მინიმალურია.

ნაშრომის მესამე ნაწილში განხილულია გასაშლელი ხიდის კონსტრუქცია, შექმნილი ტრანსფორმირებადი სისტემების ფორმათწარმოქმნის “დაკეცვის პრინციპს”+“დახვევის პრინციპი”. ნაშრომის მეორე ნაწილში, განხილული ხიდის ნაკლოვანებების გათვალისწინებით, შემუშავდა ხიდი კონსტრუქცია, რომელიც გამოირჩევა იმით, რომ რომ პანტოგრაფული სქემით ურთიერთდაკავშირებული ხისტი ელემენტები, რომლებიც ერთმანეთს გადაჯვარედინებულად უკავშირდებიან ცენტრალური ცილინდრული სახსრებით და განაპირა ცილინდრული სახსრებით, გაშლის ეტაპებზე

ემსახურებიან და წარმოადგენენ მხოლოდ და მხოლოდ გაშლის ელემენტებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ ტრანსფორმაციით ფორმათწარმოქმნის პროცესს, მაგრამ ხიდის გაშლის ბოლო ეტაპზე ისინი განლაგდებიან თადის მოხაზულობით და უკვე წარმოადგენენ ხიდის ზედა სავალი ნაწილის მზიდ და ფუნქციონალურ სისტემას.

ტრანსფორმირებადი სისტემის ასეთი გადაწყვეტა იმ მიზნით მოხდა, რომ გასაშლელი ხიდის ყველაზე უფრო მასიური და ღუნვაზე დიდი სიხისტის მქონე, სავალი ნაწილის მზიდი სისტემები, ხიდის გაშლამდე ასრულებს ძირითადი ელემენტების როლს, რომლითაც ფორმათწარმოქმნის პროცესი ხორციელდება.

ხიდი შედგება აღმავალი პანტოგრაფებისაგან 1 (ფიგ. 6) და დაღმავალი პანტოგრაფებისაგან 2. პანტოგრაფები ურთიერთიკვეთებიან, სადაც მოწყობილია მთავარი ცილინდრული სახსრები, რომლებიც განთავსდება განივად განლაგებულ ცენტრალურ ლილვებზე 3. აღსანიშნავია, რომ პანტოგრაფების ორი სახეობიდან ან აღმავალი ან დაღმავალი პანტოგრაფები ცენტრალურ ლილვთან ხისტად არიან ჩამაგრებული. ანალოგიური სქემით არის მოწყობილი ხიდის განაპირა სექციები, სადაც ლიანდების 4 მიხედვით, ცენტრალური ლილვი ორ ნაწილად არის გაყოფილი.

ლიანდების მიხედვით გადაჯვარედინებული პანტიგრაფების ცალკეული სექციები, გრძივად დაკავშირებულია მეზობელ სექციებთან. ეს კავშირი ხორციელდება აღმავალ და დაღმავალ პანტოგრაფებს შორის მოწყობილი სახსრებით, რომლებშიც გაყრილია ზედა ლილვები 5 და ქვედა ლილვები 6.

აღსანიშნავია, რომ აღმავალი და დაღმავალი პანტოგრაფების მაკავშირებელი ზედა ლილვები და ქვედა ლილვები განთავსებულია მთავარ ცენტრალურ ლილვზე გამავალი ლიანდების უკიდურესად დაცილებულ წერტილებში.

სწორედ მათი დაცილების მანძილებს შორის სხვაობა ანიჭებს პანტოგრაფებს, ხიდის გაშლის მომენტში, პოლიგონალურ ან წრიულ მოხაზულობას.

ასეთი მოხაზულობის მიღება, სათანადო გეომეტრიული გათვლების გარეშე შეუძლებელს ხდის სისტემის გაშლა-დაკეცვას, ამიტომ ამის შესახებ ცალკე ანალიზი იქნება განხილული.

ხიდის განაპირა განცალკევებულ ლილვებზე, ასევე, ჩამაგრებულია ხიდის საყრდენები 7, რომლებსაც გააჩნიათ თვით საყრდენების მიმართ ხიდის

გარკვეული გასრიალების უნარი, რაც აუცილებელია ხიდის ქვედა მოქნილი სარტყელების 8 დასაჭიმად.

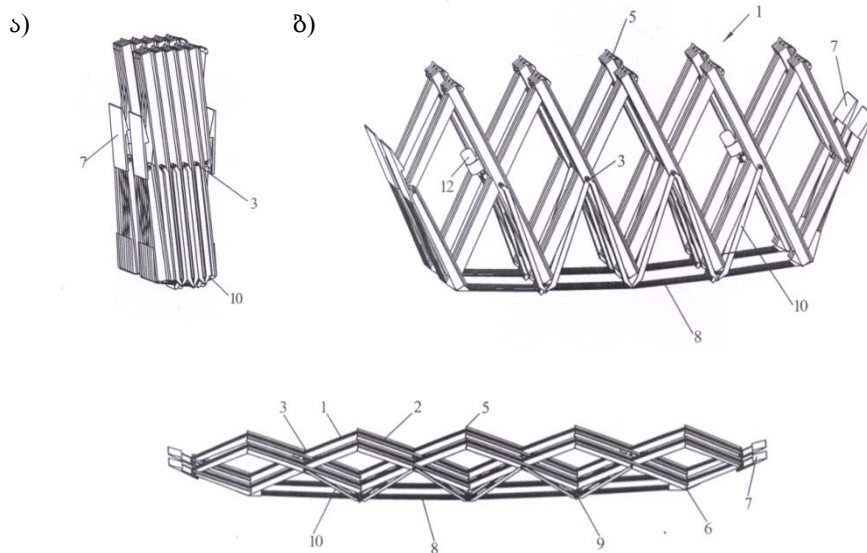
მოქნილი სარტყელები, რომლებიც მაღალი სიმტკიცის მასალისაგან არიან დამაზადებული, ჩამაგრებულია ქვედა სარტყელის კვანძებში 9. ბოლოები კი ემაგრება ქვედა ლილვებზე მოწყობილ კვანძებში.

ქვედა სარტყელის კვანძებში, ასევე, ჩამაგრდება ხიდის ირიბნები 10. ეს კავშირი ხორციელდება ქვედა სარტყელის განივი ღეროების 11 საშუალებით. განივ ღეროებს აქვთ უნარი, ხიდის დაკეცვის დროს, დაიხვიონ ქვედა მოქნილი სარტყელი თავის თავზე.

მეორე ბოლოთი ირიბნები ცილინდრული კვანძებით ემაგრება ცენტრალურ ლილვებზე.

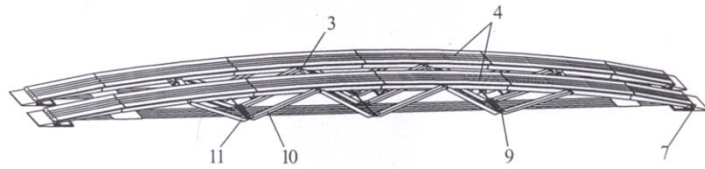
ხიდის გაშლის მექანიზმები, მოცემულ შემთხვევაში წარმოდგენილია ელექტროამძრავის 12 სახით. იგი ემაგრება აღმავალ ირიბნებს, ხოლო თავის ბრუნვით ცენტრალური ლილვის ირგვლივ ატრიალებს დაღმავალ ირიბნებს, რაც უზრუნველყოფს სისტემის გაშლა-დაკეცვას.

ხიდის ორ რიგად განლაგებული ლიანდები ერთმანეთში დამატებით ერთიანდებიან კავშირებით 14, რომლებიც ხიდის ირიბნებზეა მოწყობილი. ხიდის ზედა განივ ლილვებსა და ქვედა განივ ლილვებს შორის, შესაბამისად მოწყობილია ჩამკეტები, რომლებიც უზრუნველყოფენ გაშლილი ხიდის საექსპლოატაციო პირობებისათვის მზადყოფნას.



ბ)

დ)

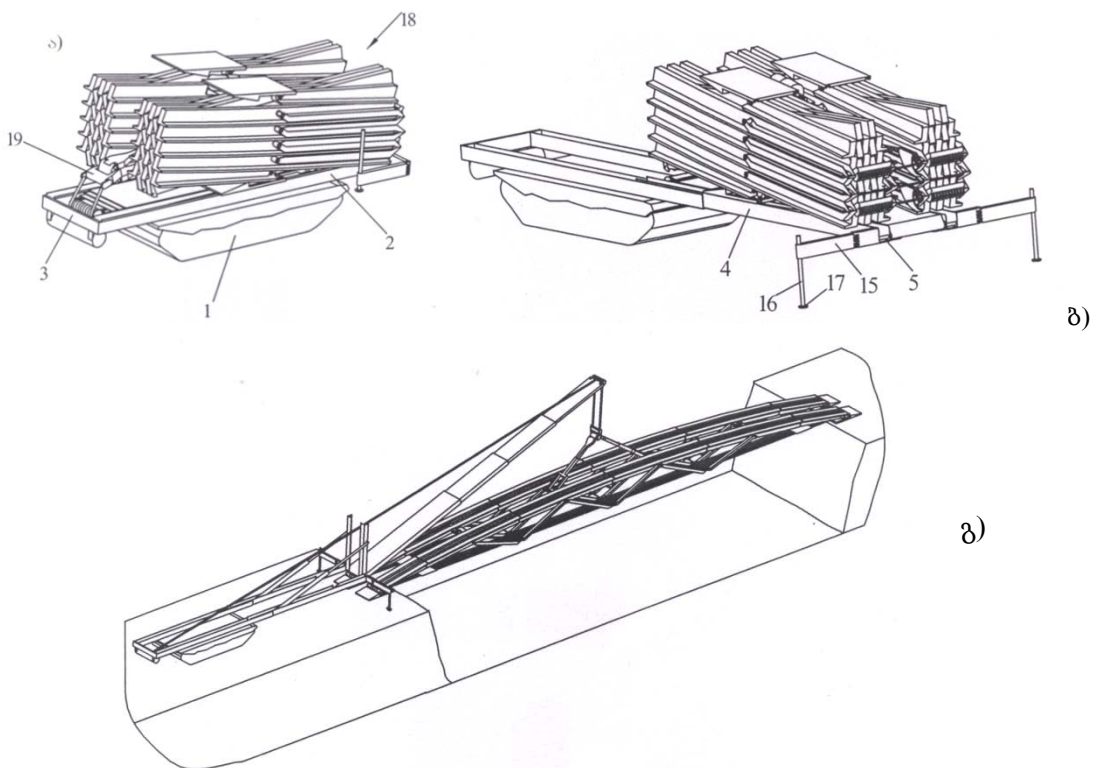


ფიგ. 6. – ხიდის კონსტრუქციის გაშლის სქემები.

- ა) ხიდი დაკეცილი სატრანსპორტო პაკეტის გაბარიტებით; ბ) ხიდის ტრანსფორმაციის პირველადი ეტაპი; გ) ხიდის ტრანსფორმაციის მეორე ეტაპი;
- დ) ხიდის კონსტრუქციის გაშლილ, ფიქსირებულ მდგომარეობაში.

შეიქმნა განსაკუთრებული კონფიგურაციის ხიდგამდების პროექტი (ფიგ. 7).

ხიდის ტრანსპორტირებისა და გადასალახ წინააღმდეგობაზე მონტაჟისათვის შესაძლებელია ვერტმფრენის გამოყენებაც.



ფიგ. 7. – ხიდის ტრანსფორმაციის სქემები გადასალახ დაბრკოლებაზე.

