

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

შოთა წეროძე

დიდი გასაშლელი ორბიტალური ანტენების კოსმოსური

სისტემების რადიოტექნიკური კომპლექსები

სპეციალობა 05.12.07 – ანტენები და ზემაღალი სიხშირის
მოწყობილობანი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის
სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად

სამეცნიერო კონსულტანტი

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
სამხედრო მეცნიერებათა დოქტორი,
რეზერვის გენერალ-მაიორი, პროფესორი,
საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
წევრ-კორესპონდენტი,

ე. ვ. მეძმარიაშვილი

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი .

თავი 1. დიდი გასაშლელი ანტენების გამოყენება
სატელიტურ სისტემებში.

- 1.1. სატელიტური კომუნიკაციები.
- 1.2. რადიოასტრონომია.
- 1.3. დისტანციური ზონდირება.
- 1.4. კომუნიკაციები გაუთვალისწინებელი შემთხვევებისათვის.
- 1.5. დედამიწაზე დაკვირვება.
- 1.6. ენერჯის მოპოვება და გადაცემა.
- 1.7. დიდგაბარიტიანი რეფლექტორების რადიოტექნიკური
კომპლექსები და მათი გამოყენება კოსმოსურ
სამხედრო-საინჟინრო ტექნიკაში.
- 1.8. წიბოვან-ქოლგისებრი და რგოლური რეფლექტორების
კონსტრუქციული ანალიზი.

თავი 2. პარაბოლოიდური ფორმის მიღების ახალი გადაწყვეტები
და მათი კონსტრუქციული ანალიზი.

- 2.1. მსუბუქი, ქოლგური ტიპის კონცენტრული
ფორმათწარმოქმნელი სტრუქტურების მიღება ღრუგანიანი
თხელკედლიანი ღეროების დრეკადპლასტიური
თვისებების გამოყენებით .
 - 2.1.1. მსუბუქი გაღუნულღეროებიანი მემბრანული
კონსტრუქცია რეგულირებადი ფორმათწარმოქმნელი
სტრუქტურით .
 - 2.1.2. მსუბუქი გაღუნულღეროებიანი მემბრანული კონსტრუქცია
აღვილობრივი წერტილოვანი დაჭიმვებით.
 - 2.1.3. მსუბუქი გაღუნულღეროვანი ვანგური კონსტრუქცია
ირიბანა მჭიმვებით.
- 2.2. არაკონცენტრული პარაბოლოიდური ფორმის კონსტრუქცია
რკალისებრი ძალოვანი პანგოგრაფით.
- 2.3. რგოლურ სისტემიანი მექანიკური კონსტრუქციები.

2.3.1. ერთშრიანი პანტოგრაფული კოსტრუქცია
ძირითადი და ჩასაკვეცი ბერკეტებით.

2.3.2. ერთშრიანი პანტოგრაფული კოსტრუქცია
ჩასაკვეცი ბერკეტებით.

2.4. ორბიტალურ სადგურ “მირ”-ზე განხორციელებული
ექსპერიმენტი “რეფლექტორი”.

თავი 3. ევროპული დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორების (LDR) კონსტრუირების ლოგიკა ევროპული პროგრამის ფარგლებში.

3.1. სტრუქტურული სქემების მოკლე აღწერა
და შესაბამისობის ანალიზი.

3.1.1. აბრევიატურები, დიაგრამების ბლოკები
და ძირითადი მოთხოვნები.

3.1.2. ძალოვანი რგოლი (RIA).

3.1.3. ძალოვანი ბერკეტები (PTL).

3.1.4. პანტოგრაფის დგარები (PTS, PNS).

3.1.5. ჩამკეტი მექანიზმი (RLS).

3.1.6. ამძრავი RDM.

3.1.7. ბაგირული სისტემა (TDS).

3.1.8. ძაღვის (FS) და გეომეტრიის (GS) გადამწოდები.

3.1.9. პოტენციომეტრული გადამწოდები (DS).

3.1.10. კონსოლების სისტემა (CES).

3.1.11. რადიალური ფურცლები (RAR).

3.1.12. ცენტრალური კვანძი (CEI).

3.1.13. ამრეკლი ზედაპირი (RSM).

3.1.14. შეკავების სისტემა გატანის ეტაპზე (RHS).

3.1.15. რგოლის ბრუნვისაგან შეკავების ანუ გაშლის
მასტაბილიზირებელი სისტემა (RHR).

3.1.16. სიხისტის სისტემა (STS).

3.2. LDR-1-ისა და EVM-2-ის გეომეტრიული, ინერციული

და მასური მახასიათებლები.

3.3. LDR-1 და EVM-2 თეფშის კონსტრუქციების (URA) აღწერა.

- 3.3.1. ცენტრალური კვანძი (CEI) .
- 3.3.2 რადიალური ფურცლების სისტემა (RAR).
- 3.3.3 დამატებითი ფურცლების სისტემა (SRS)
(მხოლოდ EVM-2-თვის).
- 3.3.4. ძალოვანი რგოლი.
- 3.3.5. კონსოლურ ელემენტთა სისტემა (CES) .
- 3.3.6. ძალოვანი რგოლის გაშლის სისტემა.
- 3.3.7. ძალოვანი რგოლის ელექტრომექანიკური ამძრავი
(RDM) LDR-1 და EVM-2 ვარიანტებისთვის.
- 3.3.8. ამრეკლი ზედაპირი (RSM).
 - 3.3.8.1. ამრეკლი ზედაპირის (RSM) კონსტრუქცია
და ტექნიკური მახასიათებლები .
 - 3.3.8.2. ამრეკლი ზედაპირის სამაგრი ელემენტები.
- 3.3.9. ძალოვანი რგოლის ბრუნვისაგან შეკავების სისტემა (RHR)
(მხოლოდ LDR 2-თვის).
- 3.3.10. სიხისტის სისტემა (STS).
- 3.3.11. URA-ის შეკავებისა და გაშვების სისტემა
გაყვანის ეტაპზე (RHS).

3.4. LDR-1 და «EVM»-2 კონსტრუქციების ძირითადი

პარამეტრების შედარებითი ანალიზი.

- 3.4.1. რადიოტექნიკური კომპლექსების ფუნქციონირების
ეტაპობრივი აღწერა.
- 3.4.2. LDR-1 და EVM-2 ვარიანტების ძირითადი
პარამეტრების შედარება.
 - 3.4.2.1. ბადის დაჭიმვის ძალების შესაძლო
ზეგავლენა კონსტრუქციაზე.
 - 3.4.2.2. კინემატიკური სქემის თავისებურებანი.
 - 3.4.2...3. დამაბვისათვის საჭირო აქტიური

ამპრავების რაოდენობა.

3.4.2.4. ექსპლუატაციის პროცესში დაძაბული

ელემენტების რაოდენობა.

3.4.2.5. გეომეტრიის კონტროლი გაშლისას.

3.4.2.6. რეფლექტორის ელემენტებს შორის შესაძლო

მოდების რისკები ფარდობითი მოძრაობისას.

3.4.2.7 გაშლის პროცესის ხანგრძლივობა.

3.4.2.8. ამრეკლი ზედაპირის ფორმის სიზუსტე.

3.4.2.9. URA-ის სიხისტე

(საკუთარი სიხშირეების სიდიდეები).

3.4.2.10. სატრანსპორტო პაკეტების გაბარიტები.

3.4.2.11. მასურ-ინერციული მახასიათებლები.

3.4.2.12 დამზადების და დაშვებათა

პროცესების კრიზისულობა.

3.4.2.13. პროცედურების და დაშვებების კრიზისულობა

თეფშის აწყობის დროს.

3.5. გაშლის პროცესის შემაფერხებელი ფაქტორების კინემატიკური ანალიზი LDR-1 და EVM-2 ვარიანტებისათვის.

3.5.1. LDR-1 ვარიანტისათვის.

3.5.2. “EVM”-2 ვარიანტისთვის.

3.6. დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის LDR-ის

ზედაპირის რეალური გეომეტრიული ფორმის შეფასება.

3.6.1. გამოცდის სტრატეგია და ტექნიკური მოთხოვნები.

3.6.2. რეფლექტორის დამაგრება ანტიგრავიტაციულ სისტემაზე

და მისი გამოცდა მრავალჯერად გაშლა-დაკეცვაზე.

3.6.3. რეალური გეომეტრიული ფორმის შეფასება.

3.6.3.1. ფოტოგრამეტრიის მეთოდები.

3.6.3.2. სკანირების სისტემები.

3.6.3.3. მულტითეოდოლიტის ტექნოლოგია.

3.6.3.4. ზედაპირის რეგულირება.

3.6.4. პასიური ინტერმოდულაციის (PIM)

შემოწმების ღონისძიებები.

თავი 4. დიდგაბარიტიანი კოსმოსური რეფლექტორის საბოლოო ვარიანტის კონსტრუირების ლოგიკა და თეორიული ანალიზი.

4.1. რგოლური და წიბოვან-ქოლგისებური სისტემების სინთეზის შედეგად მიღებული დიდგაბარიტიანი კოსმოსური რეფლექტორის კონსტრუქცია.

4.1.1. “EVM”-2-ის ეტაპობრივი დახვეწისა

და კონსტრუირების ლოგიკა.

4.1.2. კონსტრუქციის განზოგადოებული აღწერა

შესაძლო ვარიანტებთან ერთად.

4.1.3. “EVM”-2-ის უპირატესობები ამრეკლის

სიზუსტის უზრუნველყოფის მხრივ.

4.1.4. ოფსეტური რეფლექტორების თანამგზავრთან

მიერთებისა და ორიენტაციის სქემები.

4.2. “EVM”-2-ის თეორიული ანალიზი.

4.2.1. გაშლის პროცესის ანალიზი.

4.2.1.1. რეფლექტორის გაშლის პროცესის

მათემატიკური მოდელი.

4.2.1.2. გაშლის პროცესის ანალიზის შედეგები.

4.2.2. დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზი.

4.2.2.1. დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის

მათემატიკური მოდელი.

4.2.2.2. რეფლექტორის დამაბულ-დეფორმირებული

მდგომარეობის ანალიზის შედეგები.

4.2.2.3. დასკვნები რეფლექტორის

დინამიკურ მახასიათებლებზე.

4.2.2.4. დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შედეგები

ტემპერატურული დატვირთვების ზემოქმედებებისას.

4.3. ოფსეტური რეფლექტორის ელექტრომაგნიტური ტალღების მიღება-გადაცემის პარამეტრების განსაზღვრისათვის ამრეკლი ზედაპირის სიზუსტის შეფასება.

- 4.3.1. თეორიულად განსაზღვრული ოფსეტური ზედაპირის მათემატიკური ანალიზი.
- 4.3.2. წარმოსახვითი მაპროქსიმირებელი ფუნქციის პარამეტრების განსაზღვრა უმცირესი კვადრატების მეთოდით .
- 4.3.3. ოფსეტური ანგენის ბაღის ზედაპირის საშუალო კვადრატული გადახრების გაანგარიშება წარმოსახვითი და თეორიული პარაბოლოიდების მიმართ .
- 4.3.4. ოფსეტური რეფლექტორის ამრეკლი ბაღის საშუალო კვადრატული გადახრის ზედა ზღვრის თეორიული შეფასება განსხვავებული ზომის უჯრედებიანი ბიჯებისათვის და ანგენის ზედაპირზე წერტილების დანიშვნა სიზუსტის შემდგომი შეფასებისათვის .

4.4. კოსმოსური ბაზირების სივრცითი ტრანსფორმირებადი სისტემების გეომეტრია, სტრუქტურული და კინემატიკური ანალიზი.

- 4.4.1. ჰიპერბოლური ზედაპირის ამსახველი ტრანსფორმირებადი სისტემის სტრუქტურა და კინემატიკური ანალიზი.
 - 4.4.1.1. ღეროვანი სისტემის სტრუქტურა.
 - 4.4.1.2. ტრანსფორმირებადი სისტემის გეომეტრიული მახასიათებლის განსაზღვრა.
 - 4.4.1.3. რგოლური ელემენტის კინემატიკური ანალიზი.
 - 4.4.1.4. რაციონალური საბაზისო კინემატიკური ჯაჭვები ტრანსფორმირებად სისტემებში.
 - 4.4.1.5. საბაზისო კინემატიკური ჯაჭვის ძირითადი გეომეტრიული პარამეტრები. სახსრების საანგარიშო მოდელი.
 - 4.4.1.6. რგოლური სისტემის საანგარიშო მოდელი.
- 4.4.2. კონუსური და ელიფსური ტრანსფორმირებადი

სისტემების სტრუქტურა და კინემატიკური ანალიზი.

4.4.2.1. კონუსური რგოლის მექანიზმის ძირითადი

გეომეტრიული პარამეტრები.

4.4.2.2. რგოლის მექანიზმის სტრუქტურა.

4.4.2.3. ორ კონუსურ რგოლიანი ტრანსფორმირებადი სისტემის

სტრუქტურა და კინემატიკური ანალიზი.

4.4.2.4. ელიფსურ რგოლიანი ტრანსფორმირებადი

სისტემის გეომეტრიული ანალიზი.

თავი 5. ექსპერიმენტული კვლევები.

5.1. “EVM-2” რეფლექტორის ძალოვანი რგოლისა და დიამეტრულად განლაგებული რადიალური ფრაგმენტის ექსპერიმენტული მოდელების დამზადება და გამოცდა.

5.1.1. “EVM-2” რეფლექტორის ძალოვანი რგოლის

ექსპერიმენტული მოდელის დამზადება და

გამოცდა ტრანსფორმაციაზე.

5.1.2. “EVM-2” რეფლექტორის დიამეტრულად

განლაგებული რადიალური ფრაგმენტის ექსპერი-

მენტული მოდელის დამზადება და გამოცდა.

5.2. კოსმოსური ბაზირების დიდგაბარიტიანი მახვილმომართული

ანტენებისათვის დედამიწის პირობებში შორეული ზონით

რადიოტექნიკური გამოცდის მეთოდის შემუშავება.

დასკვნები.

ლიტერატურა.

დანართები.

შესავალი

უახლოეს მომავალში წამოჭრილი ახალი კოსმოსური პროგრამები დიდად იქნება დამოკიდებული ორბიტაზე განლაგებული დიდი გასაშლელი ანტენების შესაძლებლობებზე. დისერტაციის შესავალში აღწერილი და გადმოცემულია მიმდინარე და დაგეგმილი პროგრამები, სადაც შესაძლებელია გამოყენებული იქნას დიდი გასაშლელი ანტენები.

სატელიტური კომუნიკაციები, მონაცემთა დისტანციური შეკრება და მეცნიერული თუ სხვა პროგრამების თანამედროვე სახით გადაწყვეტა დიდად არის დამოკიდებული გასაშლელი ანტენის ზომებზე. კომუნიკაციები ამგვარი ანტენების ჩვეულებრივი გამოყენებითი სფეროა, სადაც ისინი ტიპურად გამოიყენებიან უჯრედული სახეობის მრავალსხივური დაფარვის უზრუნველსაყოფად.

დიდი ანტენის შესაძლებლობებიდან გამომდინარე მათი გამოყენება წარმოებს დისტანციური აღმოჩენის პროგრამებში, რადიომეტრიაში, რეფლექტომეტრიაში, გრუნტში შეღწევად რადარებსა და მეტეოროლოგიურ რადარებში. ასევე მათი საშუალებით დიდი სიზუსტით შეიძლება ზღვის დონიდან ნებისმიერი ობიექტის ნიშნულის დადგენა.

სრულად განცალკევებულ ანტენებს რადიოასტრონომია იყენებს უფრო ხანგრძლივი ბაზის ინტერფერომეტრიისთვის და რაც მთავარია კოსმოსში განთავსებული დიდი ანტენების გამოყენებამ ბუნებრივად გამოიწვია ინტერფერომეტრიის ბაზის სიგრძის მომატება.

ამას გარდა, სამეცნიერო პროგრამების განსახორციელებლად და ოპტიკური კავშირის სისტემაში გამოსაყენებლად დიდ ინტერესს იწვევს გასაშლელი რადიოტელესკოპების სტრუქტურები, რაც თავის მხრივ ძალიან მნიშვნელოვანია მსუბუქი გასაშლელი კოსმოსური ანტენების კონსტრუირებისათვის.

სხვა ეგზოტიკური მისიები განჭვრეტენ დიდი ანტენების ზედაპირების გამოყენების შესაძლებლობებს რათა თავი მოუყარონ მზის თბურ გამოსხივებას და გარდაქმნან იგი ელექტრულ ენერგიად დიდი სიძლიერის სატელიტების მოსამარაგებლად და აქვე გამოიყენონ დიდი რეფლექტორები შეგროვილი ენერგიის მიკროტალღებით - ხაზგაყვანილობის გარეშე გადასაცემად.

კოსმოსში გასაშლელი დიდი ზომის ანტენის კონსტრუქციის რეალიზაცია მასტიმულირებელი წამოწყებაა, რომლის წარმატება დიდად არის დამოკიდებული ტექნიკურ, საზოგადოებრივ და ფინანსურ შესაძლებლობებზე.

ანტენის ქვესისტემებზე ზემოქმედი მოთხოვნები განუწყვეტლივ ახლდება და სრულყოფილი ხდება, რაც გამოიხატება აპერტურის ზომაში, ზედაპირის სიზუსტეში, გენერირებული სხივების რაოდენობაში, პასიური ინტერმოდულაციის დონეში, დამიზნების სიზუსტეში, წონაში და ა.შ.

ამგვარი ანტენების შექმნისა და ტექნოლოგიურად მათი განხორციელების ძირითადი შემაფერხებელი ფაქტორებია: მასა, დაკეცილ მდგომარეობაში გაბარიტული ზომები ანუ მოცულობა, რასაც იგი მოითხოვს კოსმოსურ აპარატში განსათავსებლად და ღირებულება.

კვლევის მიზანია ორბიტალური რადიოტექნიკური კომპლექსებისათვის დიდი ზომის გასაშლელი ოფსეტური რეფლექტორული ანტენების შექმნა, რომლებიც ითვალისწინებენ გაბარიტებს 6-დან 20 მ-მდე და ამრეკლი ზედაპირის სიზუსტეს ზემაღალი სიხშირის სანტიმეტრული ტალღების დიაპაზონში (3÷30 გჰც). ლოგიკური მოდელის აგება და ევრანის სიზუსტის მიხედვით რადიოპარამეტრების გაზომვა. ასევე, ანტენის საბოლოო კონსტრუქციის შემუშავება რეფლექტორის სიზუსტის, სიხისტის, ტალღების მიღება-გადაცემის, თანამგზავრთან მიმაგრებისა და სიმსუბუქის პირობების დაცვით.

კვლევის მიზნის მისაღწევად გადაწყვეტილი იქნა შემდეგი ამოცანები:

- ჩატარებულია არსებული რადიოტექნიკური კომპლექსებისა და რეფლექტორული ანტენების შედარებითი ანალიზი და კონსტრუირების ლოგიკით შექმნილია რადიოტელესკოპის სრულიად ახალი ვარიანტი;
- რადიოტელესკოპებისათვის ჩატარებულია გაშლის პროცესის შემაფერხებელი ფაქტორების კინემატიკური ანალიზი. დადგენილია სახსრებში არსებული ხახუნის ძალები და მთლიანი დანაკარგების გათვალისწინებით სისტემების შემადგენელი ელემენტების სიმტკიცისა და სიხისტის პირობებიდან გამომდინარე განსაზღვრულია ტრანსფორმაციისა და ფორმათწარმოქმნისათვის საჭირო ძალები.

- ელექტრომაგნიტური ტალღების დანაკარგების შესაფასებლად რადიოტელესკოპი მოთავსებულია სპეციალურ კამერაში პასიური ინტერმოდულაციის (PIM) სიდიდის ექსპერიმენტალურად დადგენის მიზნით;
- შემუშავებულია მსუბუქი დიდგაბარიტიანი რადიოტელესკოპების ახალი ეფექტური სქემები და კონსტრუქციული გადაწყვეტები. ფორმათწარმოქმნის შესასწავლად დამზადებულია ორი 15 მეტრიანი და ორი 7 მ-იანი მოდელები;
- დინამიკაში ელემენტების დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობების გამოსათვლელად სასრულ ელემენტთა მეთოდზე დაყრდნობით ჩატარებულია გაშლის პროცესის ანალიზი;
- საანგარიშო კომპიუტერულ პროგრამებში “ANSYS”-სა და “NASTRAN”-ში შედარებითი ანალიზის მიზნით პარალელურად ჩატარებულია რეფლექტორული ანტენების დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზი სხვადასხვა, მათ შორის, ტემპერატურული დატვირთვებისთვისაც. დადგენილია დინამიკური მახასიათებლები;
- ჩატარებულია ოფსეტური ზედაპირის მათემატიკური ანალიზი. წარმოსახვითი მაპროექსირებელი ფუნქციის პარამეტრების დასადგენად კი გამოყენებულია უმცირესი კვადრატების მეთოდი;
- ჩატარებულია კოსმოსური ბაზირების ახალი სივრცითი ტრანსფორმირებადი სისტემების სტრუქტურული და კინემატიკური ანალიზი;
- შემუშავებულია ექსპერიმენტული მეთოდიკა რეფლექტორული ანტენის ძალოვანი რგოლისა და რადიალური ფრაგმენტის გამოსაცდელად;
- დედამიწის პირობებში გეომეტრიული პარამეტრების დაცვით შემუშავებულია შორეული ზონით რადიოტექნიკური გამოცდის მეთოდი.

კვლევების სამეცნიერო სიახლეებს წარმოადგენენ:

- რადიოტექნიკური კომპლექსებისათვის შექმნილია გასაშლელი, ოფსეტური დიდი ზომის რადიოტელესკოპები. შერჩეულია ძირითადი ვარიანტი, რომელიც მიღებულია რგოლური და წიბოვან-ქოლგისებური სისტემების შერწყმით. შედეგად მიღწეულია პრინციპულად ახალი ტექნიკური და ტექნოლოგიური ეფექტები, რაც თავის მხრივ უზრუნველყოფს სრულიად ახალი სისტემის გასაშლელი სარკისებური ანტენის შექმნას, რომელიც დიდი გაბარიტების შემთხვევაშიც კი

წარმოადგენს ხისტ და მსუბუქ კონსტრუქციას. რადიოტელესკოპის კონსტრუქცია დაცულია ევროპატენტით;

- ოფსეტური რადიოტელესკოპის ელექტრომაგნიტური ტალღების მიღებისა და გადაცემის პარამეტრების განსაზღვრისათვის სამგანზომილებიან სივრცეში ანალიზურად შეფასებულია ამრეკლი ზედაპირის სიზუსტე და ჩაწერილია რადიკალებში;

- რგოლური სარკისებური ანტენების ძალოვანი სისტემებისათვის შემუშავებულია სრულიად ახალი ტიპის პერსპექტიული სტრუქტურები და ჩატარებულია მათი კინემატიკური ანლიზი;

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება შემდეგია:

- შეფასებულია წიბოვან-ქოლგისებრი და რგოლური სისტემების დადებითი და უარყოფითი მხარეები და მათი შერწყმით მიღებულია სრულიად ახალი ტიპის რეფლექტორული ანტენის კონსტრუქცია, რომელიც გამოირჩევა მაღალი სიხისტითა და ზედაპირის სიზუსტით;

- უმცირესი კვადრატების მეთოდით დამუშავებულია მათემატიკური მოდელი, რომელიც შემდგომში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას პარაბოლოიდური ზედაპირების სიზუსტის შესაფასებლად. განხილულია პრაქტიკული მაგალითი;

- რადიოტელესკოპის ამრეკლი ზედაპირის სიზუსტის გაანგარიშების მათემატიკური მოდელი რეალიზებულია კომპიუტერული პროგრამის სახით და გამოიყენება პარაბოლოიდური ზედაპირების მაპროექსიმირებელი ფუნქციის პარამეტრების დაგენისა და მის მიმართ საშუალო კვადრატული გადახრის გაანგარიშებისათვის;

- ჩატარებულია არსებული სისტემებისა და კომპლექსების შეფასება მათი კონსტრუქციული სახის და სარკისებური ანტენის გამოყენებული ტიპის მიხედვით ტალღის სიგრძიდან, ანტენის ზომებიდან და მისი მიმაგრების სქემიდან გამომდინარე;

- განხილულია ახალი ეფექტური სქემები და კონსტრუქციული გადაწყვეტები რადიოტელესკოპის სიდიდის, თანამგზავროთან მისი მიმაგრებისა და მუშაობის სქემის შესაბამისად;

- მახვილმიმართული ორბიტალური რეფლექტორებისათვის ექსპერიმენტალურ ბაზაზე დაყრდნობით დამუშავებულია სქემები ელექტრომაგნიტური და რადიოტექნიკური პარამეტრების დასადგენად.