- ა) ხიდგამდები და მასზე განთავსებული ხიდი სატრანსპორტო მდგომარეობაში;
- ბ) ხიდგამდების სრული მომზადება ხიდის მონტაჟისათვის;
- გ) ხიდის გადასალახ დაბრკოლებაზე გადების პროცესი.

“დაკეცვის პრინციპს” + “დახვევის პრინციპით” შექმნილი “48 მეტრი მალის მქონე, საიერიშო გასაშლელი ხიდი და ხიდგამდები” წარმოდგენილი 92 გვერდზე შესრულებული სამუშაოს და მისი დაცვით 2008 წელს გიორგი მემმარიაშვილს მიენიჭა მაგისტრის აკადემიური ხარისხი.

ნაშრომში, სხვა საკითხებთან ერთად განხილულია ხიდის კონსტრუქციის გაანგარიშება. ხიდის დაკეცილი სატრანსპორტო პაკეტის სიგრძე შეადგენს 11,2

მ; სიგანე – 4,1 მ; სიმაღლე კი – 3 მ. გასაშლელი ხიდის საერთო სიგრძე 48 მეტრია. ხიდის გაშლის სანგარიშო დრო 7 წუთია. კონსტრუქციის ანგარიშში, სათანადო საანგარიშო სქემის და საანგარიშო მოდელის შექმნის შემდეგ მოხდა პროგრამული უზრუნველყოფით “Lira 2008”.

“დაკეცვის პრინციპს” + “დახვევის პრინციპით” შექმნილი გასაშლელ ხიდს, რომლის მალი 48 მ-ს აღწევს, გააჩნია შემდეგი დადებითი თვისებები:

— გაშლილი ხიდის ზედა კომბინირებული სარტყელი, რომელიც სავალი ნაწილის მუშა ელემენტია, შედგება სიხისტის მქონე, ღუნვაზე კარგად მომუშავე, ჯვარედინი სქემით შექმნილ და ურთიერთდაკავშირებულ პანტოგრაფებისაგან. პანტოგრაფები, ხიდის ტრანსფორმაციის, გაშლა-დაკეცვის პროცესში, ასრულებენ ძირითად მზიდი ელემენტების როლს, რომლებიც უზრუნველყოფენ ფორმათწარმოქმნას, ხოლო უკვე გაშლილ, საექსპლოატაციო მდგომარეობაში მყოფი ხიდისათვის, აღნიშნული პანტოგრაფები წარმოადგენენ ხიდის სავალ ნაწილს, ღუნვა-კუმშვაზე მომუშავე, კომბინირებულ სარტყელს ფერმისა.

ამასთან, ხიდს გააჩნია ნაკლოვანებები:

- ხიდის სატრანსპორტო პაკეტის შედარებით დიდი სიმაღლე, რაც, როგორც არსებულ მექანიზებულ ხიდებშია, ჩვენს შემთხვევაში, ასევე, უარყოფითად მოქმედებს ტანკის შასზე აგებული ხიდგამდების მანევრულობაზე;
- ხიდის კონსტრუქციის ზედა სარტყელში, მისი შეზღუდული სიმაღლიდან გამომდინარე, ადგილი აქვს მრავალი, შედარებით მცირე დიამეტრის ლილვების და ღერძების გამოყენებას, რაც მექანიზებულ ხიდებისათვის, რომლებზეც მძიმე და უხეში დატვირთვა – ტანკები გადატარდება, გარკვეულ ნაკლად უნდა ჩაითვალოს

ნაშრომის მეოთხე ნაწილში განხილულია გასაშლელი “დაკეცვის პრინციპს” + “დახვევის პრინციპით” შექმნილი ხიდის, 4,8 მეტრი მალის მქონე მოდელის ექსპერიმენტული კვლევის ძირითადი საკითხები და შედეგები.

გასაშლელი ხიდის კონსტრუქციის ფუნქციონალური, განსაკუთრებით კინემატიკური მახასიათებლების შესასწავლად, რომლის საბოლოო მიზანი, ასევე იყო მისი შედარება თეორიული გათვლების შედეგებთან, დაპროექტდა და დამზადდა 4,8 მეტრი სიგრძის ხიდის მოდელი, ხიდგამდებთან ერთად.

კონსტრუქციის ზედა კომბინირებული სარტყელის და საყრდენის დასამზადებლად გამოყენებულ იქნა ალუმინის მაღალი სიმტკიცის

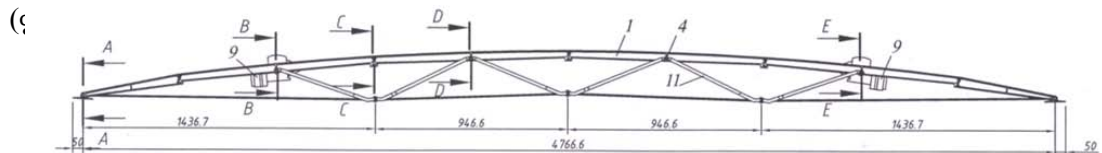
შენადნობები, ირიბნები დამზადდა ფოლადისაგან, ხოლო ქვედა მოქნილი სარტყელები შესრულებულია მაღალი სიმტკიცის ბაგირების გამოყენებით.

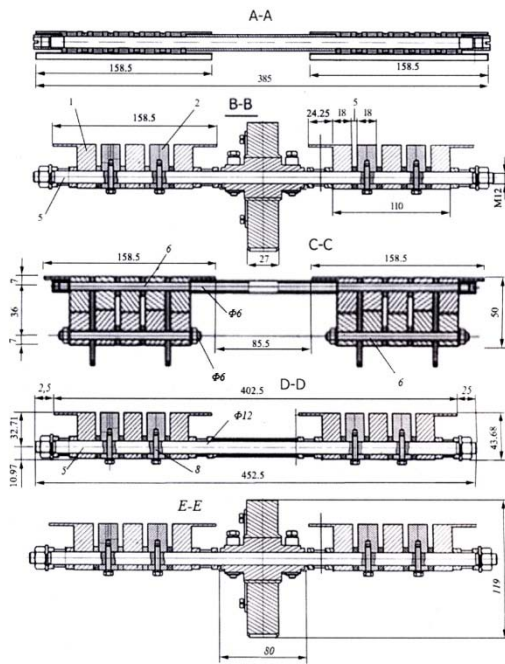
ასეთივე წესით და იმავე მასშტაბში დამზადდა ხიდის სატრანსპორტო-გამშლელი მოწყობილობის – ხიდგამდების მოდელიც, რომლის მასალად გამოყენებულ იქნა ფოლადი. ხიდის მოდელის გამშლელი მოწყობილობის დაპროექტება-დამზადების დროს გათვალისწინებული იქნა ის პირობები, რომელშიც მუშაობს რეალური გამშლელი მოწყობილობა (ფიგ. 8).



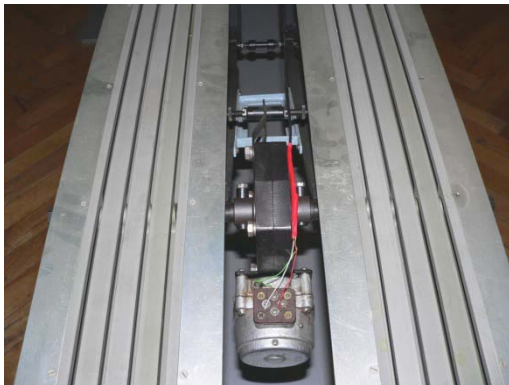
ფიგ. 8. – ხიდგამდების მოდელის საერთო ხედი

ექსპერიმენტული კვლევების დაგეგმვის დროს განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო გასაშლელი ხიდის მოდელის ფუნქციონალურ და განსაკუთრებით კინემატიკურ შესაბამისობას რეალურ 48-მეტრიან კონსტრუქციასთან. მოდელში ხიდის მთლიანი სიგრძე შეადგენს 4873,05 მმ-ს





ფიგ. 9 – ხიდის მოდელის გრძივი ხედი და ზედა კომბინირებული სარტყელის ჭრილები



ლიანდებს შორის განთავსებული ხიდის მოდელის გამშლელ-დამკეცი მექანიზმი წარმოადგენს ელექტრო ამბრავს DP-09, პლანეტარული რედუქტორით, რომელზეც მორგებულია ჭიახრახნული რედუქტორი, რაც ქმნის პანტოგრაფების ურთიერთის მიმართ მობრუნების ერთიან მექანიზმს 9 (ფიგ.10)

მიუხედავად ასეთი საწყისი პირობებისა მოდელის კონსტრუირების მხრივ, სტატიკურ დატვირთვებზე, მაგრამ არა კონსტრუქციის რღვევის სტადიამდე, ჩატარდა კვლევები, რომელმაც შემდეგი შედეგები აჩვენა:

ფიგ. 10. - ხიდის გამშლელ-დამკეცავი ერთიანი ელექტრო ამბრავიანი მექანიზმი რედუქტორებით

1. ძალები კონსტრუქციის ზედა და ქვედა ლილვებში, დატვირთვების პირველ ეტაპებზე, სანამ მოხდება კვანძებში არსებული უზუსტობების და ტექნოლოგიური “ლუფტების” შევსება, ნაწილობრივ განსხვავდება თეორიული შედეგებისაგან. თეორიული შედეგები, შესაბამის დატვირთვაზე, მიღებული იყო კონსტრუქციის მოდელის სივრცითი სქემის გაანგარიშებით პროგრამა “Lira-2000”-ით.

ა)

ბ)



ფიგ. 11. – მოდელის სხვადასხვა კვანძები

- ა) საყრდენი მოძრავი კვანძი; ბ) საყრდენი უძრავი კვანძი; გ) ცენტრალურ ლილვზე ირიბნების ჩამაგრების კვანძი; დ) ცენტრალურ ლილვზე განაპირა ირიბნების ჩამაგრების კვანძი; ე) პანტოგრაფების ბოლოების ურთიერთდაკავშირების კვანძი; ვ) პანტოგრაფების ბოლოების ურთიერთდაკავშირების განაპირა კვანძი; ზ) ქვედა სარტყელის კვანძი.

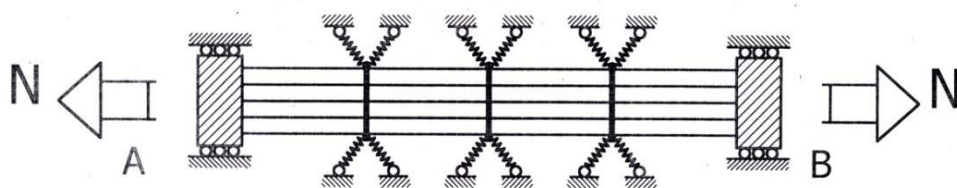
დატვირთვის შემდეგ ეტაპზე სარტყელებში აღძრული ძალების მნიშვნელობები თეორიულ შედეგებთან $7\% \pm 3\%$ -ით განსხვავდება, რაც სრულიად მისაღებია.

2. განსხვავებული შედეგები მიღებულია და გაანგარიშებულ იქნა ხიდის მოდელის ქვედა მოქნილი ღერძებიანი სარტყელის მუშაობის შესწავლისას (ფიგ. 11).

ხიდის მოდელის ერთი ლიანდის ქვედა სარტყელი წარმოადგენდა გრძივად განთავსებულ ხუთ მაღალი სიმტკიცის ბაგირს. თითოეული ბაგირის დიამეტრია $D = 3$ მმ. როგორც ითქვა, ბაგირები განაპირებზე ჩაბმულია

განაპირა განივ ლილვებთან, ხოლო შუალედებში, ქვედა კვანძის განივ ღეროებთან (ფიგ. 12).

ეს ღეროები სივრცეში ფიქსირდება შუალედური განივი საყრდენებით, რომლის ბოლოები ჩამაგრებულია ირიბნების ბოლოებთან. თავისთავად ირიბნები, რომლებიც სხვადასხვა სიგრძისაა, სხვადასხვა ძალებს ითვისებენ და ასევე ისინი განიცდიან ხიდის სავალი ნაწილიდან გადმოცემულ სხვადასხვა გადაადგილებებს. განივი ღეროები სივრცეში, მაღალი სიმტკიცის ბაგირებთან შედარებით, უფრო დეფორმირებადია, ამიტომ აღნიშნული ბაგირები შეიძლება, სხვა ელემენტებთან შედარებით, უფრო დამყოლ საყრდენებზე ჩამაგრებულად განვიხილოთ.

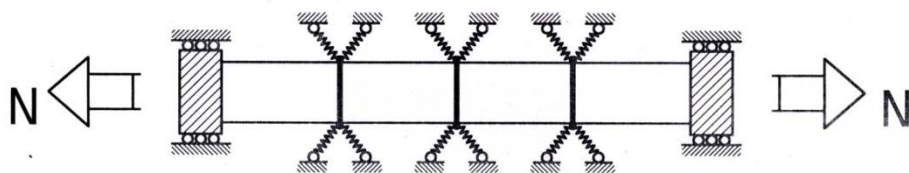


ფიგ. 12 – ქვედა სარტყელის ხუთბაგირიანი ჩამაგრების საანგარიშო სქემა

რაც შეეხება ქვედა სარტყელის ფიქსაციას ბოლოებში, იგი მაღალი სიხისტის საყრდენებად შეიძლება განვიხილოთ. ქვედა სარტყელის მოქნილი ღეროები ჩამაგრებულია ლილვზე, სადაც, ასევე მასიური, ღუნვა-კუმშვაზე მომუშავე, პანტოგრაფების ბოლოებია ჩამაგრებული.

მიუხედავად საპროექტო სიგრძეების მრავალეტაპიანი შერჩევისა, ექსპერიმენტით ქვედა სარტყელის ბაგირებში ძალების ცვალებადობა 35%-მდე სხვაობით დაფიქსირდა. ეს გამოიწვია იმან, რომ ერთ ხისტ A ან B დისკში მრავალი, ჩვენს შემთხვევაში 5, ბაგირი მაგრდება, რომელთა საწყისი სიგრძეების დიდი სიზუსტით ერთმანეთის მიმართ ტოლობა ძნელად მისაღწევი აღმოჩნდა.

მეორე მხრივ, შუალედური საყრდენების სხვადასხვა სიდიდებით დეფორმაციები, ასევე განაპირობებენ ძალების არათანაბარი გადანაწილებას ბაგირებში. მიღებულ იქნა გადაწყვეტილება და ექსპერიმენტის პროცესშივე მოხდა ქვედა სარტყელის სქემის ცვლილება (ფიგ. 13).



ფიგ. 13. – ქვედა სარტყელის ორბაგირიანი ჩამაგრების სქემა.

ბაგირების რაოდენობის შეცვლამ, 5-დან 2-მდე, განაპირობა სტაბილური სურათი ქვედა სარტყელის მიერ ათვისებული ძალების თანაფარდობისა.

კვლევების ექსპერიმენტულ ნაწილში, გაანგარიშდა გასაშლელი ხიდის, ზედა სარტყელის განზოგადოებული გეომეტრიული პარამეტრები, რაც მოცემული ხიდის რეალურად აგებისათვის განსაკუთრებულ საკითხს წარმოადგენს (ფიგ. 14 და ფიგ. 15).

აღნიშნული სქემიდან გამომდინარე, გარკვეული გარდაქმნების შემდეგ დადგინდა გასაშლელი ხიდის ძირითადი და წარმოებული პარამეტრები:

$$R = 0,5 f_0 + 0,125 \frac{L^2}{f_0} \quad (1) \quad \sin \frac{n\alpha}{2} = \frac{0,5L}{R} \quad (2)$$

$$\frac{n}{2} \alpha = \arcsin \frac{n\alpha}{2} \quad (3) \quad c = 2R \cdot \sin 0,5\alpha \quad (4)$$

რადიუსის მართობსა და პანტოგრაფის ბერკეტის ქვედა დაბოლოებას შორის მდებარე კუთხე - γ , წინასწარი პირობით არ შეიძლება იყოს უარყოფითი მნიშვნელობის.

$$\gamma \geq 0 \quad (5)$$

$$\ell_2 = \frac{c \cdot \sin(90^\circ - \frac{\alpha}{2})}{2 \cdot \sin(90^\circ - \gamma)} \quad (6) \quad h_2 = \frac{\ell_2 \cdot \sin(\frac{\alpha}{2} + \gamma)}{\sin(90^\circ - \frac{\alpha}{2})} \quad (7) \quad \ell_1 = \frac{c \cdot \sin(90^\circ + \frac{\alpha}{2})}{2 \cdot \sin(90^\circ - \alpha - \gamma)} \quad (8)$$

$$h_1 = \frac{\ell_1 \cdot \sin(\frac{\alpha}{2} + \gamma)}{\sin(90^\circ + \frac{\alpha}{2})} \quad (9) \quad h = h_1 + h_2 \quad (10) \quad \text{და} \quad \ell = \ell_1 + \ell_2 \quad (11)$$

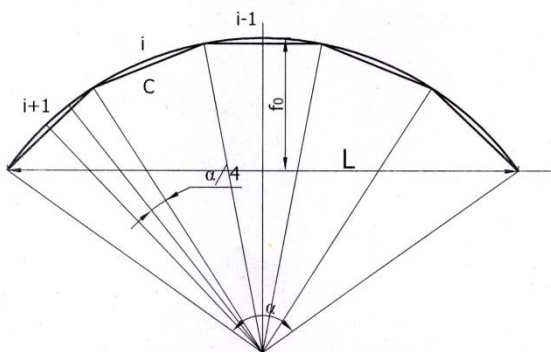
$$O^1 O_1 = \frac{c}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \quad (12) \quad X_{Mi} = R_M \sin \left[\frac{\alpha}{2} (i-1) \right] \quad (13) \quad \text{სადაც} \quad R_M = R + KM \quad (14)$$

$$X_{ki} = R \sin \left[\frac{\alpha}{2} (i-1) \right] \quad (15) \quad Y_{ki} = R \cos \left[\frac{\alpha}{2} (i-1) \right] \quad (16)$$

$$X_{Ni} = R_N \sin \left[\frac{\alpha}{2} (i-1) \right] \quad (17) \quad Y_{Ni} = R_N \cos \left[\frac{\alpha}{2} (i-1) \right] \quad (18)$$

$$\text{სადაც} \quad R_N = R - KN \quad (19) \quad X_{O_1 i} = R_{O_1} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} i \quad (20)$$

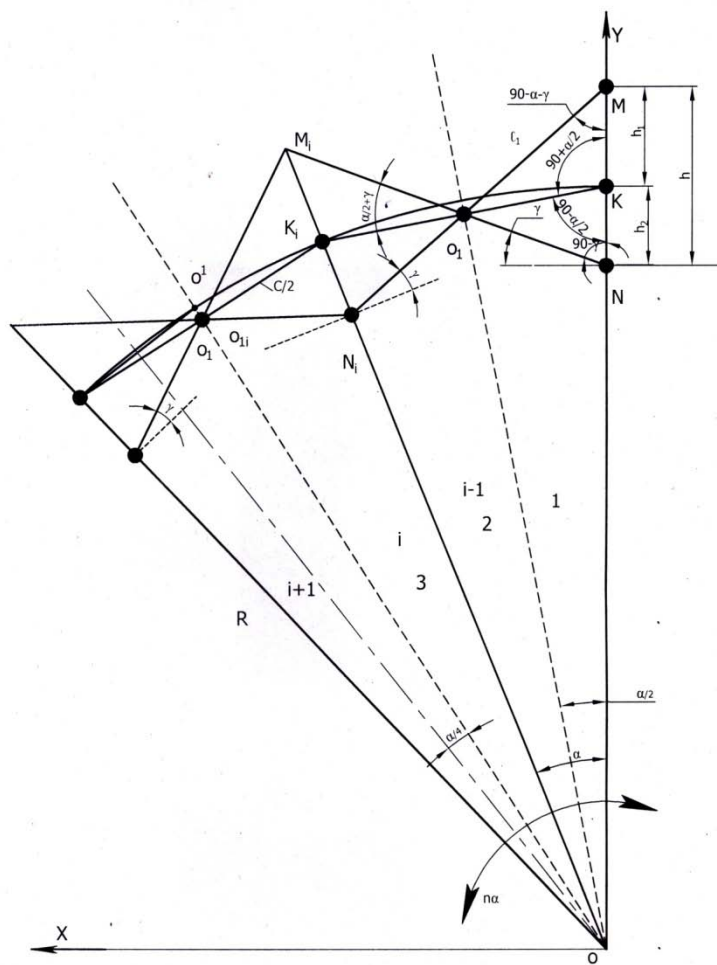
$$Y_{O_1 i} = R_{O_1} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} i \quad (21) \quad \text{სადაც} \quad R_{O_1} = R - O^1 O_1 \quad (22)$$



ფიგ. 14. - საწყისი საანგარიშო პარამეტრების გეომეტრიული სქემა.

სამუშაოში განსაკუთრებული ადგილი აქვს დათმობილი ხიდის მოდელის ტრანსფორმაციის პროცესების შესწავლას, მისი ფორმათწარმოქმნის ყველა ეტაპზე (ფიგ. 16).

ექსპერიმენტის დროს ხიდის მოდელის გაშლა ხდებოდა, ხიდის სამონტაჟო მდგომარეობაში დამჭერი ბაგირის ჩაბმა, ცენტრალურ ნაწილში, პანტოგრაფების ურთიერთკავშირის ზედა განივ ლილვებზე ან პანტოგრაფების ურთიერთკავშირის ქვედა განივ ლილვებზე.



ფიგ. 15. - წრესაზე განთავსებული პანტოგრაფების ცენტრალური კვანძების და პანტოგრაფების ბერკეტების შეერთების კვანძების მდებარეობა სიბრტყეებზე, განსაზღვრული წრის რადიუსით.