დასაცავად გამოტანილია შემდეგი შედეგები:

- რეფლექტორული ანტენების კონსტრუირების ლოგიკა, რომელიც დაფუძნებულია ბოლო 10-15 წლის განმავლობაში საქართველოს კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტში შექმნილი სტრუქტურების ანალიზზე;
- პარაბოლოიდური ფორმის მიღების ახალი გადაწყვეტები და მათი კონსტრუქციული ანალიზი;
- რადიოტექნიკური კომპლექსებისათვის საცდელი კონსტრუქციების სახით ახალი მოთხოვნების შესაბამისად ორი 12 მეტრიანი რეფლექტორული ანტენის შექმნა და გამოცდა.
- პროგრამა “რეფლექტორით” 7 მეტრიანი სარკისებური ანტენის შექმნა და კოსმოსურ ორბიტაზე გაყვანა ზედაპირის სიზუსტის, სიხისტის და ჩამაგრების წერტილში ზუსტი ორიენტაციის უზრუნველყოფით;
- გასაშლელი რადიოტელესკოპის კონსტრუქციების ახალი ვარიანტების შექმნა ზემალაღი სიხშირის სანტიმეტრული ტალღების დიაპაზონში (3÷30გჰც) თანამგზავრთან მათი მიმაგრების ცენტრული და პერიფერიული სქემებით;
- LDR-1 ვარიანტის ლოგიკური მოდელის აგება და რადიოპარამეტრების გაანგარიშება ეკრანის სიზუსტისა და ხარისხის მიხედვით;
- EVM-2 – ძირითადი ვარიანტის, როგორც წიბოვან-ქოლგისებრი და რგოლური სისტემების სინთეზით მიღებული კონსტრუქციის შექმნა რეფლექტორის სიდიდის, სიზუსტის, სიხისტის, ტალღების მიღება-გადაცემის, ჩამაგრებისა და სიმსუბუქის პირობების დაცვით;
- კომპიუტერულ პროგრამირებაზე დაფუძნებული ზედაპირის სიზუსტის შეფასების მათემატიკური მოდელი;
- კოსმოსური ბაზირების სივრცითი ტრანსფორმირებადი სისტემების ახალი სტრუქტურები და მათი კინემატიკური ანალიზი;
- EVM-2 ვარიანტის ძალოვანი რგოლისა და რადიალური ფრაგმენტის მოდელების ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები;

- ორბიტალური მახვილმიმართული რადიოტელესკოპებისათვის დედამიწის პირობებში შორეული ზონით რადიოტექნიკური გამოცდის მეთოდი.

სამუშაოს შედეგების დანერგვის თვალსაზრისით ჩატარებული კვლევები საფუძვლად დაედო შემდეგი კონტრაქტების შესრულებას:

- “DAIMLER CRYSLER AEROSPACE - DORNIER SATELLITENSYSTEME”. GeaessDem Vertag NR 150104/95011334. 1997. “Untersuchhg Von Mechanishen Entfaltkovzepten Fuer Grosse Entfaltantennen und Deren Verfikation.”

- ESA Conrtact 15230/01/NL/JSC/. “Large Deployable Antenna Reflector for Advanced. Mobile Communications”. Rome 2001.

-კოსმოსური პროგრამა “რეფლექტორი.” 1999 წლის 23 ივლისს ორბიტაზე გავიდა ისტორიაში პირველი ქართული კოსმოსური ობიექტი. 1999 წლის 28 ივლისს პირველი ქართული კოსმოსური ობიექტი გადავიდა დამოუკიდებელ თანამგზავრულ ორბიტაზე.

დისერტაცია მთლიანად მოხსენებულ და განხილულ იქნა საქართველოს სამხედრო-საინჟინრო აკადემიისა და საქართველოს კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტის გაერთიანებულ სხდომაზე 2006 წლის 5 აპრილს. სამუშაოს შედეგები ასევე პირადად დისერტანტის მიერ მოხსენებულ იქნა საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე ჰოლანდიაში: 28th ESA Antenna Workshop ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 2005 და აშშ-ში: Earth & Space 2006 League City/Houston, Texas, USA, 2006.

დისერტაციის ავტორმა წარმოდგენილი სამეცნიერო კვლევების ძირითადი დებულებები გამოაქვეყნა 28 ნაშრომში.

სამუშაო შედეგბა შესავლისაგან და ხუთი თავისაგან, დასკვნებისაგან, ლიტერატურის დასახელების ჩამონათვალისაგან და ოთხი დანართისაგან.

დისერტაცია გადმოცემულია 290 გვერდზე და შეიცავს 260 ნახაზს, 35 სურათსა და 16 გრაფიკსა და სქემას.

თავი 1. დიდი გასაშლელი ანტენების გამოყენება სატელიტურ სისტემებში

1.1. სატელიტური კომუნიკაციები

დიდი აპერტურის გასაშლელი რეფლექტორული ანტენების ტიპური გამოყენება წარმოებს ტელეკომუნიკაციებში მობილური სატელიტური მომსახურების (MSS) უზრუნველსაყოფად [66]. მობილური სატელიტური სისტემები მოქმედებაში იყი საზღვაო თანამგზავრული კავშირის სისტემასთან (MARISAT) ერთად 1982 წლიდან, რომელიც თავის მხრივ შერწყმული იყო საზღვაო თანამგზავრული კავშირის საერთაშორისო ორგანიზაციასთან (INMARSAT). ეს განსაკუთრებული სისტემა უზრუნველყოფდა გლობალური დაფარვის საკომუნიკაციო მომსახურებას 1626.5-დან 1660.5 მჰც-მდე დიაპაზონში დედამიწიდან კოსმოსამდე და 1525.0-დან 1559.0 მჰც-მდე დიაპაზონში კოსმოსიდან დედამიწამდე [61, 91].

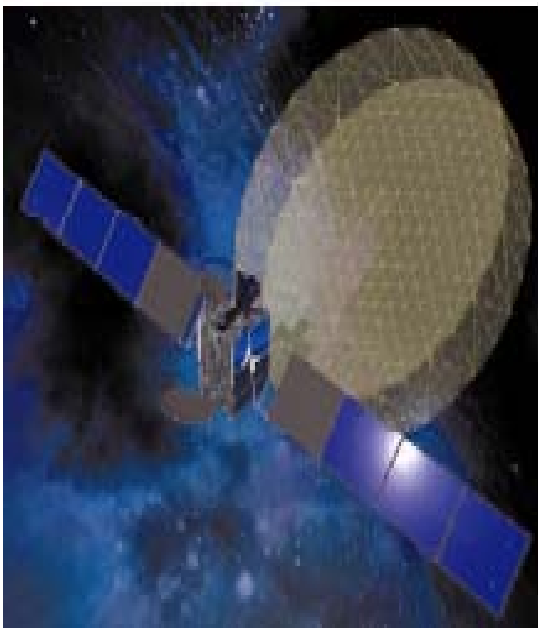
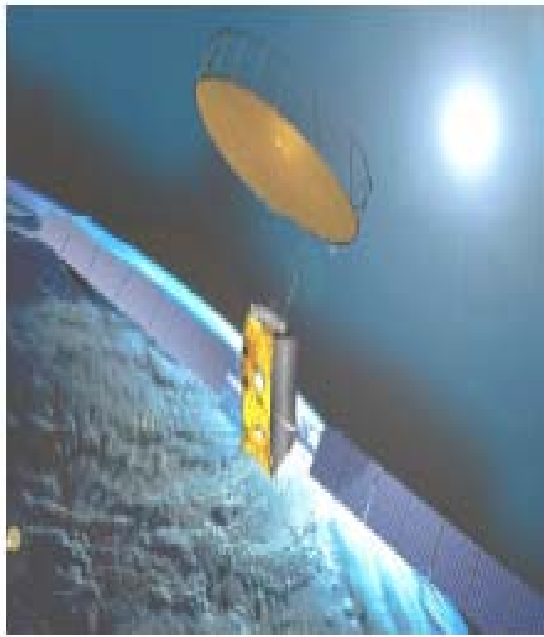
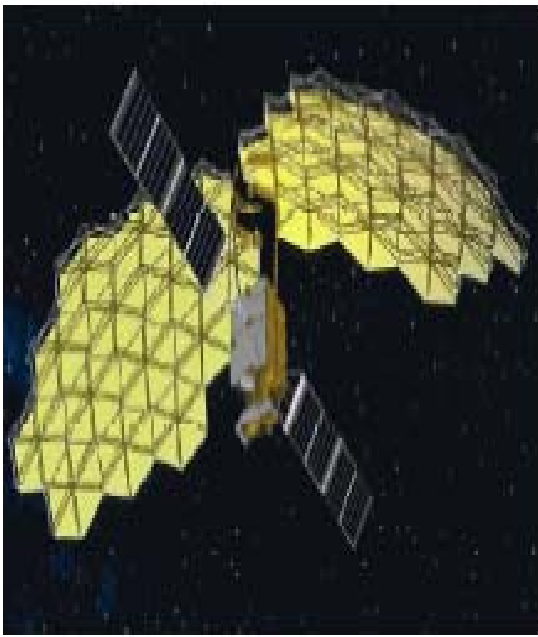
როდესაც 1992 წელს საერთაშორისო სატელეკომუნიკაციო კავშირმა (ITU) თანამგზავრული კავშირის სერვისისათვის (MSS) კერძოდ, პერსონალური საკომუნიკაციო ქსელებისათვის ხმოვანი მომსახურების უზრუნველსაყოფად განათავსა 1610.0-დან 1626.5 მჰც-მდე სიხშირის დამატებითი ხაზი, შემოთავაზებული იყო დიდი რაოდენობა სისტემებისა, როგორც გეოსტაციონარულ (GEO) ასევე არაგეოსტაციონარულ (LEO-MEO-HEO) ორბიტებზე გასაყვანად [100, 101, 102].

ეს სისტემები შექმნილია პორტატიულ მომხამარებელ ტერმინალებთან სამუშაოდ, რომელთაც გააჩნიათ მობილური ტელეფონები ჩვეულებრივ სახმელეთო პერსონალურ საკომუნიკაციო ქსელში (T-PCN) ჩასართავად. დღეისათვის ორი რეგიონალური GEO სისტემა, **AceS** და **Thuraya**, ორ გლობალურ არაგეოსტაციონარულ სისტემასთან **Iridium**-თან და **Globalstar**-თან ერთად მოქმედებენ [67].

გეოსტაციონარული **INMARSAT** სისტემის მეოთხე თაობა არც ისე დიდი ხნის წინ იქნა გაშვებული, რომელზეც უკვე გაიშალა 9 მ-იანი ანტენა, და სულ მალე გახდება მოქმედი. მიუხედავად წარმოდგენილი უპირატესობისა **LEO** და **MEO**

სატელიტური სისტემების მიერ კოსმოსური სივრცის ათვისებაში, მათი განვითარების, განახლებისა და მოქმედების დანახარჯები საკმაოდ მაღალია [118].

GEO სატელიტური სისტემები შედარებით სწრაფი მომსახურებისა და სრული ღირებულების შემცირების საშუალებას იძლევა. საკვანძო ელემენტები გეოსტაციონარული თანამგზავრული კავშირის სერვისში (**MSS**) არის საბორტო სატელიტური ანტენები, რომელთაც შესაბამისი აპერტურის ზომითა და მრავალსხივური დაფარვით მოეთხოვებათ გეოსინქრონული ორბიტის უზარმაზარი თავისუფალი სივრცის ათვისება [120].



ფიგ. 1.1. მიმდინარე და დაგეგმილი MSS (AceS, Thuraya, ETSVIII, Inmarsat 4, MBSAT, Global Radio).

მრავალსიხვიური ანტენების (MBA) დანიშნულებაა უზრუნველყონ ძლიერი დაფარვა, ნაკადის ფორმა და სიხშირეების მრავალჯერადი გამოყენება ამგვარი მისიებისათვის. ფოკუსირებულ მრავალსიხვიურ ანტენებს შეუძლიათ უზრუნველყონ უმაღლესი EIRP (ეფექტური იზოტროპულად-გამოსხივებადი სიმძლავრე) ვიდრე რეგიონალური დაფარვის სხვიურ ანტენებს, მათი ძლიერი სხვიური გაფართოების გამო. ფოკუსირებული მრავალსიხვიური ანტენები აღჭურვილია სიხშირის მრავალჯერადი გამოყენების მოწყობილობებით შიდაქსელური, ან შეთავსებული არხის დაბრკოლების გაუარესების შემცირების მიზნით. ეს სიხშირის მრავალჯერადი გამოყენების სქემები ტიპიურად იყენებენ სამუშაო სიხშირის დიაპაზონის ნაწილს თითოეულ სხივში, კერძოდ ერთ მეოთხედს ან ზოგჯერ ერთ მესამედს. იგივე სპექტრი შესაძლებელია მრავალჯერ იყოს გამოყენებული საერთო მრავალსიხვიური დაფარვის რაიონზე [50,51,52, 53].

ფორმათწარმომქმნელ სტრუქტურიანი დიდი ზომის რეფლექტორზე დაფუძნებული ანტენის არქიტექტურა, შეიძლება ჩაითვალოს დიდი იმედების მომცემად ამგვარი GEO ფრენების განსახორციელებლად [54, 55].

GEO მობილური სატელიტებისათვის წარმოდგენილი იყო რეფლექტორები (და ზოგიერთი მათგანი განხორციელდა) 10-20 მეტრის დიამეტრის ფარგლებში (იხ. ფიგ. 1.1).

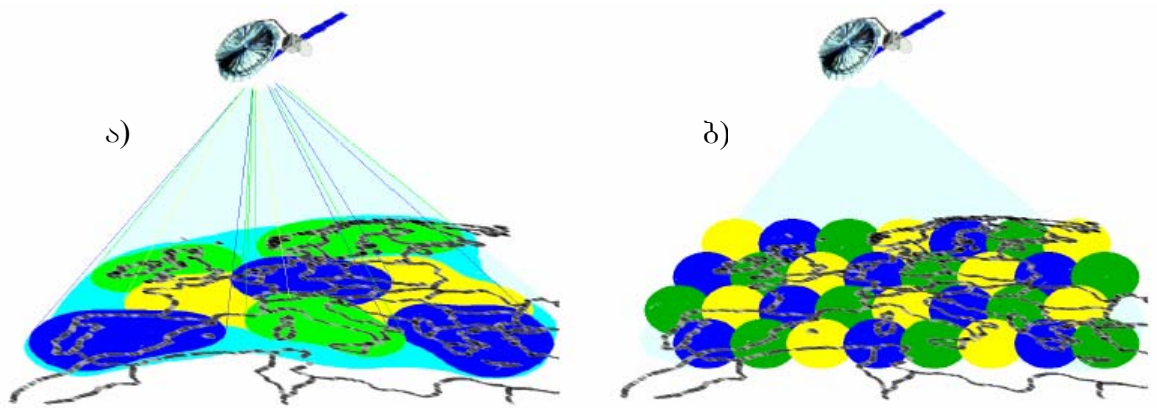
წარმოდგენილი და დაგეგმილი რეფლექტორების მახასიათებლები ნაჩვენებია ცხრილში 1.1.

ცხრილი 1.1.

სისტემა	დიამეტრი	რეფლექტორის რაოდენობა
Garuda (AceS)	12 მ	ორმაგი რეფლექტორი
Thuraya	12.25 მ	ერთი რეფლექტორი
ETS VII	17 მ	ორმაგი რეფლექტორი
Inmarsat 4	9 მ	ერთი რეფლექტორი
MBSat	12 მ	ერთი რეფლექტორი
global radio (HEO)	12 მ	ერთი რეფლექტორი
EAST	15 მ	ერთი რეფლექტორი

Globalstar 2ndG (GEO)	12 მ	ორმაგი რეფლექტორი
---	------	-------------------

რადიო გადამცემ/მრავალარხიან სისტემებში მრავალსხივური ანტენები საშუალებას იძლევიან სერვის განვითარებას დაფუძნებულს ლინგვისტურ ზონებზე სხვადასხვა ზომისა და ფორმის გეოგრაფიული რეგიონებით (იხ. ფიგ. 1.2ა). მეორეს მხრივ, წერტილოვანი (P2P) სერვისის შემთხვევაში გამოიყენება უჯრედოვანი კონცეფციის მსგავსი დაფარვები (იხ. ფიგ. 1.2ბ).



ფიგ. 1.2. რადიოგადაცემა / P2P სცენარები.

ამას გარდა, P2P სისტემები საჭიროებენ თანამედროვე გადამცემ და მიმღებ ოპერაციებს ხელოვნური თანამგზავრის სასარგებლო ტვირთზე.

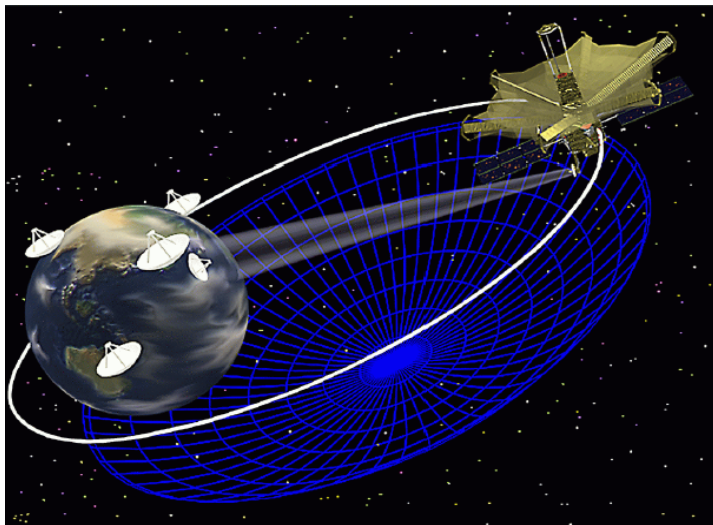
ამოცანების წარმატებით გადასაწყვეტად ეს მოთხოვნები ანტენების კონსტრუქციულ გადაწყვეტებზე დიდ როლს თამაშობენ. სიხშირული დაყოფის დუპლექსურ სისტემებში (FDD), განცალკევებული გადამცემი და მიმღები ანტენების გამოყენება შეიძლება იყოს განხილული როგორც ალტერნატიული ვარიანტი ერთეული Rx/Tx (Rx-მიმღები მოწყობილობა, Tx-გადამცემი) ანტენების კონსტრუქციებისა. ეს გადაწყვეტილება მიღებული იქნა სხვა არსებულ და დაგეგმილ სისტემებში (ცხრილი 1) და წყვეტს რამოდენიმე პრობლემას, როგორცაა:

- ბაქანზე განაწილებული ასიმეტრიული მასა და ინერციის მომენტი;

- ანტენის მკვებავი ელემენტებითა და რეფლექტორით გენერირებული პასიური ინტერმოდულაციის პროდუქცია (**PIM**);
- **Rx** ფილტრები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მაღალ არეკვლას **Tx** სიხშირეებზე და **Tx** ფილტრები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მაღალ არეკვლას **Rx** სიხშირეებზე.

1.2. რადიოასტრონომია

რადიოასტრონომია იყენებს სხვადასხვა ადგილებზე განცალკავებულ ანტენებს ინტერფერომეტრიის ზეგრძელი ბაზისათვის (**VLBI**). კოსმოსში ბაზირებული ანტენები ითვლება ინტერფერომეტრიის საბაზისო სიგრძის გაზრდის ხელოვნურ განვითარებად, რათა უზრუნველყოს შესაძლებლობები, რომელიც სახმელეთო შეზღუდვების გამო, არ შეიძლება მიღებული იყოს მხოლოდ სახმელეთო რადიო-ტელესკოპებით. (ფიგ. 1.3).



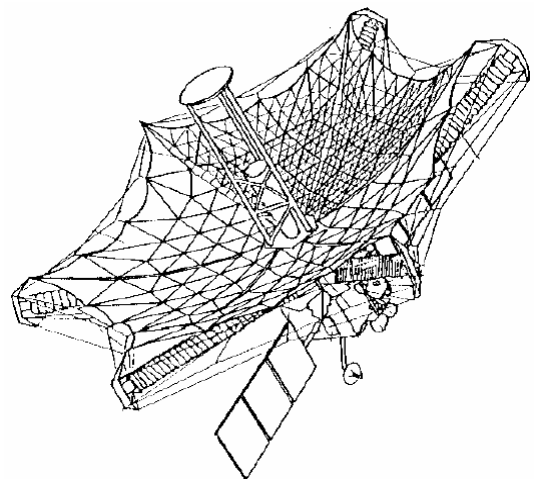
ფიგ. 1.3. **SVLBI** კონცეფცია [70]

პირველი ექსპერიმენტი განხორციელდა 1979 წელს სსრკ-ში, **KRT-10** ანტენის სალიუტ 6 კოსმოსური სადგურის ბორტზე გაშლით [70]. 10 მეტრის კოსმოსური ანტენა ინტეგრირებდა **VLBI** 70 მეტრიან სახმელეთო ანტენასთან, რომელიც განთავსებული იყო კრიმში [46, 64, 65].

1986-1988 წლებში, კოსმოსური ძალიან დიდი საბაზისო ხაზის ინტერფერომეტრიის კონცეფციის მომდევნო დემონსტრაციას, სათვალთვალ და

მონაცემთა გადამცემი სატელიტური სისტემების (**TDRSS**) გამოყენებით, ადგილი ჰქონდა შეერთებულ შტატებში, რომელიც გრძელდებოდა უფრო მასტიმულირებელ და მრავლისმთქმელ **VSOP**, **VSOP2** და **ARISE** პროგრამებად, როგორც ტექნოლოგიური ექსპერიმენტებისა და სამეცნიერო მისიების კომბინაცია [58].

იაპონიის კოსმოსური და ასტრონომიული მეცნიერების ინსტიტუტი (**ISAS**), დღესდღეობით შერწყმულია **NASDA**-სთან და ცნობილი როგორც **JAXA**, მართავს **VSOP**-ს (**VLBI** კოსმოსური მეთვალყურეობის პროგრამა) [71]. მისი სატელიტი, შეცვლილი სახელით **HALCA** (მაღალ განვითარებადი ლაბორატორია კომუნიკაციებისა და ასტრონომიისათვის) გაშვების შემდეგ ატარებს 8 მეტრიან ანტენას. სამომავლოდ **VSOP2** მისია გააგრძელებს **VSOP** ექსპერიმენტს 10 მეტრიანი ანტენით (ფიგ. 1.4).

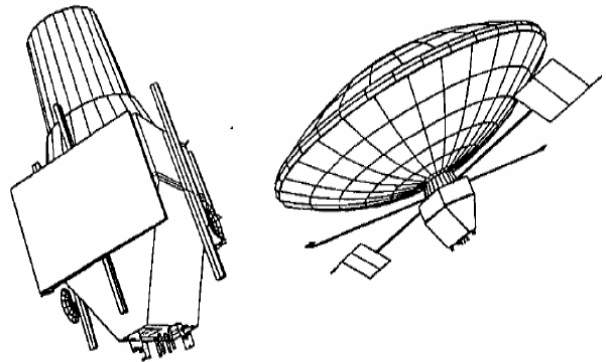


ფიგ. 1.4. **HALCA** თანამგზავრი [73]

NASA/JPL-ის პროექტი “ეფექტური რადიო ინტერფერომეტრია კოსმოსსა და დედამიწას შორის” (**ARISE**) გამიზნული იყო 25 მეტრიანი დიამეტრის გასაბერი ანტენის გამოყენებაზე, რომელიც დაიტვირთებოდა თანამგზავრზე მაღალ ელიფტიკურ დედამიწისეულ ორბიტაზე (**HEO**) [72]. შამწუხაროდ პროექტი დარჩა წინადადების დონეზე (იხ. ფიგ. 1.5) [24].



ფიგ. 1.5. **ARISE** თანამგზავრი



ფიგ. 1.6. **QUASAT** თანამგზავრი [73]

ევროპული კოსმოსური ტექნოლოგიების განვითარებასა და ზრდასთან მიმართებაში, საინტერესოა 80-იანი წლების გაერთიანებული **ESA/NASA** პროგრამების გახსენება სახელწოდებით **QUASAT** (კვაზარ სატელიტი) [73]. ის იყო წარმოდგენილი 15 მეტრიანი ანტენით (ფიგ. 1.6) რაც დაფუძნებული იყო კოსმოსურ ხისტ გასაბერ ტექნოლოგიაზე, რომელიც განვითარებულია ევროპაში კონტრავეს მიერ. 1989 წელს **ESA**-მ წარმოადგინა სხვა **SVLBI** პროექტი, რომელიც იყენებდა 25 მეტრიან ანტენას სახელწოდებით საერთაშორისო **VLBI** თანამგზავრი (**IVS**). სამწუხაროდ ორივე პროგრამა დარჩა ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების დონეზე.