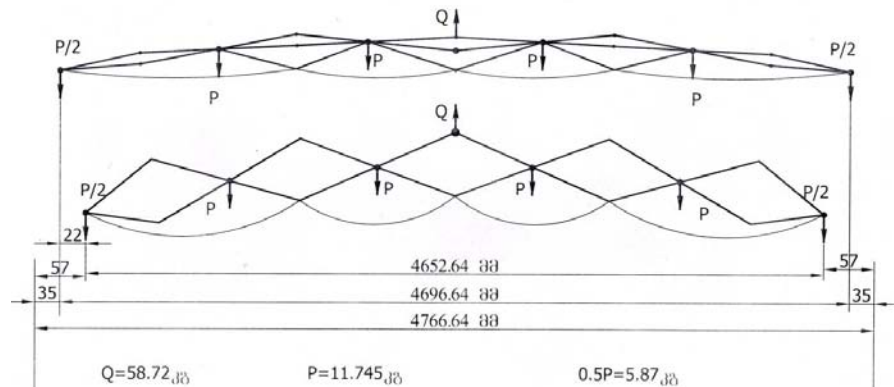


ფიგ. 16 – ხიდის მოდელის ტრანსფორმაციის ეტაპები:

ა) ხიდის მოდელი განთავსებული ხიდგამდების მოდელზე; ბ) ხიდგამდების და ხიდის სასტარტო პოზიცია; გ) ჩაკეტილი ისრის და მასზე განთავსებული ხიდის მოდელის წამოწევა; დ) გაშლილი ისარი და მის ბოლოზე ჩამოკიდებული ხიდი მზად არის ხიდის ფორმატწარმოქმნისათვის; ე) ხიდის მოდელის გაშლა; ვ) ხიდის მოდელი შეეხო საბჯენ ზედაპირებს, მაგრამ დატვირთვის ნაწილი კვლავ ამწის ისარს გადაეცემა; ზ) ხიდი მთელი თავისი წონით დაეყრდნო საბჯენ ზედაპირებს; თ) ხიდი საექსპლოატაციო მდგომარეობაში.

პირველ შემთხვევაში, როდესაც გასაშლელი ხიდის ბაგირებზე შეკიდება ხდებოდა ზედა განივ ლილვებზე, ხიდის გამშლელი ელექტროამძრავი ხიდის გაშლის მომენტიდან იწყებდა დიდი დატვირთვით მუშაობას – იგი მოითხოვდა გაზრდილი ენერგორესურსის დახარჯვას ხიდის გაშლისათვის (ფიგ. 17).

რაც შეეხება იმ შემთხვევას, როდესაც დამჭერი ბაგირი ჩაბმული იყო ქვედა განივ ლილვებზე, ხიდი იწყებდა გაშლას ელექტროამძრავის გარეშე. უფრო მეტიც, ამ მომენტში ხიდის გაშლა საჭიროებს ტრანსფორმაციის დიდი სიჩქარის შენელებას, გაშლის პროცესის დემპფირებას, რასაც მოდელში ასრულებდა ის ელექტროამძრავი, რომლის ძირითადი ფუნქცია სისტემის გახსნის უზრუნველყოფაა.



ფიგ. 17. – ხიდის მოდელის კინემატიკური სქემის ტრანსფორმაციები დამჭერი ბაგირის სხვადასხვა წერტილში ჩაბმისას

ა) ბაგირი ჩაბმულია ხიდის მოდელის ქვედა განივ ლილვებზე; ბ) ბაგირი ჩაბმულია ხიდის მოდელის ზედა განივ ლილვებზე.

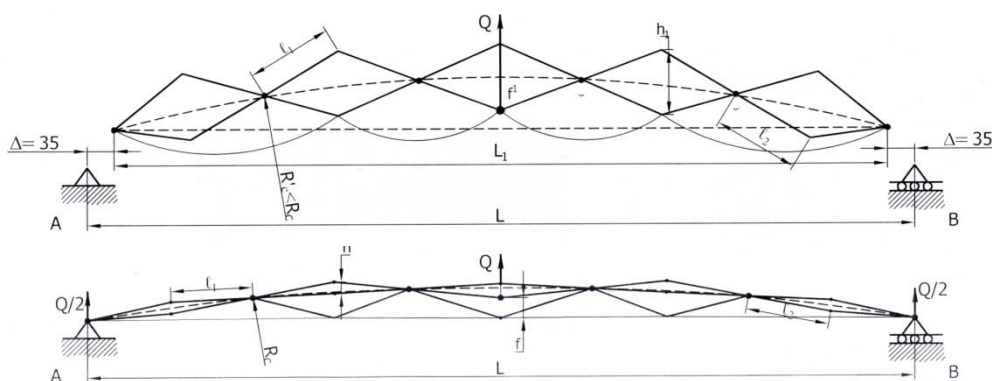
რაც შეეხება დამჭერი ბაგირის ჩაბმის წერტილის შერჩევას, მოდელის მრავალჯერადი გახსნა-დაკეცვის შემდეგ, გადაწყდა, რომ იგი უნდა ჩაებას პანტოგრაფების მაკავშირებელი შუა, ქვედა ლილვში. ასეთი გადაწყვეტილება გაცილებით მოსახერხებელია ორი ფაქტორის გამო – გახსნის პირველ ეტაპზე კონსტრუქცია იხსნება საკუთარი წონის ΣP ზემოქმედების შედეგად და ამძრავი, პასიურ რეჟიმში ასრულებს დემპფერის როლს, ხოლო ბოლო ეტაპზე კონსტრუქციის გახსნისა ამძრავი გაცილებით ნაკლები ენერგოსახსრებით უზრუნველყოფს ტრანსფორმაციის შედეგად ხიდის მოდელის ფუნქციონალური ფორმის წარმოქმნას.

ხიდის მოდელში გაცილებით რთული გამოდგა ტრანსფორმაციის ბოლო ეტაპის სტაბილური ფორმატწარმოქმნის პროცესის უზრუნველყოფა ზედა სარტყელის წრიული მოხაზულობის სიმრუდის რადიუსის ცვლილების გამო, რასაც ადგილი აქვს ხიდის მონტაჟის დროს, მისი საკუთარი წონის ზემოქმედების გამო (ფიგ. 18).

ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა, რომ ხიდის სრული გაშლა, სანამ ის ამწის ბაგირზე ჩამოკიდებული და საბჯენებით არ ეყრდნობა, იმის გამო, რომ იგი დამატებით იღუნება, არ მოხერხდა.

ამის ძირითადი მიზეზი არის ის, რომ ხიდის მოდელის პანტოგრაფების შემაერთებელი ზედა განივი ლილვის ცენტრსა და ქვედა განივი ლილვის ცენტრს შორის მანძილი h^1 არის უფრო მეტი, ვიდრე ამ მანძილის საპროექტო მნიშვნელობა – h .

გარდა ამისა, როდესაც აღნიშნული მანძილი h^1 აღემატება $h=36$ მმ, არ ხერხდება ზედა განივი ლილვის და ქვედა განივი ლილვის ჩაკეტვა, რადგანაც ჩამკეტვის კონსტრუქციის მხარი, სწორედ 36 მმ-ის დროს კეტავს სისტემას.



ფიგ. 18. – ხიდის მოდელის კინემატიკური სქემის ტრანსფორმაციები
 ა) საყრდენებზე დაყრდნობამდე; ბ) საყრდენებზე დაყრდნობის შემდეგ.

მიუხედავად იმისა, რომ მოდელის მრავალჯერადი გამოცდის შედეგად, გაშლა-დაკეცვის 25 ციკლის შემთხვევაში, საკეტების სრულად ჩაკეტვამ მიაღწია 85%-ს. უნდა აღინიშნოს, რომ არსებული კვანძი მოითხოვს ისეთ ცვლილებას, რომელიც მას მისცემდა საშუალებას ზედა და ქვედა განივი

ლილვების ცენტრებს შორის საპროექტო მანძილის – 36 მმ-ის შემთხვევაში, ჩაკეტვაზე მუშაობა დაეწყო 45 მმ-დან და “ძალდატანებით” მიეყვანა კვანძები საპროექტო მდგომარეობამდე.

ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად, რეალური კონსტრუქციის პროექტში, სწორედ სათანადო რეკომენდაციებით მოხდა ჩამკეტის კონსტრუქციაში ცვლილების შეტანა.

— ხიდის გაშლა-დაკეცვის – მისი ტრანსფორმაციის პროცესი, თუ არ ჩავთვლით ბოლო ეტაპზე ჩამკეტების სრულ ჩაკეტვას, რამაც გაშლების რაოდენობის 85% მიაღწია, გამოირჩევა მაქსიმალური საიმედოობით და იგი ჩატარებული 25 ციკლის შემდეგ ხიდის მოდელის გაშლა-დაკეცვის ციკლისა შეადგენს 100%.

— ხიდის მოდელის კონსტრუქციის ფორმათწარმოქმნის პროცესი, ხიდის დაკეცილი სატრანსპორტო პაკეტიდან მისი საექსპლოატაციო ფორმის მიღწევამდე, შეადგენს მინიმუმ 3 წუთს და 57 წამს – მაქსიმუმ 4 წუთსა და 9 წამს. ამ მხრივ საშუალო სტატიკური გადახრა 25-ციკლიანი გაშლა-დაკეცვის დროს შეესაბამება 10%–15%, რაც სტაბილური შედეგია. რაც შეეხება ხიდის მოდელის გაშლის დროის გაზრდას ელექტროამძრავების და რელუქტორის თეორიული გაანგარიშებებიდან გამომდინარე, აქ ორი პირობაა გასათვალისწინებელი – პირველი ის, რომ თეორიაში არ იყო შეყვანილი ხახუნის ძალები და, მეორე, თვით ორი ძრავის მახასიათებლების რეალური სხვაობა.

— ხიდის მოდელში, ექსპერიმენტულმა კვლევებმა მოითხოვა ცვლილებების შეტანა ქვედა სარტყელის კონსტრუქციაში, სადაც განაპირა ხისტ ბლოკებში, ჩამაგრებული იყო მრავალი მოქნილი ბაგირი. აღნიშნულმა გადაწყვეტილებამ არ გაამართლა, რადგანაც მაღალი ტექნოლოგიების გამოყენებითაც კი არ იქნა მიღწეული ყველა ბაგირის თანაბარი საწყისი სიგრძეები, რაც განაპირობებდა მათ შორის ძალების უთანაბრობას საშუალოდ 35%-ის ფარგლებში.

მიღებული იქნა გადაწყვეტილება, თითოეული ლიანდის ქვედა 5-ბაგირიანი სარტყელი შეცვლილიყო უფრო დიდი დიამეტრის 2-ბაგირიან სისტემად, რამაც შედარებით ნაკლები სხვაობა 10% – 12% გამოიწვია ძალებს შორის ქვედა სარტყელში.

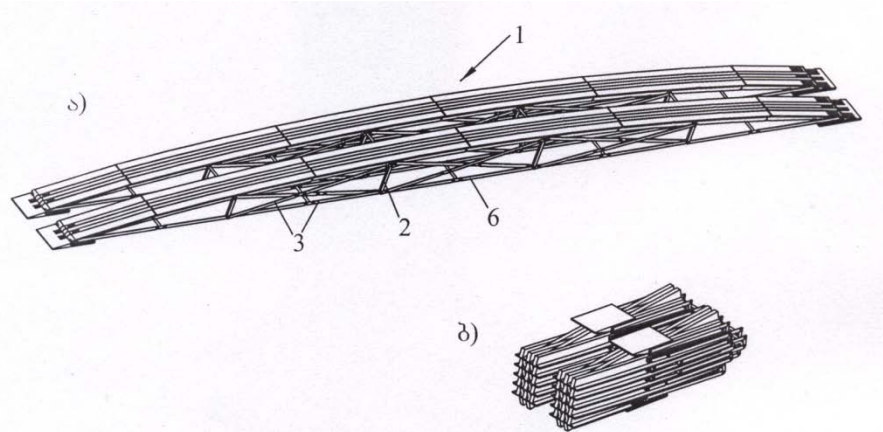
— მიუხედავად იმისა, რომ ხიდის მოდელის ექსპერიმენტულმა კვლევამ წარმოაჩინა კონსტრუქციის ზოგადი ნაკლოვანებები, კვანძების შესაძლო საპროექტო ზომების სიმცირის მხრივ, განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჩამკეტი კვანძების მოდერნიზაციის აუცილებლობა. კვანძი, მიღებული საპროექტო ზომებთან შედარებით პანტოგრაფების შემაერთებელი ზედა და ქვედა ლილვების ცენტრებს შორის მანძილისა, ჩაკეტვის ძალოვან პროცედურას

უნდა იწყებდეს აღნიშნულ ზომებთან შედარებით 12% – 15% მეტი ზომის დიაპაზონში.

ამ რეკომენდაციით შევარჩიეთ ჩამკეტი კვანძები ხიდის სისტემებში, რომლებიც სადისერტაციო სამუშაოშია განხილული.

ნაშრომის მეხუთე ნაწილში განხილულია ტრანსფორმაციის ორმაგი პრონციპით აგებული გასაშლელი ხიდების კონსტრუქციული სრულყოფა და ტრანსფორმაციის სამმაგ პრინციპზე გადასვლის აუცილებლობა.

ამ მხრივ, “დაკეცვის პრინციპს” + “დახვევის პრინციპით” შექმნილი ტრანსფორმირებადი ხიდის სქემაში მოხდა ძირეული ცვლილებები ხიდის გისოსის და ქვედა სარტყელების სქემებში. ამასთან, შენარჩუნებული იქნა ზედა კომბინირებული სარტყელი, რომელიც გასაშლელი ხიდის ფორმათწარმოქმნისას ძირითად ფუნქციას ასრულებს ხიდის ტრანსფორმაციის პროცესში, ხოლო ხიდის გაშლის ბოლო ეტაპზე გადაიქცევა სავალი ნაწილის მზიდ კონსტრუქციად (ფიგ. 19).



ფიგ. 19. - “დაკეცვის პრინციპს” + “დაკეცვის პრინციპით” შექმნილი გასაშლელი ხიდის კონსტრუქციული სქემები.

ა) გასაშლელი ხიდის აქსიონომეტრიული ხედი; ბ) ხიდის დაკეცილი სატრანსპორტო პაკეტის ხედი.

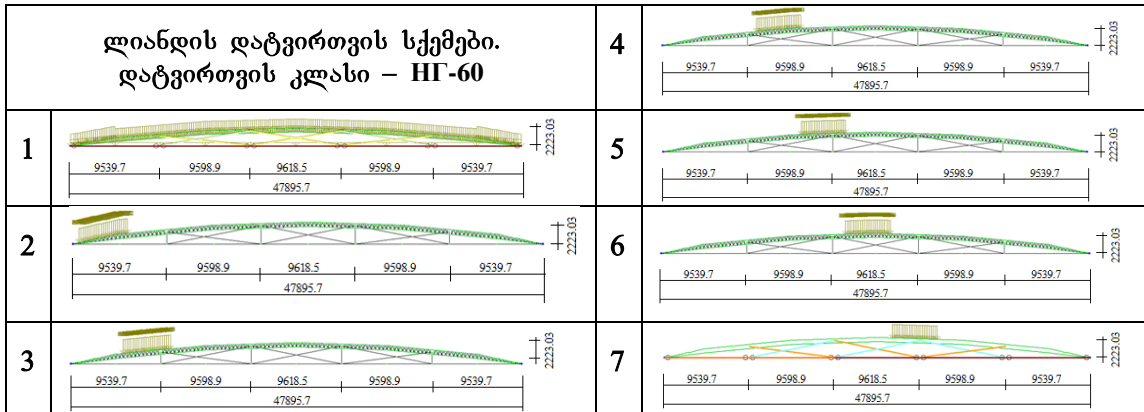
აღნიშნული ტიპის გასაშლელი ხიდის სიგრძე შეადგენს 48 მეტრს, აწვეის ისარი საბრჯენების დონიდან 1,981 მეტრია, ხოლო ხიდის სიგანე 4,1 მეტრი. ამასთან, ხიდის დაკეცილი სატრანსპორტო პაკეტის სიმაღლეა 3 მეტრი. ხიდის დაკეცილი პაკეტის გაბარიტი სიგრძეში 11,2 მეტრია. გასაშლელი ხიდის კლასი ტვირთამწეობის მხრივ არის MLC 70, რაც სამხედრო ხიდებისათვის შეადგენს 70 ტონას დროებითი სასარგებლო ტვირთის სახით.

ხიდის გაანგარიშება განხორციელდა პროგრამული უზრუნველყოფით “Lira-2008”. სათანადო ანგარიშის შემდეგ შეირჩა კვეთები და ჯამური სპეციფიკაცია წონებისა, რის შედეგადაც გასაშლელი ხიდის საერთო წომან მიაღწია 19ტ-ს. წონაში გათვალისწინებული არ არის ხიდის დამატებითი

კონსტრუქციული ელემენტების წონები, რომლებიც აუცილებელია მისი ნორმალური ექსპლუატაციისათვის.

ხიდის დატვირთვების სქემები პოზიციების მიხედვით მოცემულია ცხრილში 1, ხოლო შესაბამისი დატვირთვის პოზიციისათვის ხიდის კონსტრუქციის ჩაღუნვის და ელემენტებში ძალების და ძაბვების მნიშვნელობები, შერჩეული დატვირთვების კრიტიკული კომბინაციებისათვის, მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 1



ცხრილი 2

№	მაქსიმალური დეფორმაციების, ძალების და ძაბვების მნიშვნელობები	დატვირთვის სქემები						
		1	2	3	4	5	6	7
1	ჩაღუნვები (სმ)	11.4	16.6	21.5	34.6	35.6	41.2	-
2	გრძივი ძალები ქვედა სართყელებში (ტ)	13.27	34.0	66.6	76.6	65.0	71.5	64.25
3	გრძივი ძალები ძირითადი ფერმის გისოსში (ტ)	4.449	22.64	33.3	25.5	32.5	35.7	32.1
4	გრძივი ძალები ზედა სართყელის ფერმის გისოსში (ტ)	0.344 - 0.337	3.52 -3.296	2.851 -3.157	3.745 -3.773	2.894 -3.2	3.588 -3.624	2.315 -2.648
განგარიშება კონსტრუქციის მუშაობით დრეკად-პლასტიკურ სტადიაში								
5	გრძივი ძაბვები ქვედა ფილაში (ტ/მ ²)	1481.2	20215.3	10974.9	10869.1	7771.0	8543.3	8623.6
6	გრძივი ძაბვები ზედა ფილაში (ტ/მ ²)	1578.8	18046.5	11272.4	14546.8	11044.3	14181.0	10147.7

მიუხედავად გარკვეული ცვლილებებისა ხიდის კონსტრუქციაში კვლავ შენარჩუნებული იქნა შემდეგი დადებითი და უარყოფითი თვისებები.

ხიდის დადებითი თვისებები:

- ხიდის კონსტრუქციული სქემა საშუალებას იძლევა გადაილახოს 48 მეტრი სიგანის წინააღმდეგობა;
- ხიდი იშლება დროის მცირე მონაკვეთში;
- ხიდის გაშლა წარმოებს მისი ტრანსფორმაციის პროცესში ადამიანის ჩაუსვლელად;

— ხიდის წონა 19 ტ.

ამას დაემატა –

- ხიდის მონტაჟის დროს გაიზარდა ხიდის გრძივი სიხისტე ვერტიკალურ მდგომარეობაში;
- ხიდის გაშლის მექანიზმი გაშლის ბოლო ეტაპზე გადაიქცევა ხიდის სავალ ნაწილად – ფერმის ზედა კომბინირებულ სარტყელებად;
- ხიდის დიდი განივი სიხისტე;
- ხიდის გაშლისა და დაკეცვისათვის შესაძლებელია არ იყოს გამოყენებული ხიდის ენერგეტიკული მექანიზმები.

ხიდის უარყოფითი თვისებები:

- ხიდის გაშლა და დაკეცვა შესაძლებელია მხოლოდ და მხოლოდ მისი შუა წერტილიდან, რაც ასევე იწვევს ხიდგამდებების სამონტაჟო ელემენტების წონის ზრდას;
- გართულებულია ბოლო ეტაპზე ხიდის კვანძების ჩაკეტვის პროცესი, რაც არ ექვემდებარება პროგნოზირებად კონტროლს;
- ხიდის სავალ ნაწილში გამოყენებული შემაერთებელი კვანძების ზომები შეზღუდულია, რაც არასაიმედოს ხდის მათ მუშაობას დიდი დინამიკური ძალებისა და დარტყმის დროს;
- ვერ იქნა მიღწეული სასურველი სურათი ქვედა სარტყელის ელემენტების დახვევისა და შემდგომი მოდერნიზებით დაკეცვის ვარიანტისა;
- გაიზარდა ხიდის სატრანსპორტო პაკეტის ზომები 11.4x4.0x3.4 მ.

აღნიშნული ნაკლოვანებების აღმოფხვრის მიზნით დამუშავდა გასაშლელი ხიდის ორმაგი ტრანსფორმაციის – “დაკეცვის პრინციპს” + “ტელესკოპის პრინციპით” შექმნილი სქემა.

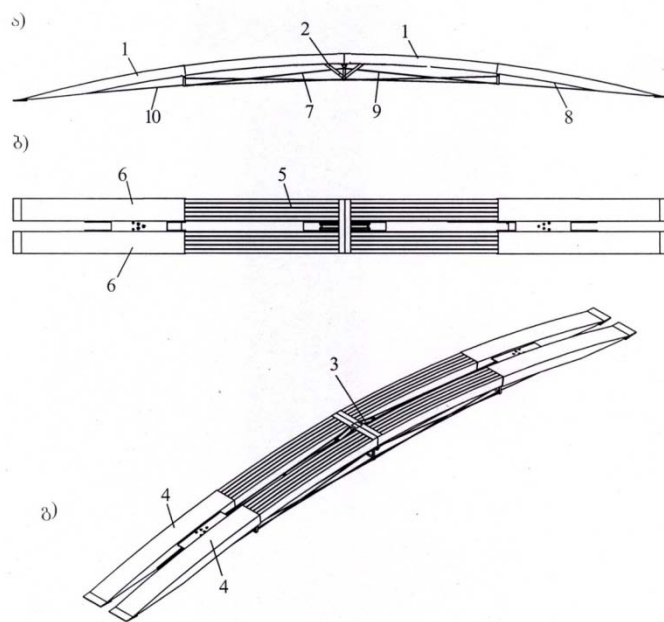
მიუხედავად სხვადასხვა ვარიანტების შექმნისა, რომლებიც იძლევიან საშუალებას 32÷48 მეტრი მაღლის მქონე გასაშლელი, საიერიშო მექანიზებული ხიდების შექმნისა, ფორმათწარმოქმნის ორმაგი ტრანსფორმაციის პრინციპით სხვადასხვა კომბინაციებისა, ვერ იქნა მიღწეული დაკეცილი პაკეტის სიმაღლის საგრძნობი შემცირება. მიუხედავად ამისა, მაინც იქნა შენარჩუნებული ტრანსფორმაციის ორმაგი პრინციპი და აქცენტები გაკეთდა კონსტრუქციულ გადაწყვეტაზე.

ამდენად, დაიწყო ძიება, გასაშლელ ხიდებში სუფთა ტელესკოპის პრინციპით შექმნილი ხიდების ანალოგიებისა, რაც შემდგომში გახდებოდა საფუძველი “დაკეცვის პრინციპს” + “ტელესკოპის პრინციპით” ხიდის ახალი კონსტრუქციული სქემის შექმნისა.