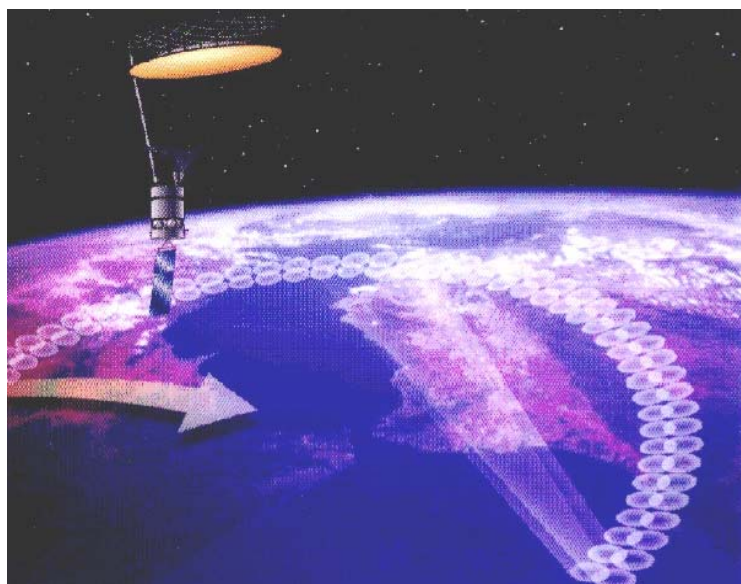
1.3. დისტანციური ზონდირება

ობიექტების დისტანციური აღმოჩენა და კონტროლი ხორციელდება დიდი ანტენების შესაძლებლობებიდან გამომდინარე. ყოველივე ეს ასახვას ჰპოვებს რადიომეტრიაში, სკატერომეტრიაში, ხმელეთზე შეღწევად და მეტეოროლოგიურ რადარებსა და სიმაღლის (ზღვის დონიდან) უმაღლესი სიზუსტით შეფასებაში. თანამგზავრული მონაცემები გამოყენებულია დედამიწის ზედაპირის შესახებ დროული და დეტალური ინფორმაციის უზრუნველსაყოფად, განახლებული და განუახლებული რესურსების მართვისათვის.

დიდი გასაშლელი ანტენები შეიძლება იყოს მოსაზრებული როგორც გასაღები ახალი ტექნოლოგიებისკენ, რომელიც საშუალებას იძლევა კიდევ უფრო გააფართოოს, გაზარდოს და საბოლოოდ დახვეწოს ელექტრომაგნიტური სენსორების ისედაც მაღალი შესაძლებლობები [105, 106, 107].

ერთ-ერთი დისტანციური ზონდირება, რომელშიც დიდი ანტენა იყო გამოყენებული, ხორციელდებოდა კოსმოსში ბაზირებული ზღვის მარილიანობის მზომავი მოწყობილობებით. გაზრდილი ინტერესი მარილიანობის მეთვალყურეობაში გამოწვეულია იმით, რომ ზედაპირის მარილიანობის ცვალებადობა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ოკეანეში მიმდინარე პროცესებსა და კლიმატის დინამიკაში. ფიზიკური არსი მდგომარეობს იმაში, რომ წყლის მარილიანობა პროპორციულ დამოკიდებულებაშია მიკროტალღური სიკაშკაშის ტემპერატურასთან, და პირიქით - უკუპროპორციულში სიხშირესთან.

მაგალითად პროექტში “ოკეანის-მარილიანობისა და ნიადაგრუნტის-ტენიანობის ინტეგრირებული რადიომეტრული გამოსახულების სისტემები” (**OSIRIS**), გამოყენებულია დიდი და მსუბუქი ანტენები ლითონის ბადექსოვილიანი ზედაპირებით. მათი საშუალებით წარმოებს დისტანციური ზონდირება **L** და **S** დიაპაზონებში [74]. **OSIRIS** თანამგზავრმა ნავარაუდებია იტრიალოს ღერძის ყველაზე დაბალ წერტილთან მიმართებაში, რომელიც უზრუნველყოფს ოკეანის ზედაპირის კონუსისებურ სკანირებას 600 კმ-იანი ორბიტალური სიმაღლიდან (ფიგ. 1.7).



ფიგ. 1.7. **OSIRIS** მისია [74].

14. კომუნიკაციები გაუთვალისწინებელი შემთხვევებისათვის

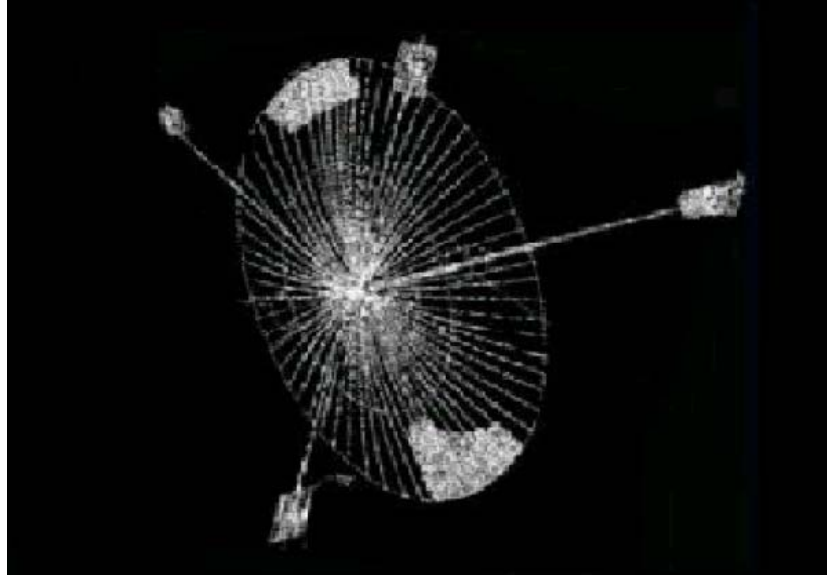
წარსულში **UHF** და **VHF** სიხშირეების გამოყენება შესაძლებელი იყო მხოლოდ სამხედროებისათვის. დღეისათვის ამ დიაპაზონში მოქმედებენ სატელიტური სისტემები, რომელთაც შეუძლიათ შეუცვლელი როლი ითამაშონ ექსტრემალურად გაუთვალისწინებელ ოპერაციებში საჭირო გადაწყვეტილების მიღებაში. გაუთვალისწინებელი შემთხვევები, მშვიდობის შენარჩუნება და ჰუმანიტარული ოპერაციები ყველა ის საქმიანობაა, რომლებიც მოითხოვენ საკმაოდ დიდ რესურსებსა და მოქმედი საკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურის უკმარისობისას ცენტრალიზებულ მართვას [103].

სატელიტური სისტემები შეიძლება რენტაბელურად იქნას გამოყენებული სტაციონარული და მობილური კომუნიკაციების მოთხოვნილების უზრუნველსაყოფად. გაუთვალისწინებელი შემთხვევებისას საჭირო მოთხოვნები ამგვარი სისტემებისადმი არის მოქნილობა და საიმედოობის მაღალი ხარისხი. იძულებითი გარემოებებისას, რომელიც პერსონალს ექმნება მუშაობისას, კომუნიკაციის ფუნქციონირება შეიძლება იყოს გაუარესებული სხვადასხვა ობიექტებით. მაგალითად ურბანული ნაგებობების მრავალსხივიური დაბრკოლებებით სანამ ტერმინალი შეიძლება იყოს შეზღუდული ენერგიით. ამგვარი უარყოფითი ეფექტების აღმოსაფხვრელად მიზანშეწონილია დაბალი სიხშირეების გამოყენება **UHF** დიაპაზონის ქვემოთ. აქვე გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ღარიბ მომხმარებელთა მოქმედებების კომპენსაციისთვის კოსმოსური ხომალდი მოითხოვს მაღალი შესაძლებლობის **RF** ენერგიას და დიდი აპერტურის ანტენებს ზუსტი ზედაპირებით [85].

15. დედამიწაზე დაკვირვება

ევროპაში სათვალთვალო სისტემებმა საზოგადოებრივი ყურადღება მიიქცია ევროპულ პარლამენტში მოხსენების “მოსმენის შესაძლებლობები 2000” გამოქვეყნების შემდეგ [69].

სატელიტური საბაზისო რადიო ტექნიკური დაზვერვის (**SIGINT**) სისტემები უზრუნველყოფენ რადიო საკომუნიკაციო მოსმენას რათა განსაზღვრონ წყაროს ადგილმდებარეობა ან სამიზნისათვის ხელთ არსებული საიდუმლო ინფორმაცია (ფიგ. 1.8).



ფიგ. 1.8. **VORTEX** სატელიტი [69]

ეს სისტემები გამოიყენება დიდი რაოდენობის კომუნიკაციების მოსასმენად. ინფორმაციის იდენტიფიცირებისა და სასურველის არასასურველისაგან გასარჩევად იყენებენ სპეციალური პროგრამებით აღჭურვილ ძლიერ კომპიუტერებს. ამგვარი გამოყენებისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ექსტრემალურად დიდი გასაშლელი ანტენების სარგებლიანობა. **SIGINT** სისტემების ძირითადი მიზანი გამოიხატება იდენტიფიცირებული ინფორმაციული უპირატესობის მიღწევაში. ცალკეულად მოპოვებული ინფორმაციის საეჭვო და არაშესაბამისად გამოყენების რისკის ასაცილებლად აღნიშნული სისტემები შეუცვლელია. კერძოდ სამხედრო უსაფრთხოებისა და მშვიდობის შემნარჩუნებელ ოპერაციებში.

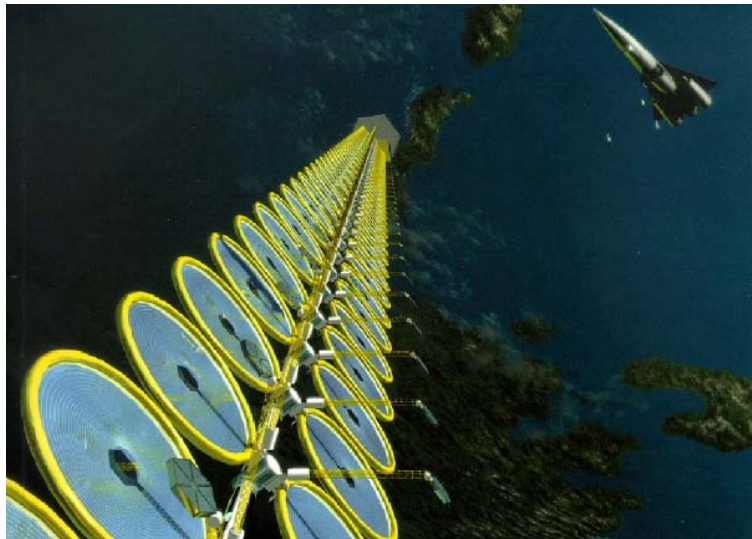
სამოქალაქო გამოყენება აღნიშნულმა სისტემებმა შეიძლება ჰპოვონ მარეგულირებელი მიზნებისათვის - განჭვრეტელი მონიტორინგის ფორმით. პირველი **SIGINT** სატელიტური სისტემა გაშლილი იყო ამერიკის შეერთებული შტატების მიერ, რისთვისაც იყენებდა გეოსტაციონარულ და ელიფტიკურ ორბიტებს. 1998 წელს აშშ-ს სამხედრო-საზღვაო სამეცნიერო კვლევების ლაბორატორიამ განაცხადა, რომ პირველი აშშ **SIGINT/RADINT** (რადარული-დაზვერვა) სატელიტი გაშვებული 1960 წლის 22 ივნისს სახელწოდებით **GRAB**,

იქნა განსაიდუმლოებული. მას გააჩნდა რადარები, რათა განესაზღვრა საბჭოთა რადარების მდებარეობა და მახასიათებლები.

1.6. ენერჯის მოპოვება და გადაცემა

ენერჯის გადამცემი პროგრამები განჭვრეტენ დიდი ანტენების ზედაპირების გამოყენების ეფოტიკურ შესაძლებლობებს, რათა თავი მოუყარონ მზის თბურ გამოსხივებას და გარდაქმნან იგი ელექტრულ ენერჯიად დიდი სიმლიერის სატელიტების მოსამარაგებლად და აქვე გამოიყენონ დიდი რეფლექტორები შეგროვილი ენერჯის მიკროტალღებით - ხაზგაყვანილობის გარეშე გადასაცემად (WPT) [60].

ელექტრული ენერჯის გენერაცია შესაძლოა მოხდეს ტუტე-მეტალის თერმულ-ელექტრული გარდაქმნელებით (AMTEC), სადაც დიდი რეფლექტორები გამოყენებული იქნებიან, როგორც ინფრაწითელი სხივების კონცენტრატორები (იხ. ფიგ. 1.9).



ფიგ. 1.9. კოსმოსური ენერჯეტიკული დანადგარი

დედამიწაზე მიკროტალღური ენერჯის გადაცემამ წამოჭრა უსაფრთხოებაზე შესაძლებელი ზემოქმედების მრავალი ეჭვი. ამიტომ, კონცეფციის უსაფრთხო გამოყენება უნდა მოხდეს თავად კოსმოსში ბაზირებულ სისტემებში.

აღნიშნულმა სისტემებმა ჯერ უნდა შეაგროვონ მზის ენერჯია, მოახდინონ მისი კონვერტაცია ელექტრო ენერჯიად, რომელიც გამოსაყენებლად ვარგისია და შემდეგ გადასცენ იგი მიკროტალღებით სხვა გამომყენებელ კოსმოსურ ხომალდებს.

კონცეფცია ცნობილია სახელწოდებით “მზის ენერჯია კოსმოსში” (SSP), და შეიძლება მოსაზრებული იყოს როგორც “ზენზოგასამართი სადგური ცაში” [110].

უახლოეს მომავალში, დიდი ანტენების გამოყენების სფერო დიდი სიმძლავრის მზის ენერგეტიკული დანადგარებია. აღნიშნულ შემთხვევაში ანტენები მოქმედებენ როგორც კონცენტრატორები და მზის რადიაციას გარდაქმნიან სითბურ ენერჯიად [122].

1.7. დიდგაბარიტიანი რეფლექტორების რადიოტექნიკური კომპლექსები

და მათი გამოყენება კოსმოსურ სამხედრო-საინჟინრო ტექნიკაში

კოსმოსური სამხედრო-საინჟინრო ტექნიკა მრავალი ტენდენციებით გამოირჩევა, რომელთა შორის დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორები განსაკუთრებული სტრატეგიული დანიშნულებით ხასიათდებიან. სამხედრო პროგრამების უმეტესობა, როგორც ვარაუდობენ, შესრულებული იქნება სწორედ ამგვარი ამრეკლებით სამეთვალყურეო, წყალზე და წყალქვეშა ობიექტებისა და ბალისტიკური რაკეტების აღმოჩენის, მათი კოორდინატების დადგენისა და შემდგომი განადგურების მიზნით. ფართო დიაპაზონის სამხედრო ამოცანების შესრულება ასევე დაკავშირებულია გაუმჯობესებული სპეციფიკაციებისა და სწრაფი მოქმედების სპეციალურ ორბიტალურ სატელეკომუნიკაციო სისტემებთან, რომელთა მეშვეობით დასახული მიზნის მიღწევა უმოკლეს დროში ხდება შესაძლებელი [95].

იმდენად რამდენადაც, უმეტესობა ოპერატიული და ტექნიკური დანიშნულების სამხედრო ამოცანებისა შესაძლებელია წარმატებით იქნას განხორციელებული სწორედ კოსმოსური ტექნიკის გამოყენებით, ბევრმა ქვეყანამ მზარდი ინტერესი გამოთქვა თავდაცვისუნარიანობის გასაზრდელად ამგვარი სისტემების გამოყენებისათვის. ყოველივე ეს შესაძლებელია წარმოდგენილ იქნას შესაბამისი მასალების სახით, რომელთა დაპროექტების და შექმნის პერიოდი ბოლო 30 წელიწადს მოიცავს [47, 48, 49].

სამოცლაათიანი წლებისათვის ჩვენთვის უკვე ცნობილი გახდა, რომ სასურველი შედეგების მისაღწევად და ბემოთხსენებული ამოცანების წარმატებით გადასაწყვეტად, საჭირო იყო გამოგვეყენებინა ანტენები, რომელთა დიამეტრი შეადგენდა 10, 20, 30 მეტრს. აღნიშნულ რეფლექტორებს უნდა ჰქონოდათ ძალიან ბუსტი ამრეკლი მედაპირი და ემუშავათ სანტიმეტრული სიგრძის ტალღების დიაპაზონში.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში საქართველოს კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტი დაფუძნებულ იქნა სწორედ ამგვარი მიზნების შესასრულებლად - მაშინდელ სამხედრო-სტრატეგიულ, კერძოდ მობილურ მიწისზედა რადიოტექნიკურ კომპლექსებს შორის ლოგიკური

კავშირის დასამყარებლად. ოთხმოცდაათიან წლებში კოსმოსური ტექნოლოგიების პრობლემებზე საქართველოს კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტი ერთობლივ სამუშაოებს აწარმოებდა შემდეგ კომპანიებთან: Dymler Benz Aero Spase, Dornier Satteliten systeme, Alenia Aerospazio, Energia, Energia-GPI-Space, Georgian Polytechnical Intellect.

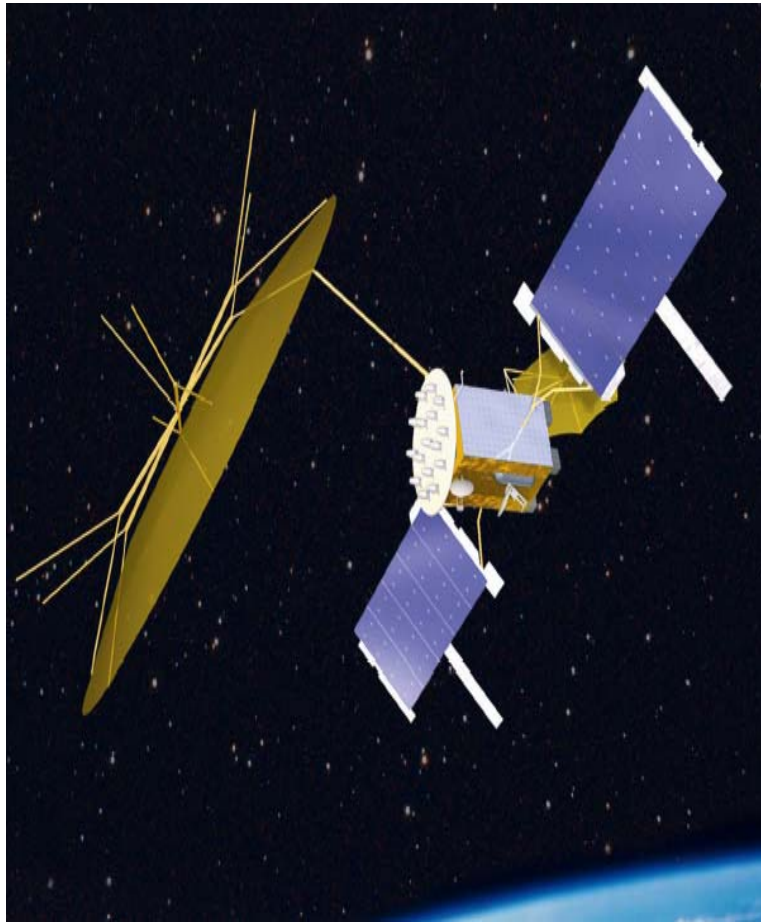
სამუშაოების მიზანი, რომელიც ერთობლივი ძალისხმევით წარმოებდა მდგომარეობდა იმაში, რომ სატელეკომუნიკაციო თანამგზავრებისათვის შეგვექმნა ახალი თაობის დიდგაბარიტიანი გასაშლელი ოფსეტური რეფლექტორები კოსმოსურ სივრცეში მათი შემდგომი გაშვებითა და გესტირებით.

ქართველი მეცნიერების ოცწლიანმა თეორიულმა და ექსპერიმენტალურმა გამოკვლევებმა [75] აჩვენეს არსებული წინააღმდეგობა სამხედრო კოსმოსურ რადიოტექნიკურ თანამგზავრულ კომპლექსებზე არსებულ კონსტრუქციებსა და თანამედროვე და პერსპექტიულ სატელეკომუნიკაციო თანამგზავრების პრინციპულ სქემებს შორის, რომლებიც ძირითადად აღიჭურვება 15 მეტრამდე დიამეტრის მქონე რეფლექტორებით. არსებული ურთიერთწინააღმდეგობა გვაიძულებს შევკვეცოთ მიდგომა როგორც სატელეკომუნიკაციო კოსმოსური თანამგზავრებისადმი, ასევე ანგენების რეფლექტორებისადმი, რომელთა კონსტრუქციამ უნდა დააკმაყოფილოს არამარტო რადიოტექნიკური და მექანიკური მოთხოვნები, არამედ სრულად შეესაგვესებოდეს მთლიანი რადიოტექნიკური კომპლექსის ერთიან კონსტრუქციულ იდეოლოგიას.

ამჟამად არსებულ ჩვეულებრივ სატელეკომუნიკაციო თანამგზავრებზე დასამონტაჟებელი 15მ-მდე დიამეტრის მქონე რეფლექტორები არ არიან მზად არსებული მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად.

რაც შეეხება ტალღის სიგრძესა და სიხშირეებს თავდაცვითი და სამხედრო კომუნიკაციები ხშირად დამოკიდებულია **VHF** (ძალიან მაღალი სიხშირე: 30÷300 **MHz**) და **UHF** (ულტრა მაღალი სიხშირე: 300÷3000 **MHz**) სიხშირის დიაპაზონებზე.

ეს დიაპაზონები მოთხოვნილია სატელიტური სეგმენტიდან. დიდი გასაშლელი რეფლექტორით შესაძლებელია უზრუნველყოფილ იქნას საინფორმაციო/ხმოვანი სერვისი მობილური ხელის ტერმინალებთან. მოთხოვნილი **UHF** კავშირის განხორციელება ნიშნავს იქონიო დიდი გასაშლელი რეფლექტორი 10 მეტრზე დიდი დიამეტრით.



ფიგ. 1.10. MUOS პროექტი GEO სატელიტზე.

ბოლო წლების ტენდენცია გვაჩვენებს, რომ მიღწეულია გაუმჯობესება ტექნოლოგიაში, კერძოდ - მობილური აღჭურვილობის მომხმარებელზე და სატელიტურ ანტენაზე უკვე შესაძლებელია უკეთ იქნას გამოყენებული **UHF** დიაპაზონი. უფრო ეფექტური ქსელური კონტროლი, მრავალჯერადი შეღწევადობა და ფართო სპექტრის ტექნიკა საშუალებას იძლევა **UHF** დიაპაზონის ოპტიმალური გამოყენებისათვის. ამ მხრივ საინტერესოა აღინიშნოს შეერთებული შტატების საზღვაო ნავიგაციის განვითარების პროექტი სახელწოდებით “Mobile User Objective System” (**MUOS**) [3]. 12მ-იანი რეფლექტორი თანამგზავრთან მიმაგრებულია სამფრაგმენტიანი მილისებრი ელემენტებით (იხ. ფიგ. 1.10).

არსებულ თანამგზავრებთან 10-15მ რეფლექტორების მიერთება იწვევს სისტემის მახასიათებლების არაეფექტურობას, კერძოდ მისი დამაგრებისას გრძელი ბერკეტის გამოყენების გამო გაერთიანებული კომპლექსის ”რეფლექტორი+ანტენა” სიხშირე მცირდება. ყოველივე ეს აუარესებს არა მხოლოდ კომპლექსის რადიოტექნიკურ პარამეტრებს, არამედ ქმნის სირთულეებს ანტენის მიმართულების სტაბილიზაციისა და მისი საბოლოო დაფიქსირებისათვის.

აღნიშნული პრობლემების გადაწყვეტისას იბრლება კომპლექსის საერთო მასა, რაც თავისმხრივ მოქმედებს დაკეცილი პაკეტის საგრანსპორტო და მისი თანამგზავრთან ფუნქციონალური შეთანწყობის ზომებზე.

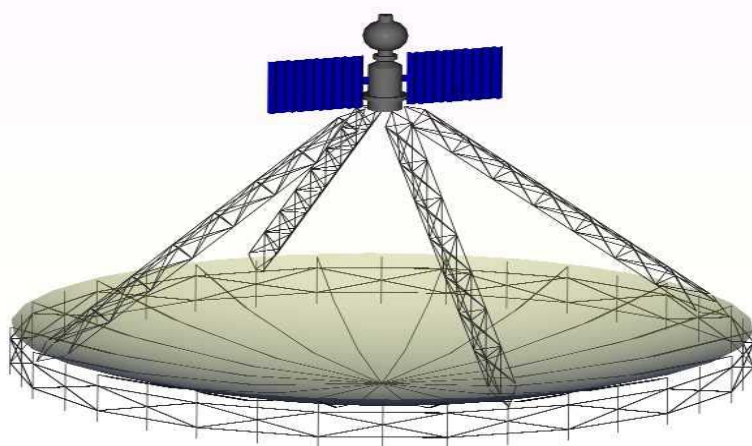
სამხედრო მიზნებისათვის განკუთვნილი კოსმოსური რადიოტექნიკური კომპლექსები, რომლებიც მოიცავენ არა 15 არამედ 20-30 და მეტი დიამეტრის მქონე რეფლექტორებს და რომლებშიც მოთხოვნები ზედაპირის სიზუსტის მიმართ გაზრდილია, აშკარაა, რომ საჭიროა მოიძებნოს პრობლემის გადაწყვეტის ახალი პრინციპები, რაც გულისხმობს კომპლექსთან რეფლექტორის მიერთების სხვადასხვა სქემებს. გამომდინარე აქედან ერთიანი კომპლექსის კონცეფციის ფორმულირება იძენს დიდ მნიშვნელობას ამრეკლის სტრუქტურული პროექტის ფუნდამენტური დაპროექტების პროცესში.

ამ მხრივ რგოლური სისტემები ფაქტიურად უნივერსალურია, რამდენადაც ისინი იძლევიან საშუალებას შეიქმნას კოსმოსური კომპლექსები ქვემოთ წარმოდგენილი სქემების მიხედვით:

- მიმაგრება კოსმოსურ თანამგზავრთან ამრეკლი ზედაპირის შიდა მხრიდან (ფიგ. 1.11).
აღნიშნულ შემთხვევაში ამრეკლი ზედაპირის დაჩრდილვის შესამცირებლად მზის ბაგარეები მაგრდება რგოლის სიბრტყის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში.

ამგვარი სისტემის ეფექტურობა დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა თანამგზავრისა და რეფლექტორის გრაფიკაციის ცენტრების განაწილება და დამასხივებლის საყრდენის სიხისტე. გარდა ამისა რეფლექტორის გაშლა წარმოებს თანამგზავრიდან გარკვეულ მანძილზე, რაც გამოორიცხავს გრანსფორმაციის პროცესში მისი მასის ზემოქმედებას.

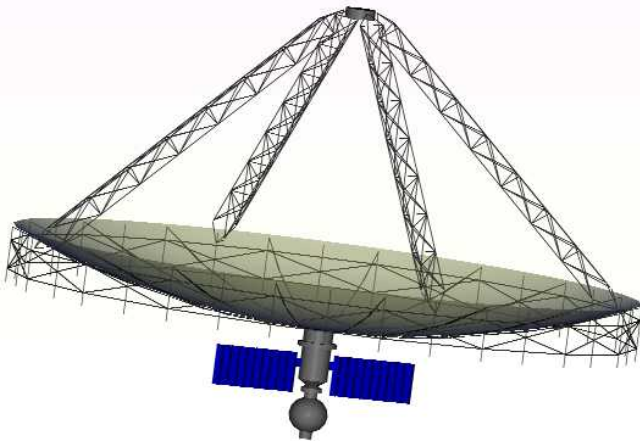
ამგვარი სქემა ნაწილობრივ (თუმცა არა რგოლური სისტემისათვის) გამოცდილ იქნა ამერიკულ თანამგზავრზე ATS-6-ზე.



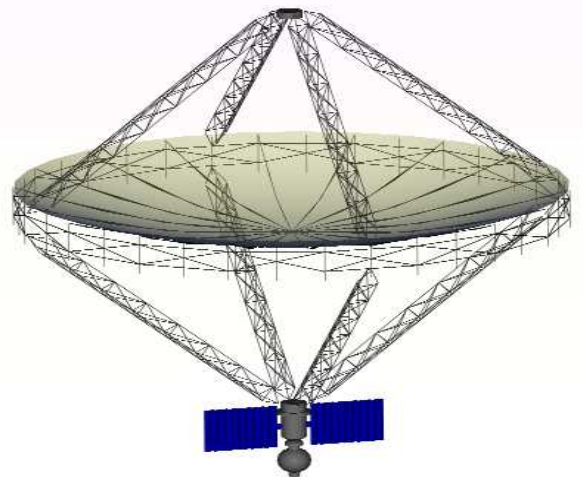
ფიგ. 1.11. მიმაგრება კოსმოსურ თანამგზავრთან ამრეკლი ზედაპირის შიდა მხრიდან.

რგოლური სტრუქტურებისათვის ამგვარი სისტემები ხასიათდება ელემენტებში ძალების ოპტიმალური განაწილებით. ეს ხდება იმის გამო, რომ ანტენის და კოსმოსური თანამგზავრის სიმეტრიის ღერძები თანხვენილია, რის გამოც სტრუქტურის ელემენტებში მგრები მომენტის ზემოქმედება მინიმიზირებულია.

- მიმაგრება კოსმოსურ თანამგზავრთან ამრეკლი ზელაპირის გარე მხრიდან (ფიგ. 1.12ა, 1.12ბ).



ფიგ. 1.12ა. მიმაგრება კოსმოსურ თანამგზავრთან ამრეკლი ზელაპირის გარე მხრიდან (პირდაპირი მიმაგრება).



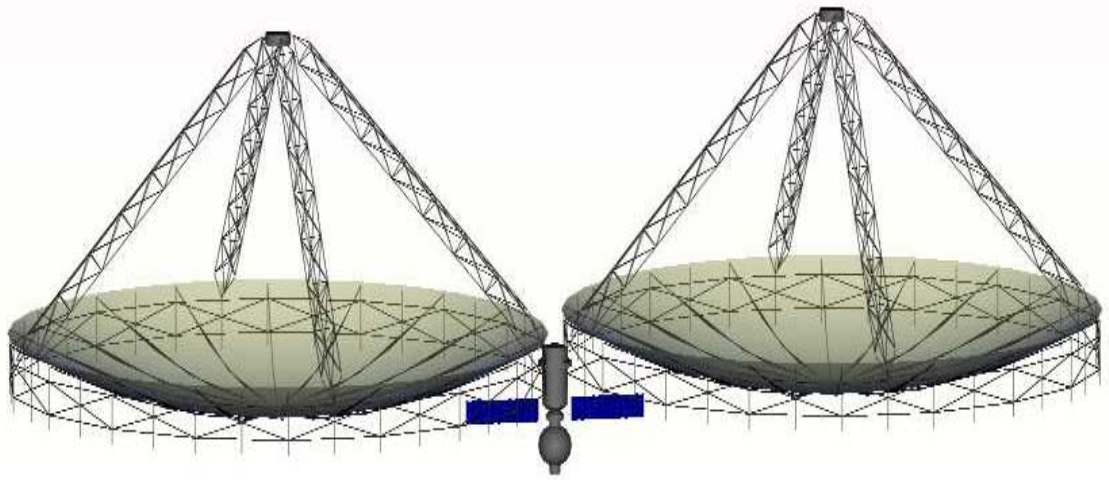
ფიგ.1.12ბ. მიმაგრება კოსმოსურ თანამგზავრთან ამრეკლი ზელაპირის გარე მხრიდან (საყრდენებით მიმაგრება).

შემოთავაზებული სქემა თავისი ტიპური თავისებურებებით, ასახავს ზემოხსენებული ვარიანტის უპირატესობებს, მაგრამ აღნიშნულ შემთხვევაში გარდა პირდაპირი მიმაგრების შესაძლებელია განხილულ იქნას ანტენისა და თანამგზავრის მიმაგრება ღამაგებითი საყრდენებით.

პირდაპირი კავშირი თანამგზავრსა და რეფლექტორის უკანა მხარეს შორის რეფლექტორის კონსტრუქციული მოწყობის თავისებურებებით გამოიწვევა. რაც შეეხება მზის ბაგარეებს, როცა ისინი მოთავსებულია რეფლექტორის გარე მხარეს, დედამიწისაკენ ან მზის სისტემის სხვა პლანეტებისაკენ ორიენტირებისას, ენერგეტიკული მომარაგების თვალსაზრისით მათი განლაგება ოპტიმალურია.

მიმაგრების მეორე სქემა გამოყენებულ იქნა რადიოტელესკოპისათვის KPT-10 “Салиот-6” ორბიტალურ თანამგზავრზე.

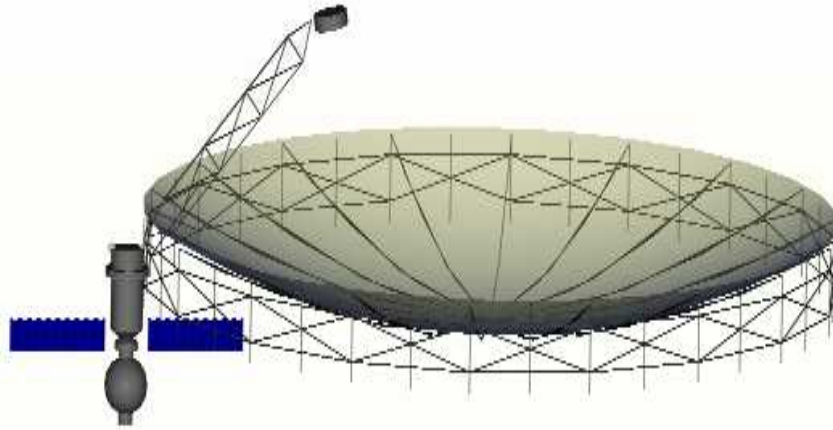
- თანამგზავრთან მიმაგრება ძალოვანი სიხისგის რგოლით (ფიგ. 1.13).



ფიგ.1.13. თანამგზავრთან მიმაგრება ძალოვანი სიხისგის რგოლით.

რგოლურ სისტემებში რგოლის მაღალი სიხისგე თანამგზავრზე მისი მიმაგრების საშუალებას იძლევა. ამგვარ გადაწყვეტას თავისი უპირატესობა აქვს, კერძოდ მას არ გააჩნია საყრდენები. გარდა ამისა რეფლექტორის ცენტრი თავისუფალია და სისტემა ხისტია. ასევე, ელექტრომექანიკური სიხისგის რგოლთან საბორტო მოწყობილობებისა და ენერგეტიკული წყაროების სიახლოვე აადვილებს მათი დამონტაჟების პრობლემას. თუმცა, მიუხედავად აღნიშნული უპირატესობებისა წარმოდგენილ სქემას აქვს რიგი უარყოფითი მხარეები.

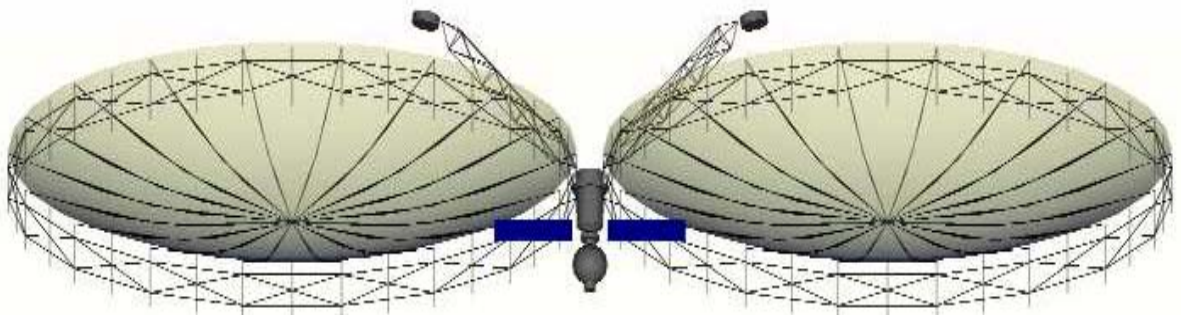
აღნიშნულ შემთხვევაში, სიხისგის რგოლის წერტილოვანი მიმაგრების გამო, მკვეთრად იცვლება რეფლექტორის გაშლის კინემატიკური და დინამიური პროცესები, რაც შესაბამის კონსტრუქციულ ჩარევას მოითხოვს. აქვე კომპლექსის არასიმეტრიულობა თანამგზავრის სტაბილიზაციისა და კონტროლის სისტემების მოდიფიკაციას მოითხოვს. თუმცა აღნიშნული სქემა უფრო მისაღები ხდება არასიმეტრიული რეფლექტორების შემთხვევაში (ფიგ. 1.14).



ფიგ.1.14. არასიმეტრიული რეფლექტორის თანამგზავრთან მიმაგრება ძალოვანი რგოლით.

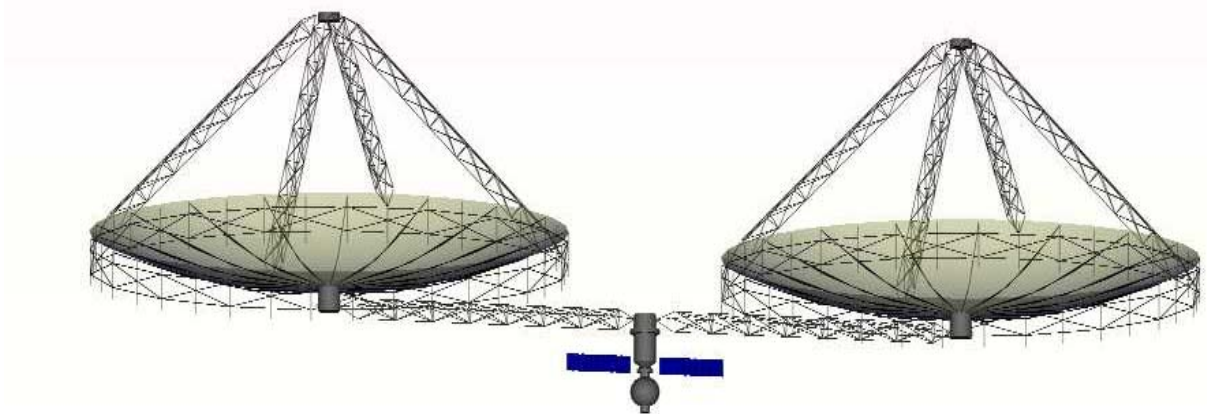
წარმოდგენილ სქემაში ფოკალური კონცენტრირი არ საჭიროებს რამოდენიმე საყრდენ კონსოლს და ის პირდაპირ მიერთებულია თანამგზავრზე ერთი საყრდენი ფეხით. აღნიშნულ შემთხვევაში ამრეკლი ბელაპირის გამოყენებითუნარიანობა დაჩრდილვის თავიდან აცილების გამო მკვეთრად იზრდება.

მოცემული სქემა უფრო ეფექტური ხდება წყვილი რადიოტელესკოპის გამოყენების შემთხვევაში. აღნიშნული სქემით, მხოლოდ არაპარაბოლოიდური ანგენისათვის, განხორციელებულ იქნა პროგრამა “Кран”-ი ორბიტალურ თანამგზავრზე “Progress-40” (ფიგ.1.15).



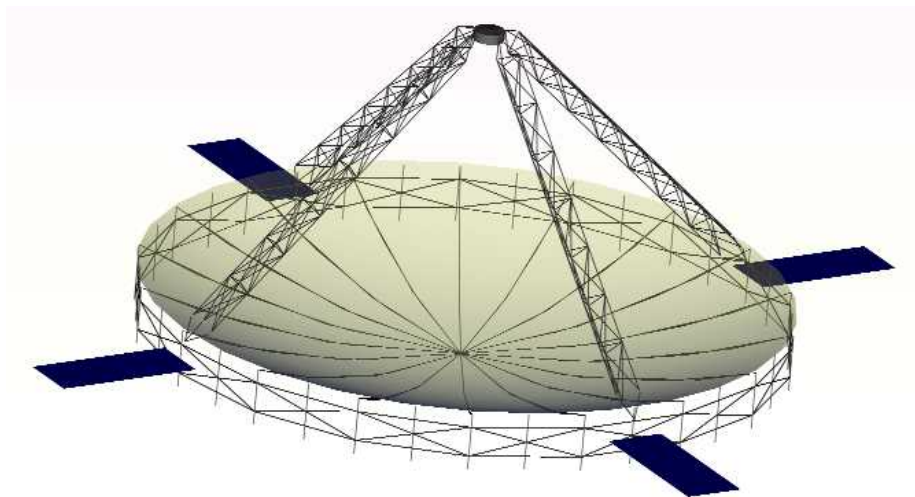
ფიგ. 1.15. არასიმეტრიული წყვილი რეფლექტორის თანამგზავრთან მიმაგრება ძალოვანი რგოლებით.

სხვადასხვა კოსმოსური პროგრამების უნივერსალური გადაწყვეტის თვალსაზრისით კომპლექსებს (ფიგ. 1.16), რომლებიც შედგება კოსმოსური ხომალდისა და ანტენების დასამაგრებელი უნივერსალური პლატფორმებისაგან დიდი პერსპექტივები გააჩნიათ.



ფიგ. 1.16. წყვილი რეფლექტორის თანამგზავრთან მიმაგრება პლატფორმის საშუალებით

ყველა ზემოთ წარმოდგენილი სქემები ანალოგიურია და საერთო რაც მათ გააჩნიათ არის ავტონომიური სტანდარტული თანამგზავრი. თუმცა, ძლიერი ხისტი რგოლის არსებობა საშუალებას იძლევა გამარტივებულ იქნას ავტონომიური კომპლექსის კონსტრუქცია, ანუ შესაძლებელია შეიქმნას ერთიანი კომპლექსი ანტენა+თანამგზავრული სისტემა (ფიგ. 1.17), სადაც პრაქტიკულად არ არსებობს მკაფიო სტრუქტურული დაყოფა.



ფიგ. 1.17. გამარტივებული ავტონომიური კომპლექსის კონსტრუქცია.

თანამგზავრული კავშირის ამგვარ სისტემაში სიხისგის რგოლი დატვირთულია ძრავებით, ენერგომომარაგების მასივებით და კოსმოსურ კომპლექსში შემავალი სხვადასხვა სისტემებით. წარმოდგენილ სქემას გააჩნია რამოდენიმე ნაკლი, რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს სხვადასხვა კონსტრუქციულ სიძნელეებამდე. ყველაფერი ეს შეიძლება განხილულ იქნას როგორც დიდი კოსმოსური ფუნქციონალური სტრუქტურების პერსპექტიული მშენებლობა.

ყველა ზემოთხსენებული სისტემები შეიძლება შეიქმნას როგორც ავტონომიურ რეჟიმში, ასევე კოსმონავგების დახმარებით ან ორივე რეჟიმის კომბინირებით.

იმისათვის, რომ შეიქმნას კოსმოსური რადიოტელესკოპის ოპტიმალური ვარიანტი, კომპლექსური სისტემების და გენერალური სქემების ერთიან კონცეპტუალურ ანალიზთან ერთად საჭიროა ანტენის ფორმათწარმომქმნელი სტრუქტურისა და ძალოვანი ნაწილის ინდივიდუალური ანალიზი [76].

როგორც გამოკვლევებმა აჩვენეს, თანამედროვე კოსმოსური სამხედრო-საინჟინრო ტექნიკის არსებულ დონეზე, წარმოდგენილი კოსმოსური კომპლექსების სქემები ავტონომიური თანამგზავრით ყველაზე ოპტიმალურია 15-30მ დიამეტრის მქონე ანტენებისათვის (ფიგ. 1.18). ამგვარი სისტემების ფორმირებისათვის კი ჩვენ ვსაჭიროებთ დიდგაბარიტიან გასაშლელ რეფლექტორებს, რომელთა ძალოვანი რგოლები გათვლილი იქნება მასზე საჭირო მოწყობილობების დასამონტაჟებლად.



ფიგ. 1.18. კოსმოსური კომპლექსები

სწორედ ამგვარი მოთხოვნების გათვალისწინებით დამუშავებულ და შემოთავაზებულ იქნა ახალი კლასი მზიდ-კარკასიანი რეფლექტორებისა [77]. მათი კონსტრუირებისას გათვალისწინებული იყო შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები:

- საგრანსპორტო პაკეტის მინიმალური გაბარიტული ზომები, კომპაქტურობა და მცირე წონა;
- მექანიკური ელემენტებისა და მექანიზმების მინიმალური რაოდენობა, რადგან გაზრდილ იქნას სტრუქტურის გეომეტრიული სიზუსტე და სიხისტე სტრუქტურული მასალების ფიზიკო-მექანიკური რეზერვების მაქსიმალური გამოყენების გზით;
- სქემის დამუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს გაშლის პროცესში ფორმის მიღების კინემატიკასა და სტრუქტურის დინამიკას;
- მაღალი საიმედოობა გამხსნელი და ფორმის ფიქსაციის მექანიზმების რაოდენობისა და ნაირსახეობის გაზრდისას;
- მექანიზმების, კომპონენტებისა და სტრუქტურული ელემენტების არსებობა, რომელთაც გააჩნიათ თვისებები გეომეტრიული ადგილმდებარეობის თვითშერჩევისა, დინამიური დარტყმების, რხევების დემპფირებისა და ძაბვების გადანაწილებისა;
- სისტემაში ძალოვანი ზონის არსებობა, რაც რეფლექტორის სტრუქტურის თანამგზავრზე მიმაგრების საშუალებას იძლევა მასების სიმეტრიული გადანაწილებით;
- სტრუქტურული მასალები, რომლებიც აკმაყოფილებენ ტექნოლოგიური დამუშავების მოთხოვნებს, ხანგრძლივ საექსპლუატაციო მედეგობას, ელექტრომაგნიტურ მოთხოვნებს და სხვა;
- სისტემის თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევის შესაძლებლობა;
- სპეციალურ პირობებში სისტემის ტექნიკური მომსახურების შესრულების შესაძლებლობა;

ლოგიკური მოდელი შექმნილია რეფლექტორის სტრუქტურის ძირითადი პრინციპების, განსაკუთრებულობებისა და სიზუსტის პარამეტრების გათვალისწინებით.

მთელი ცენტრალური ნაწილი, რომელზეც ამრეკლი ბაღე მაგრდება თავისუფალია ყოველნაირი გიპის მექანიზმებისაგან, ღეროებისა და სახსრების ჩათვლით, ხოლო მისი გეომეტრია დამუშავებულია იმდაგვარად, რომ ფორმის მიღების პროცესი წარმოებს სტრუქტურული მასალების თვისებების ხარჯზე.

ფორმის მიღების ამდაგვარი გადაწყვეტა მნიშვნელოვნად ამცირებს საწყის გეომეტრიულ შეცდომებს, რომელსაც ჩვეულებრივ ადგილი აქვს წარმოების პროცესში დაშვებებისა და ტექნოლოგიური გადახრების არსებობის გამო. ყოველივე ეს თავის მხრივ ამცირებს დაგვირთვის ქვეშ მყოფ სტრუქტურაში ელემენტებისა და ძაბვების არაწრფივ დამყოლობას. უფრო მეტიც, სტრუქტურული მასალები სრულად არიან ჩართულნი სისტემის მუშაობის ადრეულ სტადიაში.