აღნიშნული სქემის მიხედვით შემუშავდა ხიდის კონსტრუქცია, რომელიც წარმოდგენილია ფიგ. 20-ზე.

კონსტრუქცია შედგება ორ ცენტრალურ სავალი ნაწილისაგან 1, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდება ცილინდრული სახსარით 2, და რომელშიც განთავსებულია კეხი 3. თითოეული სავალი ნაწილი 1 შედგება ორი ლიანდისაგან 4, ხოლო თითოეული ლიანდი წარმოადგენს დამოუკიდებელი კოჭების 5 გრძივად განლაგებულ რიგებს. კოჭები ურთიერთდაკავშირებულია მხოლოდ კეხის ნაწილის 3 სიახლოვეს. აღნიშნული კოჭები 5, თითოეული ცალ-ცალკე, ტელესკოპური ჩასმით, მოთავსებულია განაპირა სავალი ნაწილის ბლოკებში 6. ასეთი განაპირა ბლოკები არის სულ ოთხი ცალი. განაპირა ორ-ორი ბლოკი ხიდის კეხის მხარეს გაერთიანებულია, ხოლო მეორე ბლოკები მათ თავისუფალი აქვთ.

ხიდის კონსტრუქცია ქვემოდან აღჭურვილია მოქნილი ირიბნებით 7, ხისტი დგარებით 8, გამშლელი მოწყობილობებით 9 და მოქნილი ქვედა სარტყელებით 10. ხიდის დაკეცვის დროს ყველა მათგანი განთავსდება ასევე დაკეცილ მდგომარეობაში მყოფ ცენტრალურ ნაწილებსა და განაპირა ბლოკებს შორის.



ფიგ. 20. გასაშლელი ხიდის, “დაკეცვის პრინციპს” + “ტელესკოპის პრინციპით”, შექმნილი კონსტრუქცია
 ა) ხიდის წინხედი; ბ) ხიდის ზედახედი; გ) გაშლილი ხიდის კონსტრუქცია

ხიდის კონსტრუქცია განთავსდება სატანკო ხიდგამდებზე. იგი დამაგრებულია ხიდგამდებთან ერთ-ერთ განაპირა ბლოკის საშუალებით. ხიდის გაშლა გადასალახ წინააღმდეგობაზე ხდება წარმოდგენილი სქემის მიხედვით.

— ხიდის კონსტრუქციული სქემა უზრუნველყოფს, ზემოთ განხილული ხიდების დადებით თვისებებთან ერთად, ასევე, სატრანსპორტო პაკეტის სიმაღლის შემცირებას და იგი მოცემულ 45÷48 მეტრი მაღის შემთხვევაში შეადგენს 2 მეტრს.

— განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის, რომ ხიდში აღარ არის გამოყენებული მცირე ზომის და დიდი რაოდენობის ცილინდრული სახსრები,

ხოლო მისი გაშლა შესაძლებელია ხიდგამდების მოკლე სამონტაჟო ნაწილის განაპირა ბლოკში ჩაბმით, რაც ამსუბუქებს ხიდგამდების კონსტრუქციის წონას.

— ხიდის გაშლა და დაკეცვა ხორციელდება მექანიზმებით, რომელთა ენერგეტიკული უზრუნველყოფა ხორციელდება ხიდგამდებიდან.

— აღნიშნული ხიდები შესწავლილი იქნა გაშლის და გაშლილი პროცესების დაძაბული მდგომარეობის მხრივ, რამაც დაადასტურა ხიდების შექმნის რეალობა.

— ამასთან, ხიდის კონსტრუქციაში გართულებულია წრიული მოხაზულობის ტელესკოპური ლიანდების ერთმანეთში ჩასმა, რომელიც ტექნიკურად და ტექნოლოგიურად მოითხოვს ადგილობრივად კვათების საგრძნობ მომატებას. ასევე ხიდის უარყოფით თვისებად უნდა ჩაითვალოს ლიანდის დამოუკიდებელი კოჭებისაგან შედგენა, რაც მოითხოვს კოჭებს შორის გარკვეული სიდიდის 7–70 სანტიმეტრის ღიობის დატოვებას.

ამდენად, შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის შესახებ, რომ შემდგომში სწრაფადასაგები ხიდების მალის ზრდა შესაძლებელია მხოლოდ და მხოლოდ ტრანსფორმირებადი საინჟინრო სისტემების ფორმათწარმოქმნის მარტივი პრინციპებიდან რთული, ორზე მეტი ფორმათწარმოქმნის პრინციპების შეთავსებით ერთ კონსტრუქციულ სქემაში.

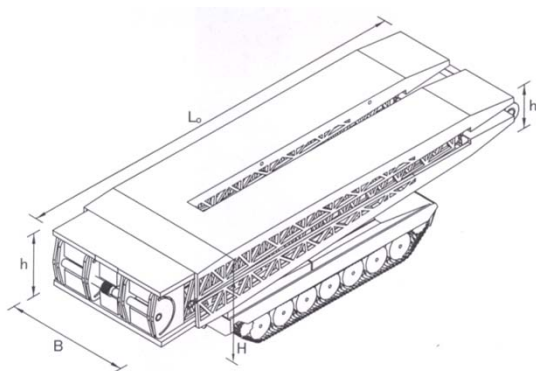
ნაშრომის მეექვსე ნაწილში განხილულია სამმაგი ტიპის ტრანსფორმაციის და ხიდის ორმაგი პრინციპით გადების შეთავსებული ტიპის, ახალი გასაშლელი საიერიშო. ერთმალისანი მექანიზმული საბაზო ხიდი მალით 32÷48 მეტრი.

ტანკზე, როგორც ხიდგამდებზე მოეწყო ხიდის გადმოსხნის, გახსნის და გადასალახ წინააღმდეგობაზე გადების მექანიზმების კონსტრუქცია, რომელიც დაპროექტდა ძირითადი ორი პარამეტრის მიხედვით: – ხიდის სატრანსპორტო, დაკეცილი პაკეტის გაბარიტების, მისი წონის და სატანკო ხიდგამდების გაბარიტებისა და წონის შესაბამისად (ფიგ. 21).

ხიდის დაკეცილი პაკეტის სქემა მოცემულია მისი გაბარიტებია: სიგრძე – $L_0 = 12,3$ მ.; სიგანე – $B = 4,01$ მ.; სიმაღლე – $h = 2,235$ მ., ხოლო წონა – G , შეადგენს 19200 კილოგრამს, რაც შეეხება ხიდის მალს L იგი შეადგენს 39 მეტრს.

ხიდი შედგება გაწყვილებული ორი ტიპის ლიანდებისაგან 1, 2. ყოველი ლიანდა წარმოადგენს კომპლექსურ სისტემას. ცენტრალურ მბრუნავ კვანძში 3 ურთიერთდაკავშირებულია სისტემის შიდა ლიანდები 1. მბრუნავი კვანძის ირგვლივ ბრუნვით მიიღწევა ხიდის გახსნა ან დაკეცვა. დაკეცვის დროს ლიანდის წიბოები 4, რომლებიც გრძივი ღერძების სხვადასხვა მხარეს არიან განლაგებული, ერთმანეთში ჯდება. ასეთი ფორმით მიიღწევა დაკეცილი

პაკეტის მინიმალური ზომები. რაც შეეხება ლიანდის ფილებს 5, 6 – სავალ ნაწილებს დაკეცილ მდგომარეობაში, ისინი პაკეტის სხვადასხვა მხარეს განთავსდებიან (ფიგ. 22).



ფიგ. 21. – ხიდის დაკეცილი პაკეტი განთავსებული ხიდგამდებზე

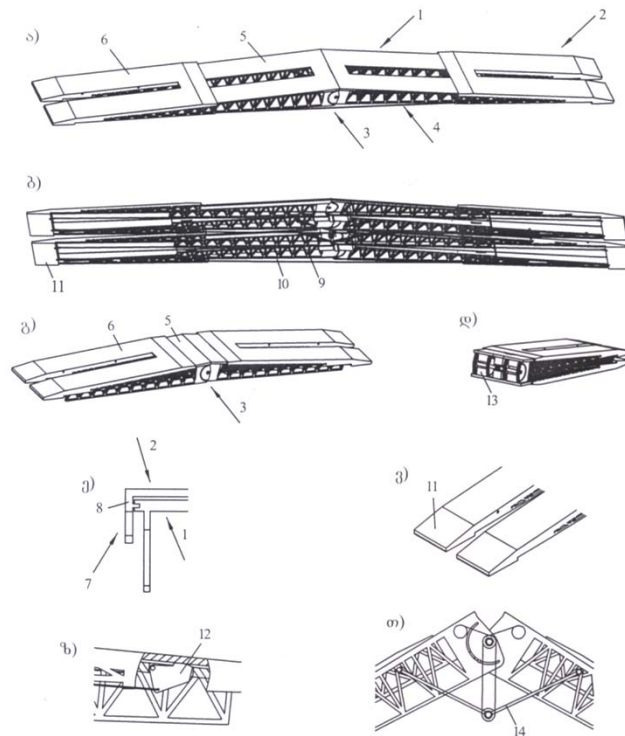
ყოველ შიდა ლიანდის, სავალი ნაწილის ზემოთ, განთავსებული აქვს “II”-მაგვარი ფორმის გარე ლიანდა, შიდა და გარე ლიანდების კავშირი მიიღწევა გარე ლიანდის წიბოების 7 სრიალით შიდა ლიანდის სავალ ნაწილზე მოსრიალე კვანძების 8 საშუალებით.

პაკეტის გახსნის პროცესში ჯერ ურთიერთშემობრუნებით იხსნება შიდა ლიანდები, შემდეგ კი ურთიერთგასრიალებით გაშლას იწყებენ გარე ლიანდები.

გარე ლიანდა ასევე შედგება სავალი ნაწილის ფილისაგან და წიბოებისაგან.

ლიანდების ურთიერთგადანაცვლების ბოლო მომენტში მუშაობაში ერთვება ლიანდების ქვედა სარტყელები, რომლებიც ასევე რთულ, შედგენილ კონსტრუქციას წარმოადგენს 9, 10. ისინი განცალკევებულად ორი ნაწილისაგან შედგება. პირველი, ეს არის ხისტი, ფერმის ან ფურცლოვანი წიბოს ქვემოთ განთავსებული სარტყელის ნაწილი და, მეორე, მაღალი სიმტკიცის ვანტი, რომელიც ლიანდის ქვედა ხისტ სარტყელებშია განთავსებული. ხიდის გახსნის პროცესში ვანტები გამოდიან ბუდეებიდან და ხისტი ქვედა სარტყელის გაგრძელებით ქმნიან ხიდის მთლიან ქვედა სარტყელებს.

ვანტური ღეროები 10, შიდა ლიანდისთვის, მეორე ბოლოთი ემაგრება ხიდის საბჯენებს 11. ხოლო მოსრიალე გარე ლიანდებისათვის, რომლის ბოლოებზე საბრჯენია განთავსებული, ქვედა მოქნილი ბაგიროვანი სარტყელი აერთიანებს საპირისპირო მხარეს განთავსებულ მოსრიალე ლიანდების ქვედა ხისტ სარტყელებს.