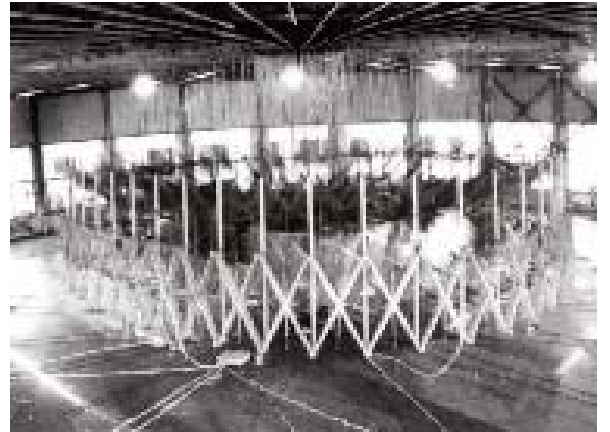
- ცენტრალური ნაწილის კონსტრუქცია უნდა უზრუნველყოფდეს სისტემის მაღალ სიხისტეს, აადვილებდეს მის მიმაგრებას დამჭერ მოწყობილობასთან და მისი გეომეტრიული პარამეტრების კორექტირებას;
- ცენტრალური ნაწილი დამატებით უნდა უზრუნველყოფდეს პაკეტის მაქსიმალურ სიმარტივესა და კომპაქტურობას და თავიდან გვაცილებდეს ყოველგვარ არასასურველ მოვლენებს გაშლის პროცესში;
- ყველა გიპი მექანიზმებისა – ძალოვანი სახსრული ღეროები, დემპფერული მოწყობილობები და ძრავები რომლებითაც წარმოებს საერთო გეომეტრიული ორიენტირება არ უნდა მიეკუთვნებოდნენ ცენტრალურ ნაწილს და გრანსფორმაციისას უნდა გადაადგილდებოდნენ პერიფერიული ზონისაკენ;
- პერიფერიულ ზონაში უნდა განთავსდნენ ენერგო წყაროები მზის ბატარეების სახით;
- სისტემის საერთო სიხისტის გასამრღელად ცენტრალური ნაწილი უნდა უზრუნველყოფდეს საკმაოდ დაძაბულობას ძალოვანი რგოლის სრული გახსნის დროს;
- პერიფერიული ზონა გრანსფორმაციის მაღალი კოეფიციენტითა და თავისუფლების ხარისხის მინიმალური რაოდენობით უნდა ხასიათდებოდეს, რაც უნდა უზრუნველყოფდეს საჭირო გაშლის სიჩქარისა და საბოლოო ფორმის მიღების შესაძლებლობას;

- დინამიური ღარტყმითი მოვლენები მინიმუმირებული უნდა იყოს, სტრუქტურული ელემენტების საკონტაქტო ზონაში არსებული სპეციალური მექანიზმებით ისე, რომ ეს სტრუქტურა არ კარგავდეს ორიენტაციას კოსმოსურ სივრცეში;
- სტრუქტურას უნდა გააჩნდეს დატვირთვის მზილუნარიანი ზონები – რეფლექტორის ცენტრში, რეფლექტორის პერიფერიულ ზონაში და ფოკუსში, სადაც ხდება დამჭერი ფეხების მიმაგრება. აღნიშნული ზონები გამოიყენება ერთიანი სისტემის დასაფიქსირებელი ელემენტებისა და მოწყობილობების დასამონტაჟებლად.
- რადიოტექნიკური მოთხოვნების გათვალისწინებით, ამრეკლი ბელაპირის დისკრეტიზაციის ხარისხი, სიზუსტე და სიხისტე უნდა იზრდებოდეს პერიფერიიდან ცენტრისაკენ;
- იმდენად რამდენადაც სტრუქტურა ტრანსფორმირებადია და უნდა მოიცავდეს გლუვ ზონას ამრეკლი ბელაპირის სახით, მისი ფორმირებისათვის საჭიროა ქსოვილი, რომელსაც გააჩნია უნარი სიბრტყეზე ორი და მეტი მიმართულებით გაჭიმვისა;
- სტრუქტურა უნდა უზრუნველყოფდეს საიმედო ტრანსფორმაციას, ფიქსაციას და ფორმის განმეორებადობას რეფლექტორის გეომეტრიის მაღალი სიზუსტის შენარჩუნებით;
- სტრუქტურა მთელი კოსმოსური კომპლექსის ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი ნაწილია, ამიტომ მას უნდა გააჩნდეს უნარი წინ აღუდგეს ყველა სახის შინაგან და გარეგან ბემოქმედებას.

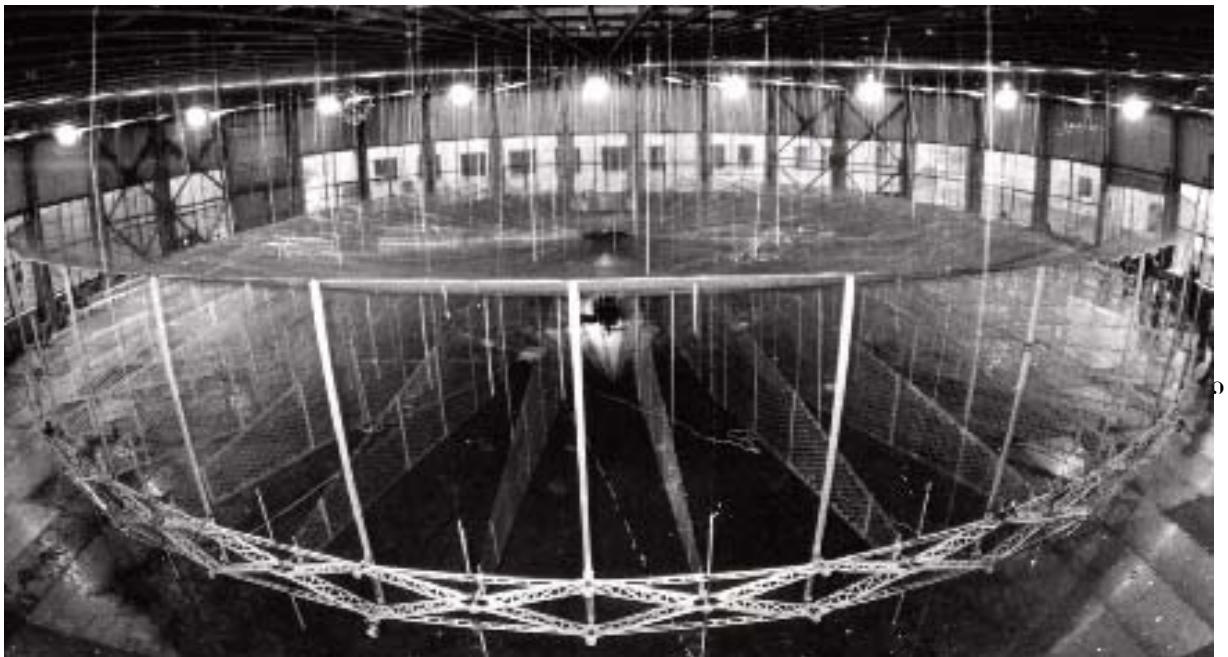
ლოგიკური საფუძვლის შექმნითა და განვითარებით საშუალება მოგვეცა სისტემატიზირება მოგვეხდინა ძალოვანი რგოლური სისტემებისა და ამომწურავად შეგვესწავლა და გამოგვეკვლია სფერო, რომელთა პრინციპები საფუძვლად დაედო 30 მეტრიანი კოსმოსური რეფლექტორის სტრუქტურული ელემენტების დაპროექტებასა და დამზადებას (ფიგ. 1.19, 1.20, 1.21) [121].



ფიგ. 1.19



ფიგ. 1.20



ფიგ. 1.21

კოსმოსური ანტენა არა მარტო დაპროექტებულ, არამედ დამზადებულ და ექსპერიმენტულად გამოცდილ იქნა საქართველოს კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტის მიწისზედა სასტენდო კომპლექსში.

დიდი ანტენებით განხორციელებული პროგრამებით განსაკუთრებული ყურადღება იქნა გამახვილებული კომუნიკაციებზე, რადიოასტრონომიაზე, დისტანციურ ზონდირებასა და ენერჯის გამოყენებაზე. სამომავლოდ თანამგზავრული ანტენები გამოყენებული იქნება ყველა ზემოთ აღნიშნულ მისიაში. და აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ჩატარებული ექსპერიმენტებიდან და მაღალი ტექნოლოგიების სწრაფად მზარდი განვითარებიდან გამომდინარე ამ

მიმართულებით სავსებით შესაძლებელია კიდევ უფრო ახალი და საინტერესო წინადადებებისა და პროექტების ინვესტირება.

1.8. წიბოვან-ქოლგისებრი და რგოლური რეფლექტორების

კონსტრუქციული ანალიზი

დიდგაბარიტიანი კოსმოსური ანტენების განსხვავებული მიმართულებების მიებისა, ოფსეტური რეფლექტორების საბოლოო დახვეწისა და პრინციპულად ახალი სქემების შემუშავების მიზნით ქვემოთ წარმოდგენილია წიბოვან-ქოლგისებრი და რგოლური რადიოტელესკოპების საერთო დადებითი და უარყოფითი მხარეები [56].

წიბოვან-ქოლგისებრი რეფლექტორების მრავალი ანალოგი არსებობს. მათ შორისაა პაგენტი 2 945 234, H01Q 15/20, 1958, რომელშიც წარმოდგენილი კონსტრუქცია შედგება ამრეკლის კონკურის მოხაზულობის მქონე, ცენტრალურ კვანძში ჩამაგრებული, კონსოლურად გასაშლელი ხისტი წიბოებისაგან. წიბოებზე დამაგრებულია ბაღექსოვილი. ასეთი წიბოები რადიალურად არიან განლაგებულნი და ცენტრალურ კვანძში იკრიბებიან.

ცნობილია აგრეთვე პაგენტი 5 446 474 A, H01Q 15/20, 1995, რომელშიც წარმოდგენილი კონსტრუქცია შედგება ერთი მთლიანი ელემენტისაგან დამზადებული, პაკეტის გაბარიტზე მეტი სიგრძის მქონე წიბოებისაგან. ისინი მზადდებიან ღრეკალ-ღეფორმირებადი ელემენტებისაგან, რომლებიც გარკვეული ფორმით დახვევის საშუალებას იძლევიან. დასახვევ ღრეკალ წიბოებიან კარკასს მისი საბოლოო გაშლის შემთხვევაში, როდესაც წიბოები რადიალურად სწორდებიან, ძალიან დაბალი სიხისგე გააჩნია. სიხისგის ასამაღლებლად მრავალი მცდელობაა, რომლებიც მოიცავენ როგორც ცალკეული წიბოს განივკვეთის ფორმათა სხვადასხვა სახეს, ასევე სხვადასხვა მასალების გამოყენების შესაძლებლობებს. გარდა ამისა, სიხისგის მომაგება სქემატური ცვლილებებითაც მიიღწევა.

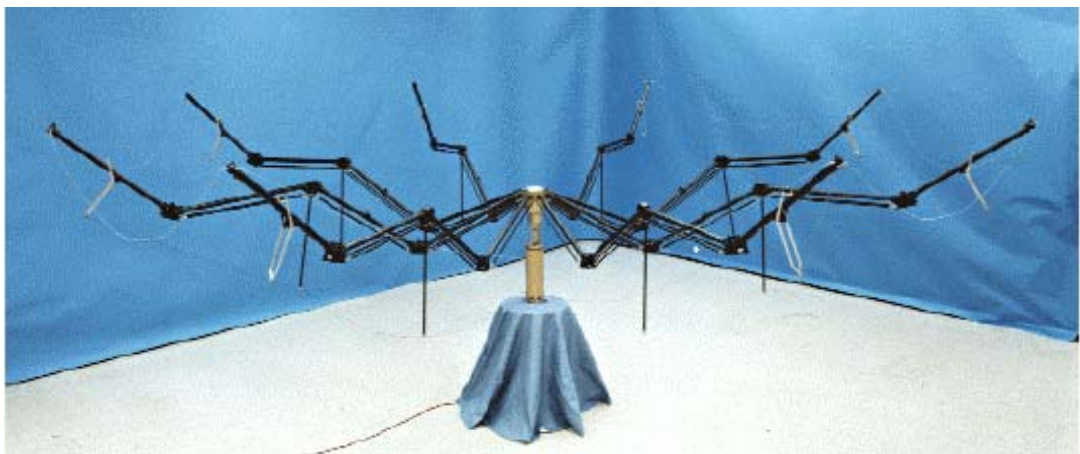
ცნობილია აგრეთვე პაგენტი 3 286 259, H01Q 15/20, 1964, რომელშიც წიბოების რადიალური გაშლის სანაცვლოდ შემოთავაზებულია მათი სპირალური ფორმები. ასეთ მდგომარეობაში ყოველ წიბოში, მისი ბოლომდე გაუშლელობის გამო, რჩება საკმაო სიდიდე აკუმულირებული ღრეკალობის ენერჯისა. მათი ფიქსაცია მიიღწევა მათ მიერვე გაჭიმული ამრეკლით. ასეთ დაძაბულ მდგომარეობაში მყოფი კარკასი გაცილებით ხისგია.

წიბოვან-ქოლგისებრი სისგემების გამოყენება დიდი ზომის გასაშლელ კოსმოსურ რეფლექტორებში ბევრ პრობლემებს ქმნიან, ამიტომ უმჯობესია ისინი დაპროექტებულ იქნან მთლიანი წიბოებით, მხოლოდ ერთი შეზღუდვით – მათი დიამეტრი არ უნდა აღემატებოდეს 5-7 მეტრს, რაც თავის მხრივ დღევანდელ მსოფლიო მოთხოვნებს სრულად ვერ შეესაბამება.

საერთოდ წიბოვან-ქოლგისებრი რეფლექტორები, ცალკეული წიბოს სხვადასხვა ფორმით შესრულებისას, კარგ შესაძლებლობებს ქმნიან ოფსეკური ზელაპირების მიღებისათვის. ეს გამოწვეულია იმით, რომ არასიმეტრიული ორმაგი სიმრუდის რეფლექტორების მომიჯნავე სექტორების კონტურების დამზადებას სხვადასხვა სიდიდის და მოხაზულობის ელემენტები სჭირდება. ამის გამო, როდესაც წიბოვან-ქოლგისებრი რეფლექტორი შესრულებულია ისეთი წიბოებით, რომლებიც მხოლოდ ცენტრალურ – ერთ კვანძში არიან ჩამაგრებულნი, მათი სხვადასხვა სიდიდით და ფორმით დამზადება პრინციპულ სირთულეებთან არ არის დაკავშირებული.

წიბოვან-ქოლგისებური რეფლექტორული სქემა კონსტრუქციის გაშლის საიმედოობით, შესრულების სიმარტივით და წიბოების კონტურების სიზუსტის მიღწევით დიდი უპირატესობებით სარგებლობს. ეს უპირატესობები განსაკუთრებით ისეთ გსაშლელ წიბოვან-ქოლგისებურ რეფლექტორებში გამოიხატება, რომლებსაც გააჩნიათ მთლიანი, ადგილობრივი დაკეცვის გარეშე შესრულებული წიბოები, რომლებიც რადიანული სქემით არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული, ერთიანი ენერგომექანიკით იშლებიან და ერთიანი ფიქსაცია გააჩნიათ. ეს უპირატესობები მნიშვნელოვნად კლებულობს იმ შემთხვევაში, როდესაც თითოეული წიბო სიგრძის გამო ვერ თავსდება დაკეცილი რეფლექტორის პაკეტის დასაშვებ გაბარიტებში. ამ დროს საჭირო ხდება მათი სპეციალურ სახსრებში ”გადატეხვები”, რომლებიც ძალიან ართულებენ კონსტრუქციას, ამასთან, მოითხოვენ ყოველი ცალკეული წიბოს ”გადატეხვის” ადგილზე გაშლის და გამთლიანების ენერგომექანიკურ სისტემებს, რაც თავისთავად არამარტო ზრდის კონსტრუქციის სირთულეს, არამედ ამცირებს მისი გაშლის საიმედოობას, სიხისტესა და სიზუსტეს.

ამის ერთ-ერთ მაგალითს წარმოადგენენ კომპანია “HARRIS” –ის მიერ შემუშავებული წიბოვან-ქოლგისებრი კონსტრუქციები დიამეტრით 4,8მ (ფიგ. 1.22 და 1.23) და 12მ (ფიგ. 1.24, 1.25, 1.26).



ფიგ. 1.22



ფიგ. 1.23



ფიგ.

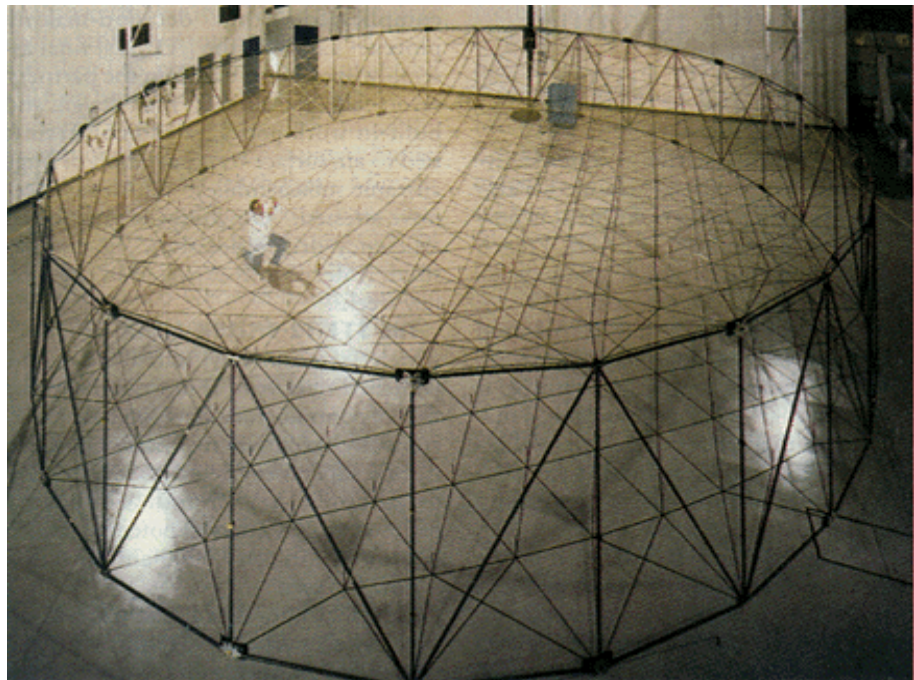


ფიგ.



ფიგ. 1.26

ასეთ შემთხვევაში უპირატესობას ანიჭებენ რგოლურ სისტემებს. აღნიშნული მიმართულებით არაერთხელ შექმნილა სხვადასხვა კონსტრუქციული სქემები, გამოგონებები, სამეცნიერო შრომები, ორბიტაზე გასაყვანი ექსპერიმენტული და რეალური კონსტრუქციები, რომლის ერთ-ერთ მაგალითს წარმოადგენს ამერიკული კომპანია “ASTRO”-ს 12 მეტრიანი რეფლექტორი (ფიგ. 1.27).



ფიგ. 1.27

მაგრამ ჩვენი დაკვირვებით რგოლურ სისტემებსაც გააჩნიათ სისტემური და პრინციპული თვალსაზრისით ერთი და იგივე ნაკლოვანებები და ისინი შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად:

- გაჭიმული მოქნილი კარკასის ნაკლოვანებები;
- გასაშლელი რგოლის ნაკლოვანებები;
- გასაშლელი რგოლიანი სისტემების საერთო ნაკლოვანებები.

გაჭიმული კარკასის ნაკლოვანებები გამოიხატება შემდეგში:

- გაჭიმული კარკასის გვერდითი გაბარიტები, რომლებიც განისაზღვრება მოპირდაპირე მოქნილი ელემენტების განაპირა ბოლოების ერთმანეთთან დაცილებით, ძალიან დიდია. მისი არაწრფივად პროგრესირებადი სიგრძის ზრდა,

რეფლექტორის ზომის ზრდასთან შედარებით, მრავალ უარყოფით შედეგს იძლევა – იზრდება საგრანსპორტო პაკეტის სიმაღლე, მაგულობს კარკასის წონა, კლებულობს მისი სიხისგე და რთულდება რეფლექტორის ზედაპირის სიზუსტის მიღწევა.

- გაჭიმული კარკასის, ამრეკლის დამაგრების კარკასის და მისი მოპირდაპირე კარკასების დამზადება მოქნილი ღეროებისაგან იწვევს გაჭიმული კარკასის სიხისგის შემცირებას. ამასთან, მათი ადგილობრივი დეფორმაციების გამო წარმოიქმნება პრობლემები ამრეკლის დამაგრებისა და ამრეკლის ფორმის ადგილობრივი სიზუსტეებისა.
- დეფორმაციულობა და ამასთან, ზედაპირის სიზუსტის დარღვევები და კონსტრუქციის დამზადების სირთულე მაგულობს იმ შემთხვევაში თუ მოპირდაპირე კარკასების მაკავშირებლები ასევე მოქნილი ღეროებია. სხვა შემთხვევაში, თუ ეს კავშირები ხისტი ღეროებია, მაშინ გაშლის პროცესში იქმნება საიმედოობის პრობლემები, რადგანაც ხისტი ღეროს ბოლოებს შეიძლება შემოეხვიოს გაჭიმული კარკასის ნებისმიერი მოქნილი ღერო.
- მოქნილი ღეროებისაგან, ანუ მხოლოდ ჭიმვაზე მომუშავე ღეროებისაგან შედგენილი კარკასის დამზადების შემდეგ ზედაპირის გეომეტრიის რეგულირება პრაქტიკულად შეუძლებელია, არასაიმედოა ან ის უკიდურესად გართულებულია და იწვევს გექნიკურ და გექნოლოგიურ პრობლემებს.
- მოქნილი ღეროებისაგან დამზადებული კარკასი თავისი დეფორმაციულობით, რომელიც პრაქტიკულად ყველა დასაშვებ ზომას აჭარბებს, არასიმეტრიული და შეყურსული ძალების მოქმედებისას განაპირობებს იმას, რომ შეუძლებელი ხდება მისი საშუალებით რეფლექტორის მიმაგრება კოსმოსურ აპარატთან, რაც რეფლექტორის ორიენტაციის და მართვის მხრივ დამატებით პრობლემებს ქმნის.
- მოქნილი ღეროებისაგან დამზადებული გაჭიმული კარკასის, როგორც წესი სივრცითი სტრუქტურით განხორციელებული სქემა, დამზადების და გეომეტრიული სიზუსტის მიღწევის თვალსაზრისით, დამატებით პრობლემებს ქმნის არასიმეტრიულ ოფსეტურ რეფლექტორებში. ეს გამოწვეულია იმით, რომ მცირდება შესაძლებლობები დამზადების დროს გიპიზაციისა და უნიფიკაციის, როგორც ცალკეული დეტალების და ელემენტების გამოყენების მხრივ, ასევე მათი დამზადებისა და აწყობის გექნოლოგიის მხრივაც.

ამასთან ერთად გაჭიმული კარკასის პერიფერიების დიდი სიმაღლე იწვევს სიძნელებს რეფლექტორის მიმაგრებაში კოსმოსურ აპარატთან.

გამშლელი რგოლის ნაკლოვანებები გამოიხატება შემდეგში:

- რგოლის პერიმეტრის ზრდასთან ერთად, რაც უკავშირდება რეფლექტორის საერთო ზომის ზრდას, ანუ ღიდი გასაშლელი რეფლექტორის შექმნას, საგრძნობლად კლებულობს გაშლილ მდგომარეობაში რგოლის მიერ საჭირო გეომეტრიული ფორმის მიღწევის სიზუსტე, რაც უშუალოდ მოქმედებს ამრეკლის გეომეტრიის სიზუსტეზე. ეს ურთულესი პრობლემაა იმიტომ, რომ რგოლის პერიმეტრი ათეულ მეტრს აღწევს და ასეთ ზომებში, ისიც გაშლის შემდეგ, მილიმეტრებში ან მის მეათედებში გეომეტრიული სიზუსტის მიღწევა განსაკუთრებით ასეულობით მექანიკური კვანძების და მექანიზმების ერთიანობისას მანქანათმშენებლობის უმთავრეს პრობლემად რჩება [14, 15, 16, 17].
- რგოლის ღიაშეგრის ზრდასთან ერთად არაწრფივი პროგრესიით მცირდება მდგრადობა და მაგულობს გაშლელი რგოლის წონა [26, 27, 28, 29].

გასაშლელი რგოლოვანი სისტემის საერთო ნაკლოვანებები გამოიხაება იმაში, რომ

მისი მოხაზულობა გეგმაში არ შეესაბამება ოფსეტური რეფლექტორების ოვალურ

მოხაზულობას, რაც იწვევს კონსტრუქციის გართულებას და, ამასთან ერთად ვერ ხერხდება

წონისა და გაბარიტების ოპტიმიზაცია [43].

თავი 2. პარაბოლოიდური ფორმის მიღების ახალი გადაწყვეტები და მათი კონსტრუქციული ანალიზი

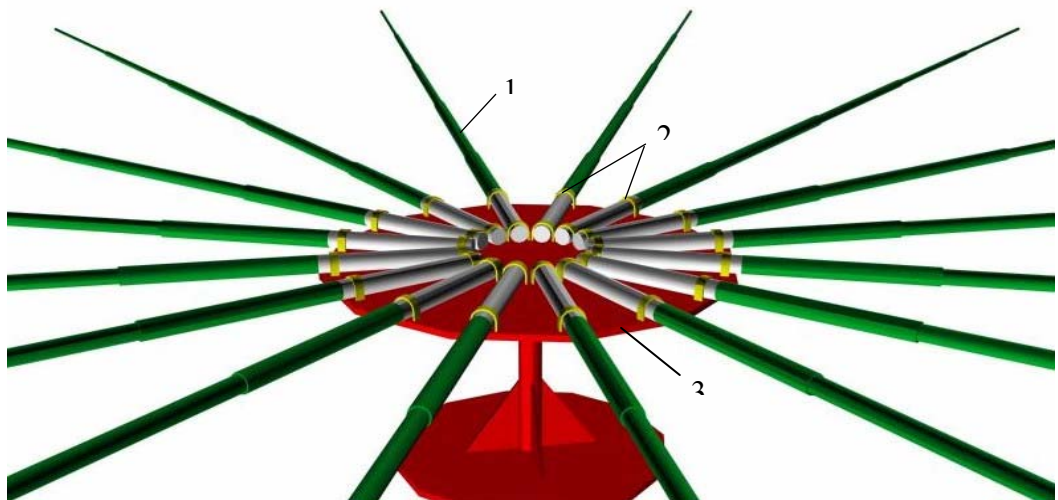
2.1. მსუბუქი, ქოლგური გიპის კონცენტრული ფორმათწარმოქმნელი სტრუქტურების მიღება ღრუგანიანი თხელკედლიანი ღეროების ღრეკაძლასტიური თვისებების გამოყენებით

2.1.1. მსუბუქი გაღუნულღეროებიანი მემბრანული კონსტრუქცია რეგულირებადი ფორმათწარმოქმნელი სტრუქტურით

ჩატარებული კონსტრუქციული ანალიზის შემდგომ ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა რამდენიმე ახალი სქემა – მსუბუქი, ქოლგური გიპის კონცენტრული ფორმათწარმოქმნელი სტრუქტურებისა, ღრუგანიანი თხელკედლიანი ღეროების ღრეკაძლასტიური თვისებების გამოყენებით [13].

ერთ-ერთ მათგანს წარმოადგენს ღრეკაღღეროვანი ერთშრიანი მემბრანული კონსტრუქცია რეგულირებადი ფორმათწარმოქმნელი სტრუქტურით. მისი შვიღმეტრიანი სგატიკური მოღელი ღამზაღებულ იქნა ღრუგანიანი, ცვაღებაღკვეთიანი ნახშირღლასტიკის ღღროებისაგან, რითაც ფაქტობრივად ღაღასტურებულ იქნა, რომ მოცემული სქემით ფორმის მიღება ღა შენარჩუნება სავსებით რეაღურია.

თვაღსაჩინოებისათვის, თავღაპირვეღად წარმოღიღგენტ ახალი სქემის სგატიკური მოღელის გეომეტრიულ კომბიუგურულ მოღელირებას, პარაბოლოიდური ფორმის მიღების ეგაპობრივი ღაყოფით.

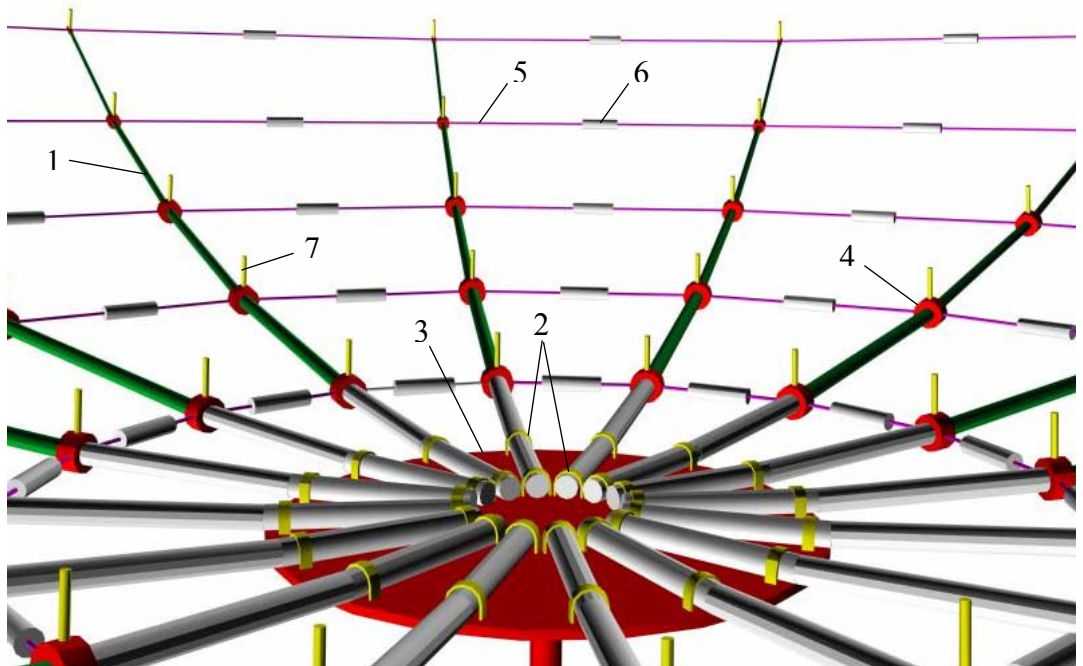


ფიგ. 2.1 – ღრეკაღღღეროების მიზაგრება სავრღენ მავიღამზე.

1 – წრიული ცვაღებაღკვეთიანი თხელკედლიანი ღღრო;
2 – სამარჯვები; 3 – სავრღენი მავიღა.

საწყის სტადიაზე (ფიგ. 2.1) საყრდენ მაგილაზე 3 სამარჯვების 2 მეშვეობით კონცენტრულად მაგრდება გარკვეული სიგრძის ღრუგანიანი ნახშირპლასტიკის ღეროები 1. ჩამაგრება ხისგია, ხოლო ღეროების განივი კვეთი წრიული და პერიფერიისკენ კლებადი.

აღვილი წარმოსადგენია, რომ ყველა ღეროს ერთდროული აღუნვით ფოკალური ღერძის გასწვრივ შესაძლებელია მივიღოთ წარმოსახვით თეორიულ პარაბოლოიდზე განთავსებული გეომეტრიული წირები – პარაბოლები. ყოველივე ეს შესაძლებელია უშუალოდ ღეროების წინასწარ შერჩეული ფიზიკური თვისებებიდან გამომდინარე, მათი ადგილობრივი ღუნვის სიხისტეებისა და შესაბამისად დრეკალობის კანონზომიერი ცვლილების ხარჯზე, რაც ექსპერიმენტულად იქნა დადგენილი.



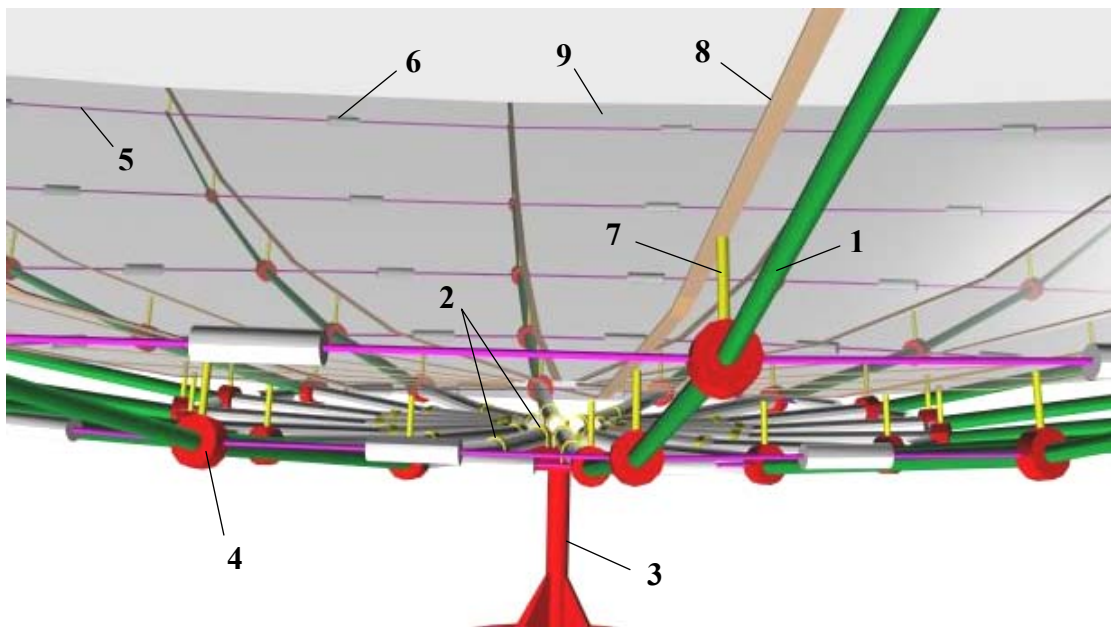
ფიგ. 2.2 – დრეკალი ღეროების გაღუნვა კონცენტრული ბაგირებით.

- 1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი ღერო; 2 – სამარჯვები;
 3 – საყრდენი მაგილა; 4 – სამაგრი კვანძი; 5 – კონცენტრული ბაგირი;
 6 – კონცენტრული ბაგირის სიგრძის სარეგულირებელი გენდერი;
 7 – ფორმატწარმოქმნელი ლარგის სიზუსტის სარეგულირებელი გენდერი.

პრაქტიკულად ღეროების გაღუნვა წარმოებს კონცენტრული ბაგირების მეშვეობით. ამისათვის ყოველ ღეროზე გარკვეული ბიჯით მონტაჟდება სამაგრი კვანძები 4 (ფიგ. 2.2). მომიჯნავე ღეროები აღნიშნული კვანძებით უკავშირდებიან ერთმანეთს გარკვეული სიგრძის

ბაგირების 5 მეშვეობით, რომლებიც ერთობლიობაში წარმოქმნიან წრიულ კონცენტრულ სარკველებს მზარდი პერიმეტრებით ცენტრიდან პერიფერიისკენ. ყოველი ბაგირის ცენტრში ჩამონტაჟებულია მათი სიგრძის სარეგულირებელი გენდერები 6, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია კონცენტრული სარკველების პერიმეტრების ღარეგულირება.

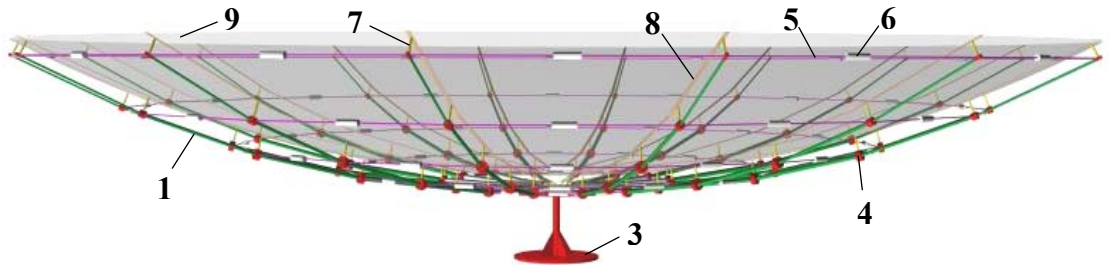
მიღებული კარკასი საკმაოდ დაძაბულია და ამრეკლის დასამონტაჟებლად წარმოადგენს საკმაოდ ხისგ სისტემას. ის ერთგვარად მოგვაგონებს ქოლგას, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ გამჭიმავი ძალები ჩვენს შემთხვევაში, ღეროებს მიღმა, განაწილებულია კონცენტრულ ბაგირებში.



ფიგ. 2.3 – რეფლექტორის კარკასზე ფორმათწარმომქმნელი ლარგებისა და ამრეკლის დამაგრება.

1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკელიანი ღერო; 2 – სამარჯვები; 3 – საყრდენი მაგიდა; 4 – სამაგრი კვანძი; 5 - კონცენტრული ბაგირი; 6 - კონცენტრული ბაგირის სიგრძის სარეგულირებელი გენდერი; 7 - ფორმათწარმომქმნელი ლარგის სიმუსგის სარეგულირებელი გენდერი; 8 - ფორმათწარმომქმნელი ლარგვა; 9 – ამრეკლი ბაღე.

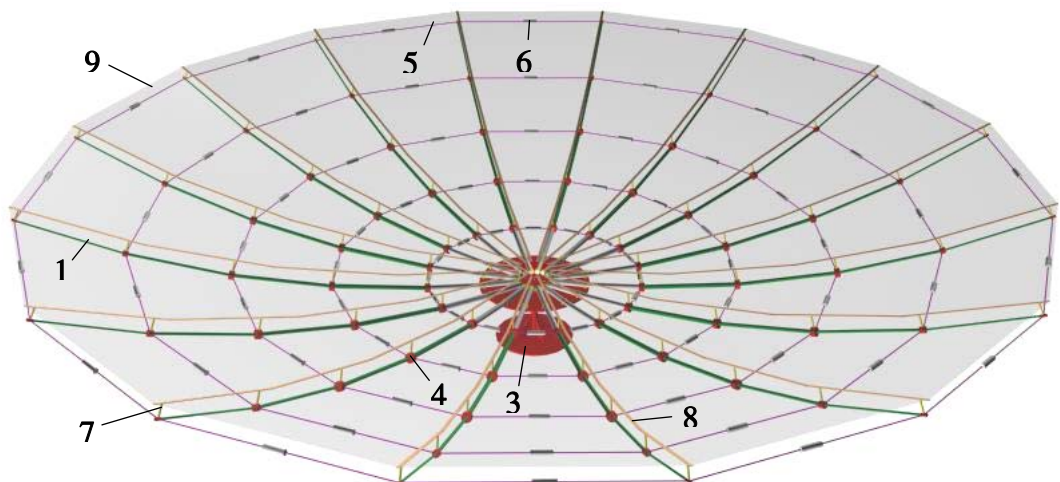
ამრეკლის დასამაგრებლად, ყოველ სამაგრ კვანძში 4, გაღუნული ღეროს მხების მართობულად მაგრდება ზედაპირის სარეგულირებელი გენდერები 7, რომელთა ბოლოებზეც ყოველი სექციის გასწვრივ მონტაჟდება ნახშირპლასტიკის ფორმათწარმოქმნელი თხელი ლარგყები 8 და ამრეკლი 9 (ფიგ. 2.3).



ფიგ. 2.4 – რეგულირებადზედაპირიანი რეფლექტორის გვერდითი ხედის კომპიუტერული მოდელი

1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკელლიანი ღერო; 3 – საყრდენი მაგიდა; 4 – სამაგრი კვანძი; 5 - კონცენტრული ბაგირი; 6 – კონცენტრული ბაგირის სიგრძის სარეგულირებელი გენდერი; 7 - ფორმათწარმოქმნელი ლარგყის სიზუსტის სარეგულირებელი გენდერი; 8 - ფორმათწარმოქმნელი ლარგყა; 9 – ამრეკლი ბაღე.

კონსტრუქციის უკეთ წარმოსაჩენად აქვია ილუსტრირებული გვერდითი და საერთო ხედების კომპიუტერული მოდელები (ფიგ. 2.4, 2.5).



ფიგ. 2.5 – რეგულირებადზედაპირიანი რეფლექტორის საერთო ხედის კომპიუტერული მოდელი

1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკელლიანი ღერო; 3 – საყრდენი მაგიდა; 4 – სამაგრი კვანძი; 5 - კონცენტრული ბაგირი; 6 – კონცენტრული ბაგირის სიგრძის სარეგულირებელი გენდერი; 7 - ფორმათწარმოქმნელი ლარგყის სიზუსტის სარეგულირებელი გენდერი; 8 - ფორმათწარმოქმნელი ლარგყა; 9 – ამრეკლი ბაღე.

კონსტრუქციული სქემის საფუძვლიანად შესწავლის შემდეგ ზემოთაღნიშნული პრინციპების გათვალისწინებით ფორმათწარმოქმნის შესასწავლად წარმოდგენილი ვარიანტის შესაბამისად დამზადებული იქნა 7 მეტრიანი მოდელი (იხ. ფიგ. 2.6).



ფიგ. 2.6

2.1.2. მსუბუქი გალუნულდეროებიანი მემბრანული კონსტრუქცია

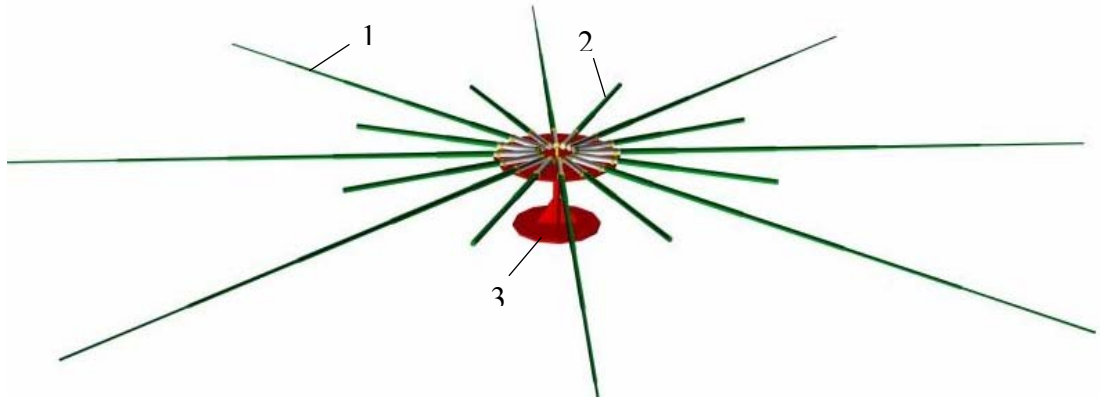
ადგილობრივი წერტილოვანი დაჭიმვებით

გალუნული დეროებისაგან პარაბოლოიდური ფორმის მიღების შემდეგი კონსტრუქციული გადაწყვეტა წინასაგან განსხვავდება იმით, რომ ამრეკლი გელაპირი მოცემულ შემთხვევაში შეიძლება წარმოადგენდეს მხოლოდ გარკვეული სიხისგის მქონე მემბრანას, რომელიც უშუალოდ კი არ მაგრდება რეფლექტორის კარკასზე, არამედ წარმოადგენს გენდერებიანი ბაგირაკებით დაჭიმულ პარაბოლოიდურ გელაპირს. მისი პერიფერიული კვანძები რადიალური მიმართულებებით იქაჩება გალუნული დეროების ღრეკადი თავისუფალი ბოლოებით, ხოლო დაჭიმვაში ძალების უკეთ გადასანაწილებლად გელაპირის მოჭიმვა ხდება რამოდენიმე თანაბრად გადანაწილებული წერტილებიდან [124, 125, 126].

ანალოგიურად გემოთ ნაჩვენები კონსტრუქციისა, მოცემულ შემთხვევაშიც წარმოადგენს პარაბოლოიდური ფორმის მიღების ეგაპობრივ კომპიუტერულ მოდელირებას.

საწყის ეტაპზე (ფიგ. 2.7) საყრდენ მაგილაზე 3 თანმიმდევრობით რადიალური მიმართულებებით ხისგად მაგრდება წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი დეროები

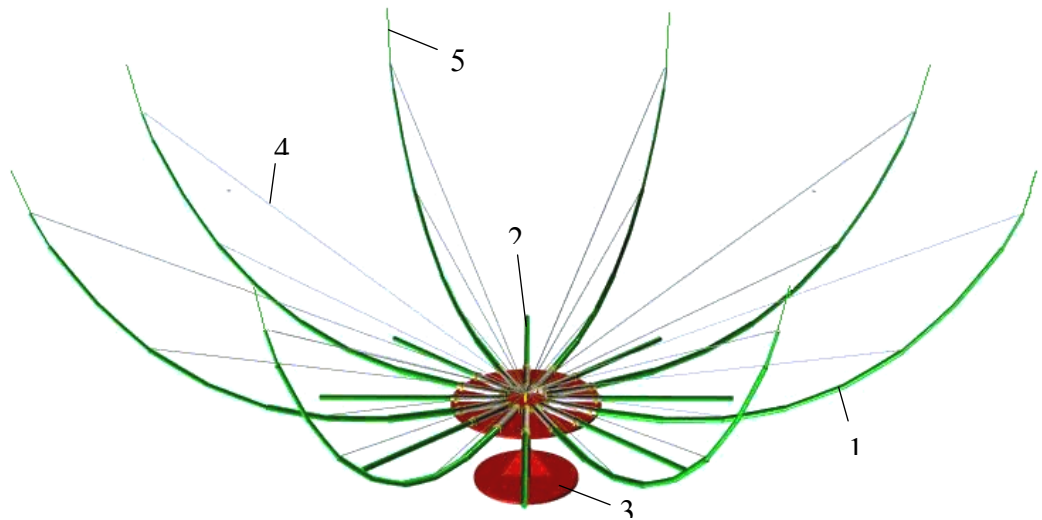
1 და გარკვეული სიგრძის ხისტი ღეროები 2, რომელთა თავისუფალი ბოლოებიდან წარმოებს ზელაპირის მოჭიმვა.



ფიგ. 2.7 – დრეკალი და ხისტი ღეროების მიმაგრება საყრდენ მაგილაზე

1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი ღერო;
2 – თავისუფალი ბოლოთი, ზელაპირის ღამჭიმი ბაგირაკების მაფიქსირებელი ხისტი ღერო; 3 – საყრდენი მაგილა.

შემდეგ ეტაპზე ხდება წრიული ცვალებადკვეთიანი ღეროების აღუნვა ფოკალური ღერძის გასწვრივ, მხოლოდ არა კონცენტრული, არამედ ცენტრიდან გამოსული და ღეროების სიბრტყეებშივე განლაგებული გენდერებიანი სტრინგერებით 4 (ფიგ. 2.8).



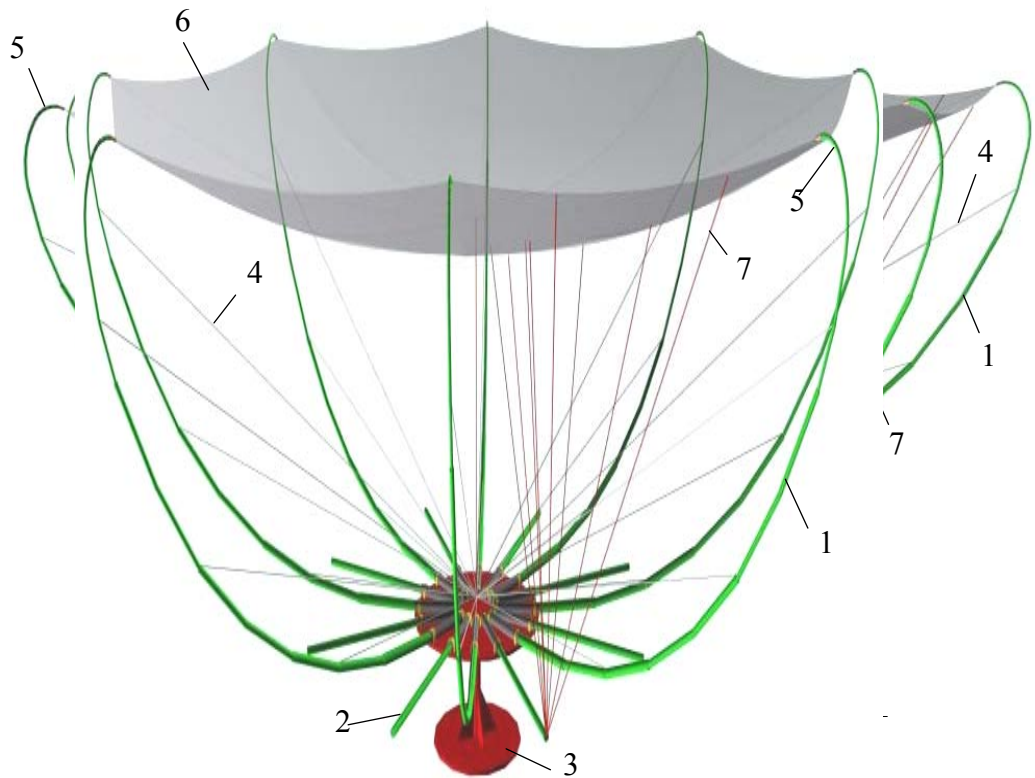
ფიგ. 2.8 – ცვალებადკვეთიანი ღეროების აღუნვა სტრინგერებით

1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი ღერო; 2 – ხისტი ღერო; 3 – საყრდენი მაგილა; 4 – ცვალებადკვეთიანი ღეროს მღუნავი სტრინგერი; 5 – ცვალებადკვეთიანი ღეროს დრეკალი დაბოლოება.