ფიგ. 22. – სამმაგი ტიპის ტრანსფორმაციის და ორმაგი ტიპის გადების საიერიშო, მექანიზებული ხიდის სქემები

ა) ხიდი გაშლილ მდგომარეობაში; ბ) გაშლილი ხიდის ხედი ქვემოდან; გ) ნახევრად გაშლილი ხიდი, როდესაც განაპირა ლიანდების გასრიალებით, მოხდა ხიდის ტრანსფორმაცია; დ) ხიდის დაკეცილი სატრანსპორტო პაკეტი, მიღებული ნახევრადგაშლილი ხიდის ცენტრალური კვანძების, შემობრუნებით და ერთმანეთში ჩაკეტვით; ე) ხიდის წიბოების სრიალის კვანძის სქემა; ვ) ხიდის საბჯენების სქემა; ზ) ხიდის ლიანდების ბლოკირების სქემა მისაბჯენის გამოყენებით; თ) ლიანდების ურთიერთობის პრინციპი საბჯენების გამოყენებით.

საპროექტო მდგომარეობაში ხდება შიდა და გარე მოსრიალე ლიანდების სავალ ნაწილებს შორის დროებითი მისაბჯენების 12 გამოწვევა.

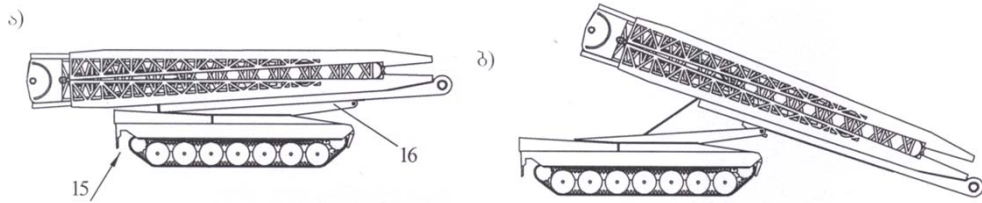
რაც შეეხება თვით ამძრავ მექანიზმებს 13, ისინი განთავსებულია ხიდის შუა ნაწილში. ბაგირებით და პოლისპასტური სისტემებით ხდება როგორც ლიანდების ურთიერთგადაადგილება, ასევე შიდა ლიანდების ურთიერთმობრუნება, რისთვისაც დამატებითი საბჯენებია 14 გამოყენებული.

ხიდი გაერთიანებულია ხიდგამდებთან, რომელიც სქემატურად და კონსტრუქციულად არის გადაწყვეტილი (ფიგ. 23; ფიგ. 24; ფიგ. 25).

ხიდი განთავსდება სატანკო ხიდგამდების 15 კონსოლურ გამონაშვერებზე 16, რომელზეც სპეციალური ამძრავით ხდება ხიდის წინ გამოწვევა. კრიტიკულ წერტილში ხიდის დაკეცილი პაკეტი იწეებს ამოტრიალებას. ეს პროცესი კონტროლირდება პაკეტის ფიქსატორებით და ჯალამბრებით.

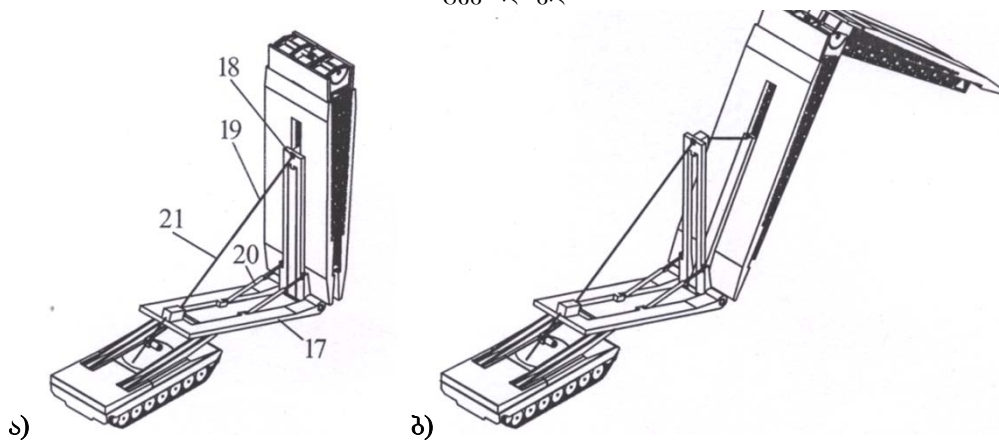
ხიდის კონსტრუქცია განთავსებული უძრავ ისარზე 17, რომელიც, ხიდის მონტაჟის დროს, მეორე ბოლოთი ეყრდნობა გრუნტს, იკავებს სასტარტო პოზიციას. ამ მდგომარეობაში უძრავი ისრიდან ხდება დგარებისა 18 და

მოძრავი ისრის 19 ერთდროული გადაყვანა ვერტიკალურ მდგომარეობაში ჰიდროცილინდრებით 20. ეს პროცესი კონტროლირდება ბაგიროვანი სისტემისა 21 და ჯალამბრების საშუალებით.

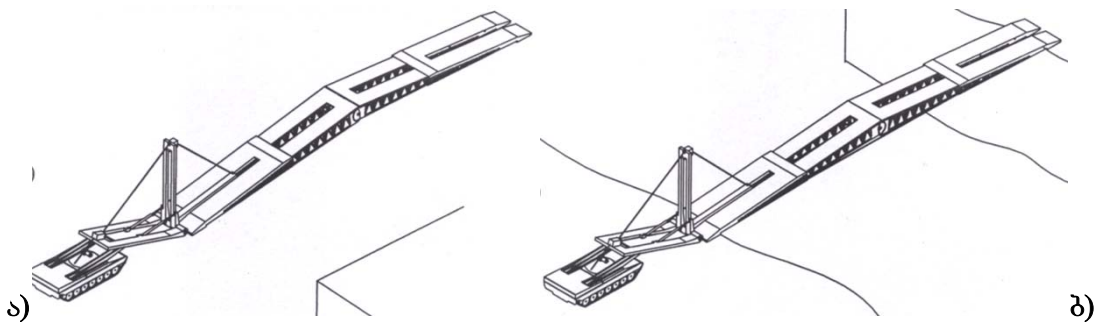


ფიგ. 23. – ხიდის დაკეცილი პაკეტი განთავსებული ხიდგამდებზე და მისი წინ გამოწვევით დაყრდნობა გრუნტზე

ა) ხიდი ხიდგამდებთან ერთად სატრანსპორტო მდგომარეობაში; ბ) ხიდგამდების და ხიდის ურთიერთგანთავსება ხიდის წინ გაწვევისა და გრუნტზე დაყრდნობის ეტაპზე – გვერდხელი.



ფიგ. 24. – ხიდის გაშლის სასტარტო პოზიცია (ა) და ხიდის გაშლის პირველი ეტაპი (ბ).



ფიგ. 25. – ხიდის გაშლის მეორე ეტაპი (ა) და ხიდის ფორმის ფიქსაცია (ბ)

ამ სახით, სრულად გაშლილი ხიდი გაიდება გადასალახ წინააღმდეგობაზე.

ხიდის ახსნა გადასალახ წინააღმდეგობიდან ხდება განხილული პროცესის რევერსით, რომელიც იძლევა საშუალებას ხიდის კვლავ განთავსებისა ტანკზე.

ხიდის კომპლექსური გაშლა ხორციელდება ერთდროულია როგორც “შემობრუნებით”, ასევე “ტელესკოპის” პრინციპით ელემენტთა

ურთიერთგადაადგილებითაც. სრული მომენტი, რომელიც შეიძლება გადაეცეს ხიდგამდებს ხიდის გაშლის ეტაპებზე გაიანგარიშება ფორმულით – $\Sigma M = M_G + M_W + M_j + M_{h.s.}$. ჯამური მომენტი წარმოადგენს შენაკრებს სახიდე კონსტრუქციის წონისა და მრუდხარას წონისაგან გამოწვეული წინაღობის ძალთა ჯამური მომენტის – M_G , ქარის წნევისაგან გამოწვეული წინაღობის ძალთა მომენტის – M_W , ინერციულ ძალთა ჯამური მომენტის – M_j და ხახუნის ძალთა მომენტებისა – $M_{h.s.}$.

ხიდის ურთიერთზე გასრიალებით მთლიანი დატვირთვა, რომელიც მოდის ხიდგამდებზე, იანგარიშება ფორმულით – $T = P_G + P_j + P_w + P_{h.s.}$. საანგარიშო დატვირთვის სიდიდე განისაზღვრება წინაღობათა ჯამით, სადაც P_G წარმოადგენს კონსტრუქციის საკუთარი წონის მდგენელის, P_j , გადასაადგილებელი სახიდე კონსტრუქციის მასის ინერციის ძალებს, P_w ქარის წნევას და $P_{h.s.}$ ხახუნის წინაღობას.

სამუშაოში არსებული მასალების მიხედვით და განხორციელებული კვლევების შესაბამისად, განხილულია ტიპური კვანძის პროექტირების საკითხები.

- პროექტის მიზანია – შეიქმნას სამხედრო მექანიზებული, გასაშლელი ერთმალისანი საბაზო ხიდი გაზრდილი მაღლით 38-48 მეტრის ფარგლებში.
- ამასთან, ხიდმა უნდა დააკმაყოფილოს სტრანსპორტო პაკეტის ზღვრული გაბარიტები – სიგრძე 12-13 მეტრი და ხიდგამდების სიმაღლე 3.8-3.9 მეტრი.
- გარდა ამისა, დიდი მაღის, ხიდგამდების ხიდის გადასალა წინააღმდეგობაზე მონტაჟის მოწყობილობამ უნდა უზრუნველყოს ხიდგამდების დიდი მასტაბილიზებული მატრუნებელი მომენტის სიდიდე, გაშლილი ხიდის მატრუნებელი – ამომყირავებელ მომენტთან შედარებით.

გარდა აღნიშნულისა, ხიდგამდებმა უნდა დააკმაყოფილოს შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები:

- ხიდის სატრანსპორტო – დაკეცილი ან დანაწევრებული ნაწილების სატრანსპორტო პაკეტის გაბარიტები იყოს სტანდარტული ან სტანდარტებთან მიახლოებული ისე, რომ არ უშლიდეს მის გადაადგილებას და მონტაჟს.
- ხიდის მთლიანი წონა იყოს სატრანსპორტო საშუალების მზიდუნარიანობის შესაბამისი.
- ხიდი იყოს ერთმალისანი.
- ხიდის სიგრძე – მაღის სიგრძე იყოს რაც შეიძლება მეტი.
- ხიდის გადასალა წინააღმდეგობაზე მონტაჟის და დემონტაჟის დრო განისაზღვროს რამოდენიმე – 2 – 5 – 7 მაქსიმუმ 10 წუთით.
- ხიდის მონტაჟის დროს არ იყოს საჭიროება მისი მომსახურებისა გადასალახი წინაარმდეგობის მეორე ნაპირზეც.