მოცემულ შემთხვევაში ყველა ღერო დამოუკიდებლად იღუნება რამოდენიმე სტრინგერის მეშვეობით, რომელთა ერთი ბოლოები ცენტრშია ჩამაგრებული, ხოლო მეორენი – თანაბრად არიან განაწილებული გაღუნული ღეროს პერიმეტრის გასწვრივ. მაქსიმალური სიგრძის სტრინგერების ბოლოები, გაღუნული ღეროების ბოლოებიდან გარკვეული მანძილით არიან დაშორებული, ვინაიდან ცვალებადკვეთიანი ღეროს ბოლოში დარჩენილი თავისუფალი ღრეკალი წაგრძელება, ამრეკლი მემბრანის პერიფერიული წერტილების ჩაბმისთვისაა საჭირო. ყოველ სტრინგერში 4 ჩასმულია მათი სიგრძის სარეგულირებელი ტენდერები, რომელთა მეშვეობით ხდება დამჭიმავი ძალების გადანაწილება. თვითოეული სექცია მშვილდს წააგავს, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ცვალებადკვეთიანი ღეროს პერიმეტრის გასწვრივ რამოდენიმე სტრინგერით გადანაწილებული დაძაბვის ხარჯზე ყოველი მათგანი გაცილებით ხისტია და თავისივე სიბრტყეში საკმაოდ მდგრადიც.

შემდგომ ეტაპზე თავისუფალი ღრეკალი ღეროების 5 გაღუნვით ცენტრისკენ (ფიგ. 2.9), მათ ბოლოებზე ეკიდება ამრეკლი მემბრანა 6 პერიფერიული კვანძებით, რის შედეგადაც ღრეკალი ღერო ცდილობს გასწორებას და გარდა რადიალური მიმართულებებით დაჭიმვისა ქაჩავს მემბრანას ზემოთკენ.

რაც შეეხება მემბრანას ის დამზადებულია უჭიმვადი თხელი მასალისაგან წინასწარ გაანგარიშებული თარგებით. მისი მოჭიმვით, ზელაპირზე კანონზომიერად განლაგებული წერტილებიდან, მივიღებთ პარაბოლოიდურ ფორმას. ყოველი სექტორი მემბრანის ზელაპირისა, რომელიც ორ მეზობელ გაღუნულ ღეროებს შორისაა მოთავსებული, იჭიმება დამოუკიდებლად. მოჭიმვა ხდება ტენდერებიანი ბაგირაკებით, რომლებიც ერთი ბოლოთი მაგრდებიან მემბრანის ზელაპირზე, ხოლო მეორეთი შესაბამისი სექციის ხისტი ღეროების 2 ბოლოებზე (ფიგ. 2.9, 2.10).



ფიგ. 2.9 – მემბრანის ჩაკიდება გალუნული ღეროების თავისუფალ ღრეკად ბოლოებზე

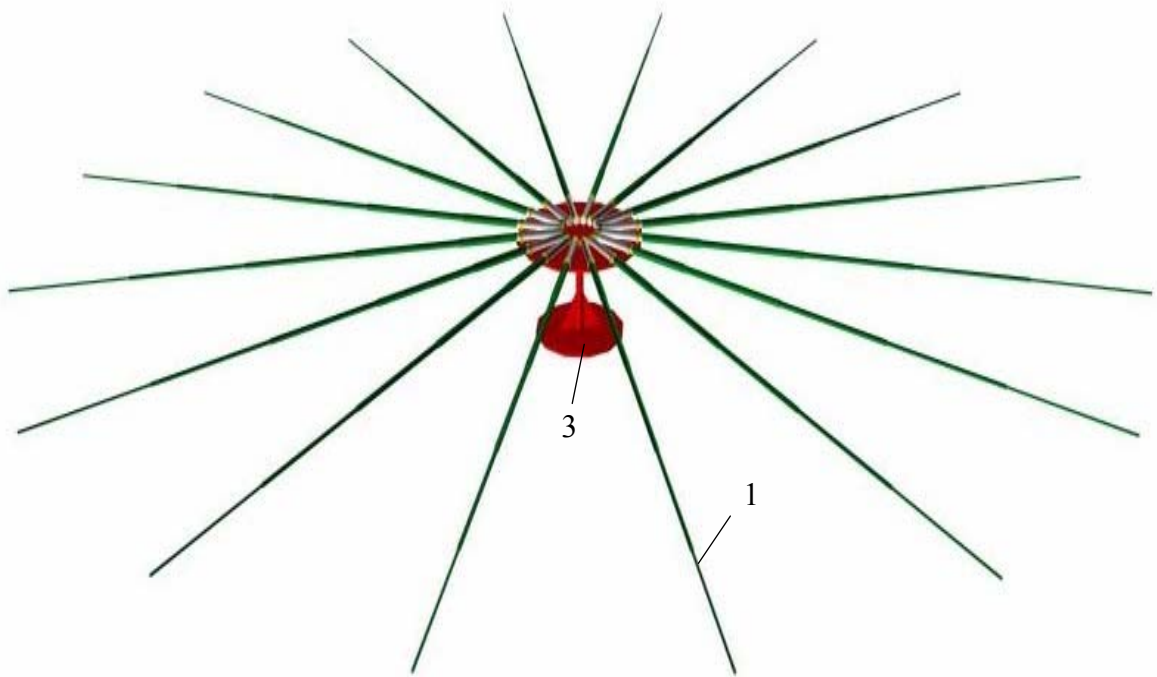
1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი ღერო; 2 – ბაგირაკების დამჭიმავი ღერო; 3 – საყრდენი მაგიდა; 4 – ღრეკაი ღეროს გალუნულ მდგომარეობაში დამაფიქსირებელი სკრინგერი; 5 – ცვალებადკვეთიანი ღეროს ღრეკაი დაბოლოება; 6 – ამრეკლი მემბრანა; 7 – ამრეკლი მემბრანის დამჭიმავი გროსები.

საბოლოოდ ვლესულობთ გალუნულღეროებიან მემბრანული კონსტრუქციას ადგილობრივი წერტილოვანი დაჭიმვებით.

2.1.3. მსუბუქი გალუნულღეროვანი ვანტური კონსტრუქცია

ირიბანა მჭიმვებით

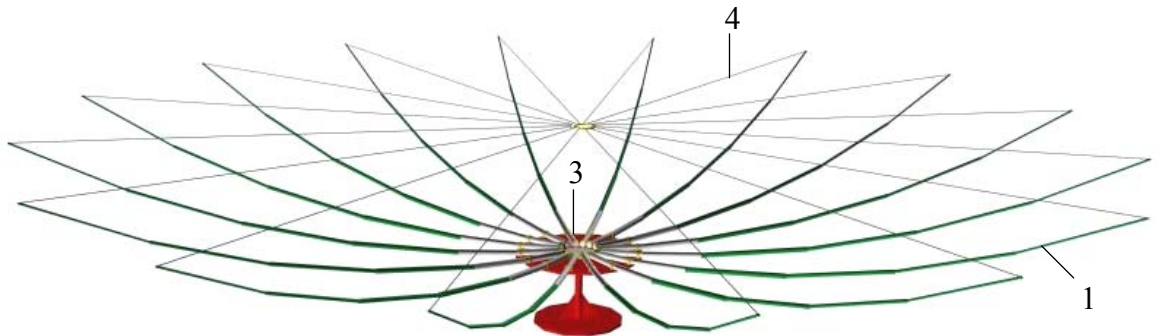
შემდეგ ვარიანტში ვანტურ-ღრეკაღეროვანი კონსტრუქციით პარაბოლოიდური ბელაპირის მიღება წარმოებს გალუნული ღეროების სიბრტყეებშივე დაძაბული რადიალური გროსებით.



ფიგ. 2.11 – ცვალებადკვეთიანი ღეროების დამაგრება საყრდენ მაგიდაზე
 1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი ღერო;
 3 - საყრდენი მაგიდა.

ყოველი სექცია წარმოადგენს ფერმულ დაბაბულ სტრუქტურას შედგენილს გაღუნული ღეროსა და გროსებისაგან, რომელიც თავის მხრივ მოიცავს ფორმათწარმოქმნელ რადიალურ გროსსა და დამბაბავ ირიბანა ბაგირაკებს. ყოველი ბაგირაკის სიგრძე მუსგად რეგულირდება საჭირო ფორმის მიღებამდე.

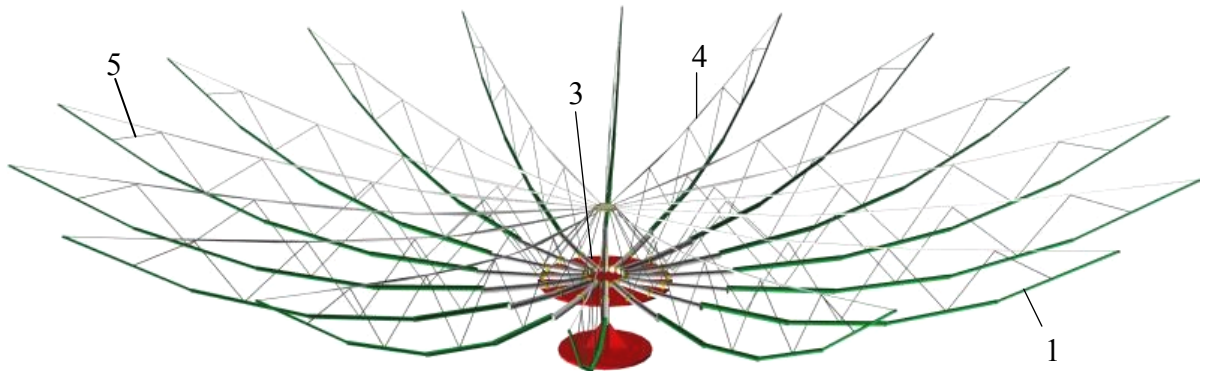
საწყის ეტაპზე, ანალოგიურად წინა ვარიანტებისა საყრდენ მაგიდაზე 3 რადიალური მიმართულებებით ხისგად მაგრდება ცვალებადკვეთიანი ღეროები 1 (ფიგ. 2.11), რის შემდეგაც ერთმანეთის მოპირდაპირედ განლაგებული ბოლოებიდან ხდება მათი აღუნვა წინასწარ გათვლილი სიგრძეების მქონე ზედაპირის წარმოქმნელი რადიალური გროსებით 4 (ფიგ. 2.12).



ფიგ. 2.12 – ღეროების აღუნვა ფიქსირებული სიგრძის რადიალური, ზედაპირის წარმოქმნელი გროსებით

1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი ღერო;
 3 – საყრდენი მაგიდა; 4 – ზედაპირის წარმოქმნელი გროსი.

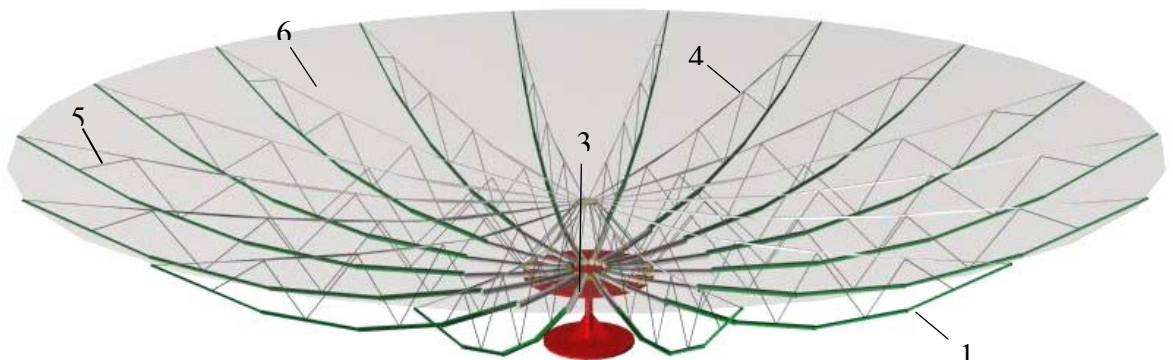
რადიალური გროსების 4 დამაგრების შემდეგ ირიბანა დამჭიმავი ბაგირაკების 5 მეშვეობით წარმოებს მათი დაქაჩვა საჭირო ფორმის მიღებამდე. დამჭიმავი ბაგირაკების 5 სიგრძეები მკაცრად რეგულირდება, რის შედეგადაც სისტემა მეტად იძაბება და ყოველი რადიალური სექცია - ფერმული სტრუქტურა იძენს საკმარის სიხისტეს და მდგრადობას თავისივე სიბრტყეში (ფიგ. 2.13).



ფიგ. 2.13 – ზელაპირის წარმომქმნელი გროსების დაქაჩვა და ღარეგულირება დამძაბავი ირიბანა ბაგირაკებით

1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი ღერო;
3 - საყრდენი მაგიდა; 4 – ზელაპირის წარმომქმნელი გროსები; 5 – დამჭიმავი ბაგირაკები.

საბოლოოდ მიღებულ ფორმათწარმომქმნელ სტრუქტურაზე – უშუალოდ რადიალურად დაჭიმულ გროსებზე მაგრდება ამრეკლი მემბრანა 6, რომელიც წრიული მიმართულებით, საკუთარი სიხისტის ხარჯზე საკმაოდ მრდის სტრუქტურის საერთო სიხისტეს (ფიგ. 2.14).



ფიგ. 2.14 – ამრეკლი მემბრანის დამაგრება ვანგურ-ღრეკადღეროვან ფორმათწარმომქმნელ სტრუქტურაზე

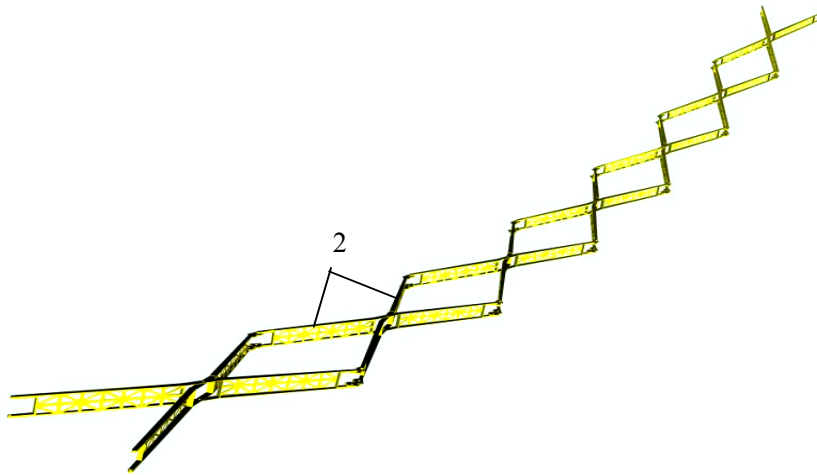
1 – წრიული ცვალებადკვეთიანი თხელკედლიანი ღერო;
3 – საყრდენი მაგიდა; 4 – ზელაპირის წარმომქმნელი გროსი;
5 – დამჭიმავი ბაგირაკები; 6 – ამრეკლი მემბრანა.

2.2. არაკონცენტრული პარალელურწიბოებიანი კონსტრუქცია რკალისებრი ძალოვანი პანტოგრაფით

ზემოთ წარმოღგენილი ყველა კონსტრუქცია კონცენტრული სისტემების სახესხვაობებს წარმოადგენენ, რომელთა ფორმის აგებისა და მიღების ეტაპები ცენტრიდან, რადიალური და კონცენტრული მიმართულებებით ხორციელდება. წრიული მიმართულებით საწყისი და ბოლო სექციის შერწყმით, სიმეტრიულობასთან ერთად, აღნიშნული სისტემები ჩაკეტილია. ამიგომ მათში ძალების განაწილების შემდგომ მათი მდგრადობისა და სიხისგის მახასიათებლები გაცილებით მაღალია ვიდრე არაკონცენტრულ სისტემებში [32, 127].

მიუხედავად ამისა ქვემოთ წარმოგიღგენთ ახალი ტიპის არაკონცენტრულ პარალელურწიბოებიანი კონსტრუქციას რკალისებრი ძალოვანი პანტოგრაფით, რომლის სიმრუდის რადიუსი მოცემული ფოკუსური მანძილიდან გამომდინარე შეირჩევა. პანტოგრაფი თავის მხრივ შედგება ძირითადი და ჩასატეხი ბერკეტებისაგან. სწორედ ძირითადი ბერკეტების გადაბმით, საჭირო კუთხეზე მოჭრილი შიგა და გარე კრონშტეინების საშუალებით, ხორციელდება პანტოგრაფის შესაბამის სიმრუდის რადიუსზე განთავსება.

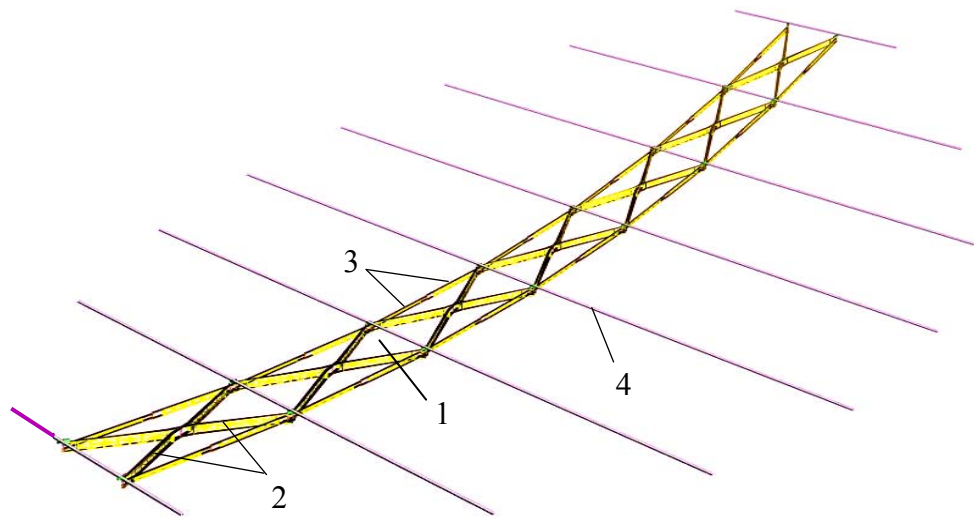
შიგა კრონშტეინებზე არსებულ დამატებით ღარებში გაყრილია ტესტური პროფილები, რომლებზეც ფორმათწარმოქმნელი ხისტი წიბოების დამაგრებით და მათზე ბადის შემდგომი გადაჭიმვით მიიღება პარაბოლოიდური ზედაპირი.



ფიგ. 2.15 – რკალისებრი ძალოვანი პანტოგრაფის აწყობის საწყისი ეტაპი ჯვარედინა ძალოვანი ბერკეტებით
2 – გრანსფორმირებადი პანტოგრაფის ძალოვანი

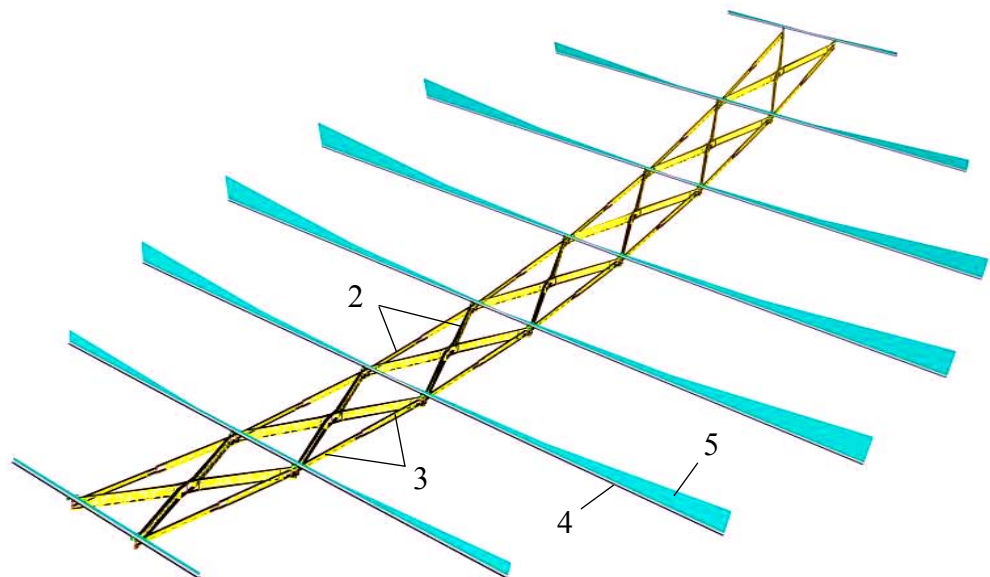
რკალისებრი პანტოგრაფი 1 საწყის ეტაპზე იწყობა ჯვარედინა ძალოვანი ბერკეტებით 2 რომლებზეც გრძივი მიმართულებით მაგრდება ჩასატეხი ღეროები 3, ხოლო განივი მიმართულებით, შესაბამისი სიგრძის, წიბოების სამაგრი ტესტური პროფილები 4. პროფილების კედლებზე ხისტად მაგრდება ასევე გარკვეული სიხისგის მქონე ფორმათწარმოქმნელი

წიბოები 5, რომლებზეც იჭიმება ბაღე 6, თავის შემომსაბღერელი ბაგირაკით 7 (ფიგ. 15, 16, 17, 18).



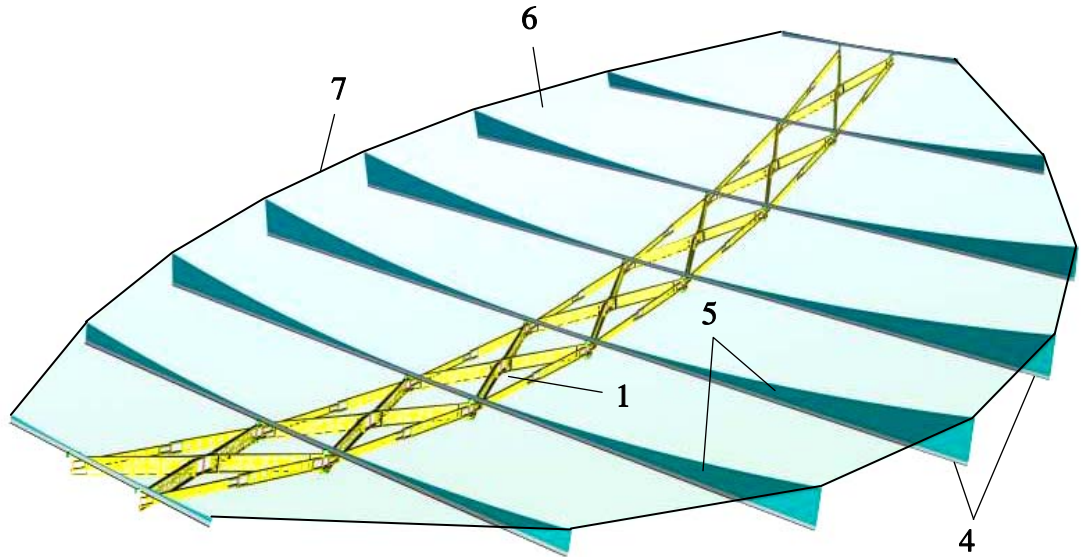
ფიგ. 2.16 – ჩასატეხი ღეროებისა და განივი ტესებრი პროფილების დამაგრება ჯვარედინა ძალოვან ბერკეტებზე

1 – ტრანსფორმირებადი პანტოგრაფი; 2 – ტრანსფორმირებადი პანტოგრაფის ძალოვანი ბერკეტები; 3 – ჩასატეხი ღეროები; 4 – წიბოების სამაგრი ტესებრი პროფილები.