- ხიდის მომსახურე ეკიპაჟი იყოს განთავსებული სატრანსპორტო-სამონტაჟო საშუალებაში.
- ხიდის სამონტაჟო-სატრანსპორტო საშუალება იყოს შეთავსებული და ერთი ერთეული.
- ხიდის სამონტაჟო-სატრანსპორტო საშუალება იყოს დაჯავშნული და სხვა მრავალი.
- ხიდის დაზიანების შემთხვევაში, მასზე ჭურვის ან ნაღმის მოხვედრის შედეგ, ხიდმა მეტნაკლებად უნდა შეინარჩუნოს მზიდუნარიანობა და საექსპლოატაციო თვისებები და ამის შემდეგ უნდა შესაძლებელი იყოს მისი ასხნა დაბრკოლებიდან, ხიდის სამონტაჟო ხიდგამდების საშუალებით, სხვა ტექნიკური საშუალების გამოყენებლად.
- ახალი ტიპის ხიდგამდების დანერგვა ჯარებში და შესაბამისი ტექნიკური მონახაზების და პროცედურების ჩამოყალიბება კიდევ უფრო გაზრდის ქართული შეიარაღებული ძალების მოქნილობასა და სამანევრო შესაძლებლობებს, საშუალებას მისცემს მათ მაქსიმალური ეფექტურობით იქნას გამოყენებული სვლიდან ფორსირება და მოხერხდეს მოწინააღმდეგის დაჯახნა ლოკალურ მობილურობასა და ბრძოლის ტემპების საკითხებში.
- საგანგებო მდგომარეობის შედეგების – მათ შორის ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფების ლიკვიდაციის ოპერაციის საწყის ეტაპზე ყველაზე მიზანშეწონილია ქართული გრძელი მალის მქონე საიერიშო ხიდების გამოყენება.
- სახიდე ნაგებობის ძარად შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ტანკი, სატვირთო ავტომანქანა, სარკინიგზო ვაგონი, ასევე გადატანილი და დამონტაჟებული იქნას ვერტმფრენით – რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მის უნივერსალიზაციის ხარისხს.

დასკვნები

* დამუშავებული გასაშლელი ხიდის კონსტრუქცია, აგებული ტრანსფორმირებადი სისტემების ფორმათწარმოქმნის ორმაგი “დაკეცვის პრინციპს” + “ტელესკოპის პრინციპი”. ახალი, 48 მეტრი მალის მქონე, გასაშლელი, მრავალჯერადი ხიდი შეესაბამება სამოქალაქო პირობებში – ექსტრემალურ სიტუაციებში და საგანგებო ვითარებებში გამოყენების თანამედროვე მოთხოვნებს.

* დამუშავებულია გასაშლელი ხიდი და მისი გადასალახ წინააღმდეგობაზე გადების ხიდგამდები. ხიდი შექმნილია ტრანსფორმირებადი სისტემების ფორმათწარმოქმნის “დაკეცვის პრინციპს” + “დახვევის პრინციპით”. გასაშლელი ხიდი, მალით 48 მეტრამდე, შეესაბამება საჯარისო ნაწილების და

საკომუნიკაციო ზონის მომსახურების პირობებს. ასევე, მისი გამოყენება მეტად ეფექტურია სამოქალაქო პირობებში.

აღნიშნული ხიდის ბაზაზე, ასევე, დამუშავდა გაუმჯობესებული ვარიანტ კონსტრუქციისა, რომელიც ემყარება ტრანსფორმირებადი სისტემების “დაკეცვის პრინციპს” + “დაკეცვის პრინციპი”.

* ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა კვლევებმა, რომელიც განხორციელდა ტრანსფორმირებადი სისტემების “დაკეცვის პრინციპს” + “დახვევის პრინციპით” შექმნილი ხიდის 4,8 მეტრი სიგრძის და სათანადო ხიდგამდების მოდელზე, აჩვენა სრული შესაბამისობა გასაშლელი ხიდის თეორიული შედეგებსა და ექსპერიმენტულ შედეგებს შორის, როგორც სტატიკური დატვირთვების მიმართ, ასევე ტრანსფორმირებადი სისტემების ფორმათწარმოქმნის მხრივ, როგორც კინეტიკური სისტემისა. ექსპერიმენტის შედეგების მიხედვით მოხდა ცალკეული კვანძებისა და დეტალების ცვლილება და მოდერნიზება.

* ნაშრომში დამუშავებულია სამმაგი ტიპის ტრანსფორმაციის და ხიდის გადების ორმაგი ტიპის, შეთავსებული, ახალი, საბაზო, საიერიშო ერთმალისანი გასაშლელი მექანიზებული ხიდი მალით 32÷48 მეტრი და განსხვავებული სქემის ხიდგამდები, რომელიც ყველა თანამედროვე მოთხოვნებით შეესაბამება ბრძოლის ველზე გამოყენების პირობებს. მისი გამოყენება შესაძლებელია სამოქალაქო ვითარებაში.

გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა:

1. Medzmariashvili E., Sokhadze A., Medzmariashvili G., Odishvili K., Filipenko L. Transformable Large-Span Bridge. Georgia. *Proceedings of International Scientific Conference on Advanced Lightweight Structures and Reflector Antennas*. 2009, pp. 134-141.
2. Medzmariashvili E., Gogilashvili V., Sanikidze M., Tsignadze N., Bedukadze G., Siradze N., Medzmariashvili G. Cinematic Analysis and Structure of 48 Meter Deployable Bridge. *Scientific-technical Journal "Building"*. 2009, 1(12). pp. 6-17.
3. Medzmariashvili E., Sanikidze M., Gogilashvili V., Tsignadze N., Filipenko L., Medzmariashvili G. A Single-Span Dual Transformation Deployable Bridge. *International Scientific Journal of IFToMM 'Problems of Mechanics'*. 2010, 3(40). pp. 25-31.
4. გ. მეძმარიაშვილი, ვ. მეძმარიაშვილი. საიერიშო ხიდების არსებული სახეობები და ახალი კონსტრუქციული სქემები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საერთაშორისო სამეცნიერო 78-ე კონფერენცია. 2010 წ. (მოსვენება აღინიშნა დიპლომით და კონფერენციის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის სექციაში დაგვიკავე I ადგილი).
5. Medzmariashvili E., Tsignadze N., Sokhadze A., Medzmariashvili V., Medzmariashvili G. The Perspectives of Suspension Systems' Application in Deployable Space Reflector Antennas. Noordwijk, The Netherlands. *Proceedings of 32nd ESA antenna Workshop on Antennas for Space Applications*, 2010.
6. Gogilashvili V., Medzmariashvili E., Sanikidze M., Tsignadze N., Medzmariashvili G. Schematic Structural Diagram of the Deployable Bridge and Load-Bearing Conditions analysis. *International Scientific Journal of IFToMM 'Problems of Mechanics'*. 2010, 4(41), pp. 72-77.
7. Medzmariashvili E. Tusishvili O., Sanikidze M. Medzmariashvili G., Mobile Bridgelayer on the Bases of Tank "Leopard-2". *International Scientific Journal of IFToMM 'Problems of Mechanics'*. 2011, 3(44), pp. 22-26.
8. Gogilashvili V., Medzmariashvili E., Sanikidze M., Medzmariashvili G. Transformation of Deployable Bridge Mechanisms. *International Scientific Journal of IFToMM 'Problems of Mechanics'*. 2011, 4(45). pp. 72-76.
9. ე. მეძმარიაშვილი, ვ. მეძმარიაშვილი. გასაშლელი კოსმოსური რეფლექტორი "E&GM"-1. Ge. pat. No: 20115298B. 22.11.2011. AP. No.: 20079952. 29.03.2007.
10. ე. მეძმარიაშვილი, ვ. მეძმარიაშვილი. გასაშლელი ხიდი და ხიდის დამწყოები. Ge. pat. No: 2011 5297B. 22.11.2011. AP. No.: 20079952. 29.03.2007.

Abstract

Important factor of engineering provision is building military bridges over obstacles, the bridges being of three types according to their functions: temporary bridges being built in communication zones; rapidly layable, the so called escort bridges implemented on troops displacement routs; and rapidly layable deployable mechanical bridges directly usable in military situations that can very successfully be used in civil conditions, extreme situations and in emergency circumstances alike.

The present work touches upon a topical problem – to develop deployable mechanized bridges of a bigger span of 32÷48 meters and their bridgelayers in comparison with conventional assault bridges and their bridgelayers which enable to lay a bridge over an obstacle of 22÷30 meters in width in 3-7 minutes by means of a stowed package of 12÷16 meters in length that is placed on a single vehicular means – bridgelayers, without the crew having to exit the armored tank.

The mentioned task can be fulfilled with staged approach, with the application of transformable systems theory based on double and triple type transformations of shaping by deployment-folding, instead of a single type transformations realized in conventional assault bridges, no matter what method is used for laying them over an obstacle - whether it is “putting on” or “inverting”.

At the first stage, assault bridges based on two types of transformation are considered at the initial stage.

The deployable bridge construction based on the “folding principle”+“telescope principle” of shaping is characterized by high quality. It enables to assume a 48 meters bridge by deploying the folded transport package of which sizes correspond to the sizes of existing folded military bridges.

Besides, the mentioned bridges have multiple cylindrical units, that is disadvantageous in battle situations, and their stiffness against bending is relatively low in longitudinal direction, which can be regarded as serious drawback as well.

Thus at the further stage, a task of developing a deployable bridge that would have high stiffness load-bearing elements playing a role of main mechanisms of the system transformation at the deployment stage was set, where the elements would have to be load-bearing ones of the upper running part and chord of the bridge at the final stage of transformation when a fixed operation shape of the transformable system is assumed.

Based on these requirements, a deployable bridge construction by application of “folding”+“rolling” approach of shaping has been developed. The work overviews general designs of the bridge, its calculation and experimental study of the developed model of 4.8 meters in length.

The conducted complex studies revealed advantages of the bridge, conditioned by high-end technology of the bridge development. It should be noted that in case of enlarged span, approximately within the range of 38m÷48m, the height of the stowed transport package of the bridge increases, which leads to limiting the bridgelayers transportability. The bridgelayers construction that is developed on the tank basis is characterized by considerable height of mounting, which hampers the bridge to be blanked off, and the assembling of the lower rollable chord made of high stiffness cables became difficult.

In the modification of the bridge which is built on the base of “folding principle”+“folding principle”, many disadvantages were eliminated but the stowed transport package of the bridge still remained high.

The mentioned record-breaking length span bridges developed by systematic, step by step approach, completely fulfill the requirements of civil application by all their parameters. The work deals with the use of bridges and bridgelayers in forced operations only, which is regarded as an extremely difficult procedure in the military art and requires from a bridge and bridgelayers fulfilling special parameters. To this end, it was necessary to use the triple transformation approach for shaping instead of the double transformation approach, and a complex method - “putting on method” + “inverting method” of laying a deployable bridge

developed by triple transformation approach over an obstacle was used for the purposes of developing the new bridgelayer.

By application of the mentioned transformation approaches and by classifying and systematizing the complex method of laying the bridge over an obstacle by a bridgelayer, basic modifications of a deployable mechanized assault bridgelayer and a 32÷48 m. span bridge were developed. The completely different kinematical design of the bridge requires use of two types of key complexes that are already used in modern bridge constructions, which is the advantage of the bridge kinetics due to the fact that manufacturability of the basic bridge is improved even more.

The developed bridge is manufactured by high stiffness aluminum alloy. The sizes of its stowed transport package are: width 4.1 m; length 12 m; and height is 2.6 which is very important. The bridge span is divided in the middle initially and then it is folded by mutually turning. When it is folded, the two parts of the bridge enter each other, and then, by displacement of the span edge parts, the bridge transport package attains its least sizes. The bridgelayer design which has been developed on the basis of the tank LEOPARD-2 is unusual and optimal. The bridge is mounted from a tank by displacing it ahead and then by resting the bridgelayer platform upon the ground and mounting the bridge in cantilever fashion. The process envisages all possible loads and fixing the bridge against overturning. The bridge weight is X tonnes.

The bridge can be transported and mounted also by a motorcar and helicopter which is very important in terms of use the basic bridge for civil purposes, and the mounting of assault bridges by a helicopter completely corresponds to the modern requirements of the military art.