ფიგ. 2.17 – ფორმათწარმოქმნელი წიბოების დამაგრება ტესებრი პროფილებზე

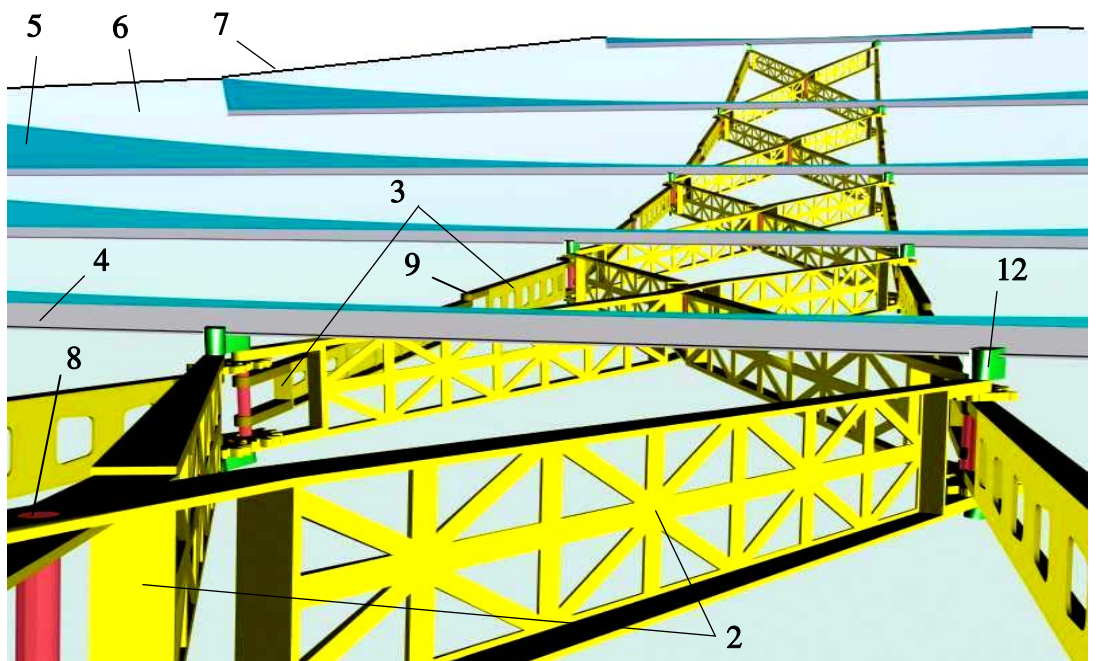
2 – ტრანსფორმირებადი პანტოგრაფის ძალოვანი ბერკეტები; 3 – ჩასატეხი ღეროები; 4 – წიბოების სამაგრი ტესებრი პროფილები; 5 - ფორმათწარმოქმნელი წიბოები.



ფიგ. 2.18 – ბადის დამაგრება ფორმათწარმოქმნელ წიბოებზე

1 – გრანსფორმირებადი ძალოვანი პანტოგრაფი; 4 – წიბოების სამაგრი გესები პროფილები; 5 – ფორმათწარმოქმნელი პარალელური წიბოები; 6 – ამრეკლი ბაღე; 7 – ბადის შემომსაზღვრელი ბაგირაკი.

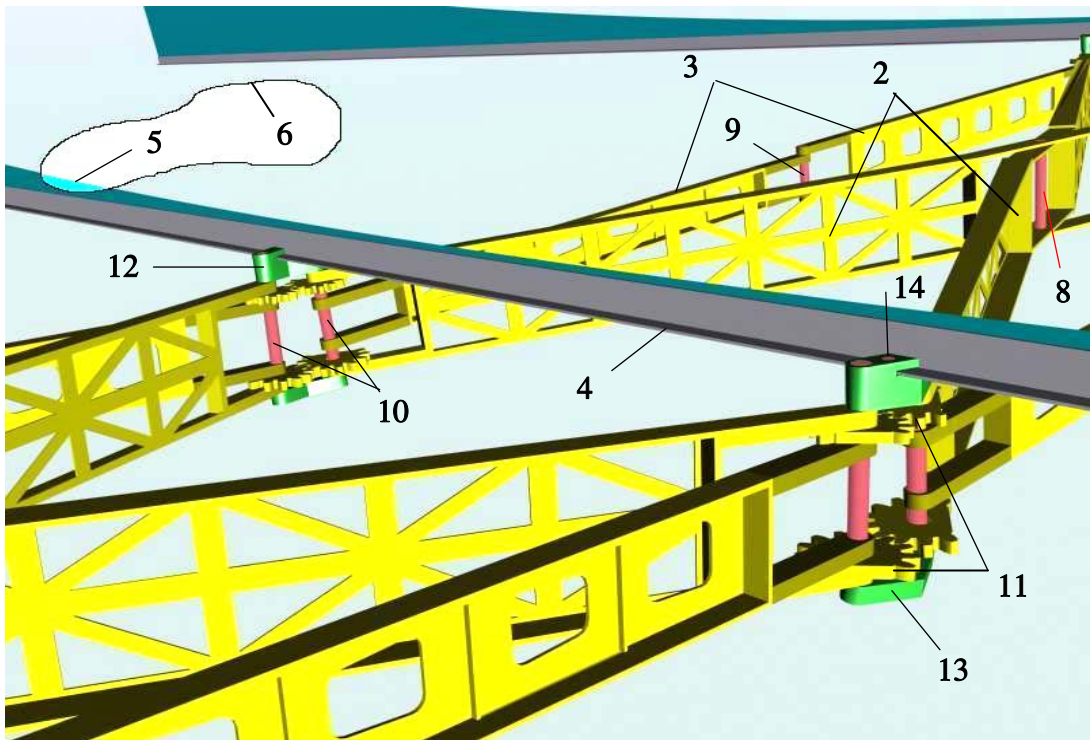
კონსტრუქციის ელემენტებისა და კვანძების უკეთ წარმოსაჩენად წარმოვიდგინოთ მის გრძივ პერსპექტიულ ხედს (ფიგ. 2.19).



ფიგ. 2.19 – გრძივი პერსპექტიული ხედის კომპიუტერული მოდელი.

2 – ძალოვანი ბურკეგები; 3 – ჩასატეხი ღეროები; 4 – წიბოს სამაგრი გესების პროფილი; 5 – ფორმათწარმოქმნელი წიბო; 6 – ამრეკლი ბაღე; 7 – ბადის შემომსაზღვრელი ბაგირაკი; 8 – ძალოვანი ბურკეგების დამაკავშირებელი ცენტრალური ცილინდრული სახსარი; 9 – ჩასატეხი ღეროების დამაკავშირებელი ცილინდრული სახსარი; 12 – პანტოგრაფის მოსაძღვრე სექციების დამაკავშირებელი და გესების პროფილის სამაგრი შიგა კრონშტეინი.

სურათიდან ნათლად ჩანს, რომ პანგოგრაფის ძირითად შემადგენელ ელემენტებს – ჯვარედინა ბერკეტებსა 2 და ჩასაგებ ღეროებს 3, ფერმული სტრუქტურა აქვთ და გარკვეული სიმაღლე გააჩნიათ. გამოძვინარე აქედან ბუნებრივია, რომ სექციების ერთმანეთზე კუთხით გადაბმის შემდეგ წარმოქმნილი შიგა და გარე წარმოსახვითი რკალები განსხვავებული სიგრძისა იქნებიან. ამიტომ მოსაზღვრე სექციების ერთმანეთზე კუთხით გადასაბმელად საჭიროა შესაბამისად ორი კრონშეინი შიგა 12 – მოკლე და გარე 13 – გრძელი. შიგა 12 და გარე 13 კრონშეინები მოჭრილია ერთი და იმავე კუთხით, იმ განსხვავებით, რომ გარე კრონშეინის ცენტრებს შორის მანძილი ოდნავ მეტია (ფიგ. 2.20).



ფიგ. 2.20 – მოსაზღვრე სექციების შემაერთებელი კვანძის კომპიუტერული მოდელი.

2 – ძალოვანი ბერკეტები; 3 – ჩასაგები ღეროები; 4 – წიბოს სამაგრი გესებრი პროფილი; 5 – ფორმატწარმოქმნილი წიბო; 6 – ამრეკლი ბაღე; 7 – ბადის შემოსაზღვრელი ბაგირაკი; 8 – ძალოვანი ბერკეტების დამაკავშირებელი ცენტრალური ცილინდრული სახსარი; 9 – ჩასაგები ღეროების დამაკავშირებელი ცილინდრული სახსარი; 10 – პანგოგრაფის ელემენტებისა და მოსაზღვრე სექციების დამაკავშირებელი ცილინდრული სახსრები; 11 – პანგოგრაფის გამლის მასინქრონიზირებელი კბილანები; 12 – პანგოგრაფის მოსაზღვრე სექციების დამაკავშირებელი და გესებრი პროფილის სამაგრი შიგა კრონშეინი; 13 – პანგოგრაფის სექციების დამაკავშირებელი გარე კრონშეინი; 14 – შიგა კრონშეინისა და გესებრი პროფილის სამაგრი შპლინგი.

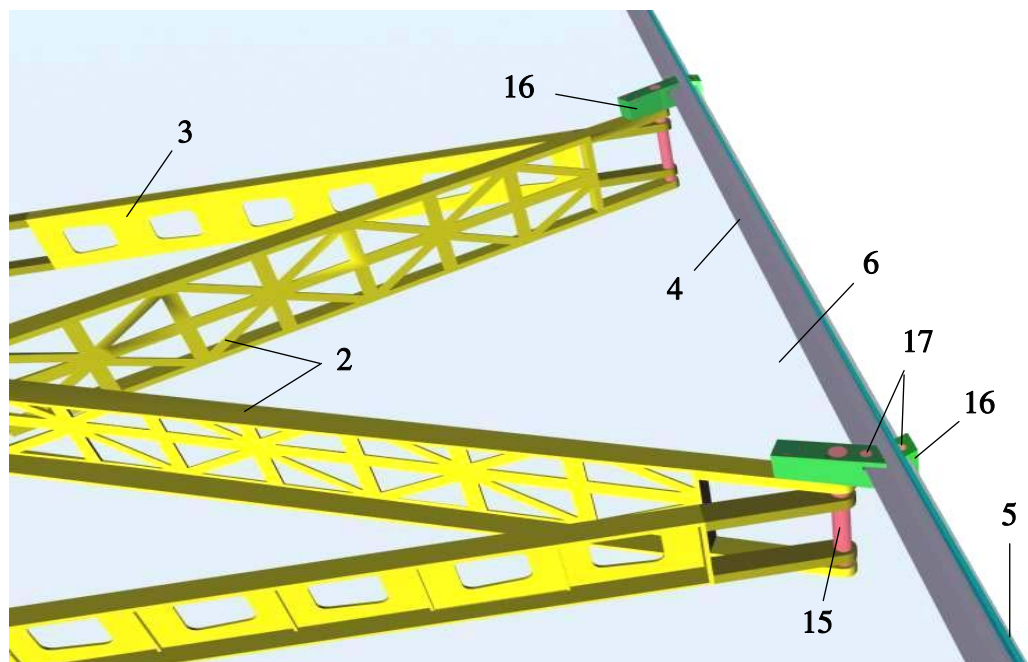
სწორედ მოცემული კრონშტეინებითა 12, 13 და პანტოგრაფის ელემენტების დამაკავშირებელი ცილინდრული ღერძებით 10 ხდება მოსაძვრე სექციების ერთმანეთზე სახსრულად გადაბმა.

თავის მხრივ ძირითადი ბერკეტები 2 ერთმანეთს სახსრულად უკავშირდებიან ცილინდრული ღერძებით 8, ხოლო ჩასაგები ღეროები 3 –ცილინდრული ღერძებით 9.

ძირითადი ბერკეტების 2 ბოლოებზე ხისგადაა მიმაგრებული გარკვეული კუთხით მოჭრილი კბილანები 11, რომლებშიც ასევე გაყრილია ცილინდრული ღერძები 10. მოსაძვრე კბილანების ზომები იმდაგვარადაა შერჩეული, რომ ბრუნვისას მათი კბილები მჭიდროდ ეხებიან ერთმანეთს და იცავენ ძალოვანი პანტოგრაფის გაშლის სინქრონიზაციას.

შიგა კრონშტეინს 12, მოსაძვრე სექციების გადაბმის გარდა კიდევ ერთი დანიშნულება აქვს. მასში განივი მიმართულებით გაკეთებულია ღარები, რომლებშიც გატარებულია ტესებრი პროფილების თაროები 4. ცალ მხარეს პროფილი ჩამაგრებულია ხისგად, ხოლო მეორე მხარეს – ღარში სრიალის საშუალებით. პროფილის ცალ მხარეს დასაფიქსირებლად შიგა კრონშტეინში 12 გაყრილია სამაგრი შპლინგი 14.

ტესებრი პროფილის 4 კედლებზე უძრავად მაგრდება გარკვეული სიხისგის მქონე ფორმათწარმოქმნელი წიბოები 5, რომლებზეც გადაჭიმულია ამრეკლი ბადე 6.



ფიგ. 2.21 – რკალისებრი პანტოგრაფიანი პარალელურწიბოებიანი რეფლექტორის განაპირა კვანძის კომპიუტერული მოდელი.

2 – ძალოვანი ბერკეტები; 3 – ჩასაგები ღერო; 4 – განაპირა ტესებრი პროფილი; 5 – განაპირა ფორმათწარმოქმნელი წიბო; 6 – ამრეკლი ბადე; 15 – რკალისებრი პანტოგრაფის განაპირა სექციის ელემენტების დამაკავშირებელი გარე ცილინდრული სახსარი; 16 – შიგა განაპირა კრონშტეინი; 17 - განაპირა კრონშტეინისა და ტესებრი პროფილის სამაგრი შპლინგები.

რაც შეეხება რეფლექტორის განაპირა ელემენტების შეერთების კვანძებს, ისინი ოდნავ განსხვავებულია (ფიგ. 2.21). აღნიშნულ შემთხვევაში ძირითად სამაგრ კვანძად საკმარისია მხოლოდ ერთი – შიგა განაპირა კრონშტეინის 16 არსებობა, რომელიც განაპირა ბერკეტებზე 2 და ჩასატყვს ღეროებზე 3 მიერთებულია სახსრულად, ცილინდრული ღერძის 15 მეშვეობით. თავის მხრივ ერთ-ერთი კრონშტეინი 16 ტესებრ პროფილთან 4 ხისგადაა დაფიქსირებული შპლინტების 17 მეშვეობით, ხოლო მეორე – მასზე სრიალის საშუალებით. რეფლექტორის დაკეცილი პაკეტის მცირე გაბარიტული ზომების შესანარჩუნებლად, კონსტრუქციის დიდი გაბარიტების შემთხვევაში, ტესებრი პროფილები შესაძლებელია დაპროექტდეს “გადატყვის” საშუალებით.

რაც შეეხება კონსტრუქციის გამშლელ მექანიზმს, იგი რგოლურ სისტემებში გამოყენებული გამშლელი მექანიზმების ანალოგიურია. მიღებული კონსტრუქციის გახსნა-დაკეცვა რგოლურ სისტემებთან მიმართებაში, შედარებისათვის შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად: პანტოგრაფის გახსნა წარმოებს იდენტურად, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ აღნიშნულ შემთხვევაში რგოლიდან ამოჭრილი რაღაც ნაწილი იშლება შესაბამისი სიმრუდის რადიუსის რკალზე.

2.3. რგოლურ სისტემიანი მექანიკური კონსტრუქციები

განხილულ კოსმოსურ კონსტრუქციებთან შედარებით ყველაზე უნივერსალური და პერსპექტიული მექანიკური კონსტრუქციებია, კერძოდ რგოლიანი სისტემები. ისინი უზრუნველყოფენ კარკასის შედარებით მაღალ სიხისტეს, ტექნოლოგიურობასა და საიმედოობას [108, 109].

გაშლა-დაკეცვის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, ასევე დაკეცილი პაკეტის მცირე ზომების გამო რგოლის კონსტრუქცია ღეროვანი შესრულებისას წრიული ფერმული კონსტრუქციის სახითაა გადაწყვეტილი [112, 114, 119].

კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტში ამ მიმართულებით ინტენსიური სამუშაოები მიმდინარეობდა მრავალ ევროპულ კომპანიებთან. ოპტიმალური ვარიანტების შერჩევა მოხდა კომპანია “Dymler Benz Aero Space, Dornier Satteliten Systeme”-თან ერთობლივი სამუშაოების განხორციელებისას. კერძოდ ახალი

მოთხოვნების შესაბამისად დაპროექტდა და გამოიცადა ორი ვარიანტი 15 მეტრიანი რეფლექტორებისა, როგორც საცდელი კონსტრუქციებისა.

ისინი ძირითადად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ძალოვანი რგოლების კონსტრუქციული გადაწყვეტებითა და ცენტრალური ნაწილის დამაგრებით მათზე. ქვემოთ მოკლედ წარმოდგენილია მათი მუშაობის პრინციპები.

2.3.1. ერთმრიანი პანტოგრაფული კოსტრუქცია

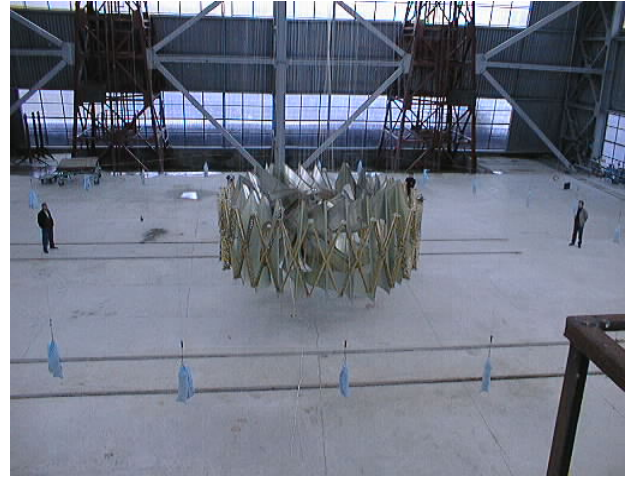
ძირითადი და ჩასაკეცი ბერკეტებით

პირველ ვარიანტში რგოლის სტრუქტურული სქემა წარმოადგენს ჩაკეტილ მრავალკუთხედს, რომელიც შედგება 24 სექციისაგან. ცალკეული სექცია შეიცავს ბერკეტების გამშლელ კინემატიკურ ჯაჭვს ორი სიმეტრიული ორსადავიანი ჯგუფით. მათი მეშვეობით ხდება ძირითადი ბერკეტების გაშლა საჭირო კუთხეზე. ჩასაკეცი ბერკეტების სრული გაშლით კი ფიქსირდება სექციის მთლიანი გაბარიტი და ძირითადი ბერკეტების მობრუნების კუთხე.

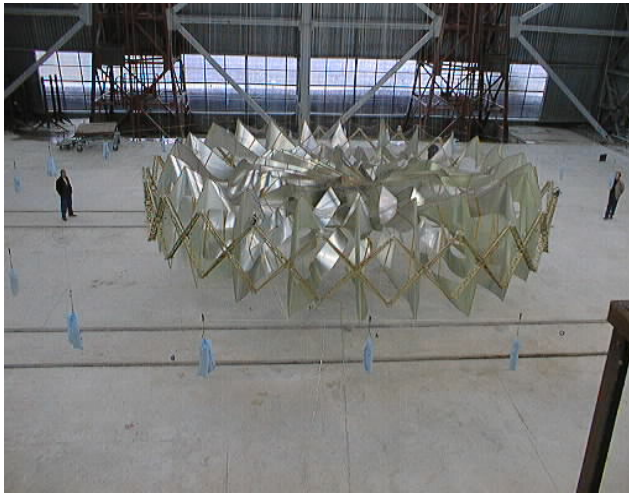
ჯვარედინად განლაგებული ძირითადი ბერკეტები დაკავშირებულია ერთმანეთთან ცენტრალური ცილინდრული სახსრებით, რომელთა გარშემო ხდება მათი ბრუნვა. რგოლების სინქრონული გაშლისათვის მოსაზღვრედ მდებარე ძირითადი ბერკეტების ბოლოები დაკავშირებულია ერთმანეთთან კბილანური სექტორებით. ჩასაკეცი ბერკეტები მათი ფიქსაციის შემდეგ საგრძნობლად ზრდიან ძალოვანი რგოლის სიხისტეს გამწვანებულ მდგომარეობაში.



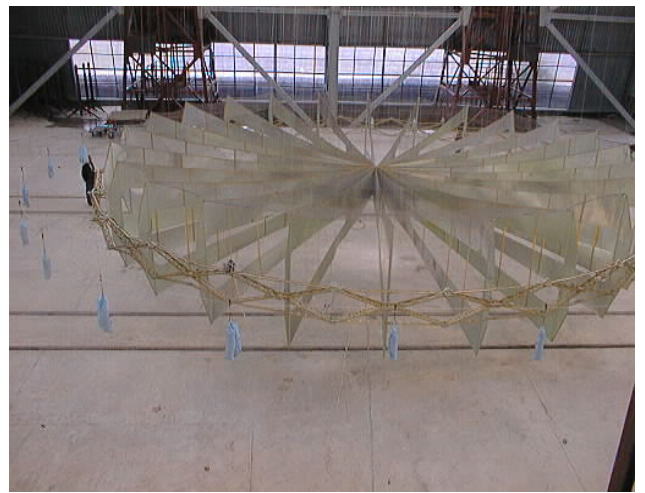
ფიგ. 2.3.1



ფიგ. 2.3.2



ფიგ. 2.3.3



ფიგ. 2.3.4

ფორმატწარმომქმნელი სტრუქტურა შესრულებულია რადიალურად განლაგებული ფურცლების სახით, რომლებიც ცენტრალურ ნაწილში დოლზე მაგრდებიან. მეორე ბოლოებით რადიალური ფურცლები ჩამაგრებულია ძირითადი ბერკეტების გადაკვეთის წერტილში, საიდანაც ხდება მათი დაჭიმვა. რეფლექტორის საერთო წონის შესამცირებლად რადიალურ ფურცლებზე შესრულებულია სოლისებრი ამოჭრები.

რგოლის გაშლა წარმოებს ამძრავითა და ბაგირული სისტემით. კერძოდ, რგოლი შედგება 8 ფრაგმენტისაგან. თითოეულ ფრაგმენტში 3 სექციაა. ყოველი ფრაგმენტის ქვედა მარცხენა ბოლოში დამონტაჟებულია შესაბამისი სიმძლავრის ელექტროძრავები. ყოველი სექციის გადაბმის ზედა და ქვედა კვანძებში დამაგრებულია გორგოლაჭები, რომლებზეც შესაბამისი სქემით გადატარებულია გამშლელი ბაგირები. ისინი ერთი ბოლოთი ეხვევიან ძრავის კოჭზე, ხოლო მეორეთი დაფიქსირებული არიან ფრაგმენტის მარჯვენა ქვედა ბოლოებზე, სადაც შემდეგი ფრაგმენტის ძრავია განთავსებული. ფიგ. 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 და 2.3.4-ზე წარმოდგენილია კონსტრუქციის გაშლის ეტაპები.

2.3.2. ერთშირიანი პანტოგრაფული კოსტრუქცია

ჩასაკეცი ბერკეტებით

მეორე ვარიანტში რეფლექტორის წონის შესამცირებლად ძალოვანი რგოლი შესრულებულია სხვაგვარად.

კერძოდ, ძალოვანი რგოლი წარმოდგენილ ვარიანტშიც 24 სექციისგან შედგება მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ აქ გვაქვს მხოლოდ ჩასაკეცი ბერკეტები. რგოლის განივი კვეთის ინერციის მომენტის გასაზრდელად მანძილი ღეროებს შორის გაცილებით მეტია ვიდრე პირველი ვარიანტის შემთხვევაში.

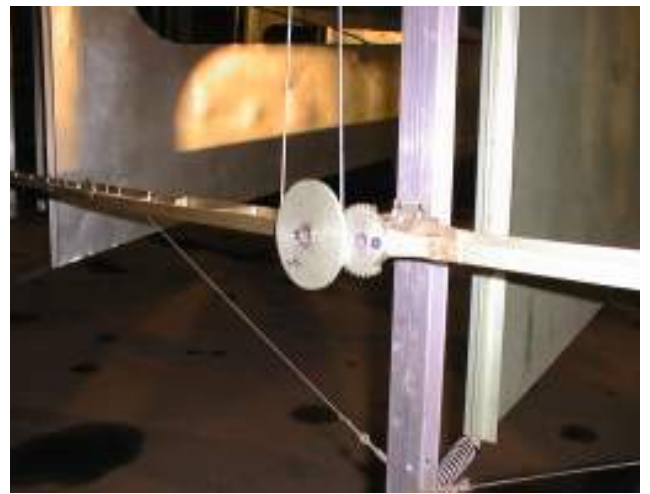
სისტემის სინქრონული გაშლის პრინციპი აქაც უცვლელია, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ კბილანები დამაგრებულია მოსაზღვრედ მდებარე ჩასაკეცი ბერკეტებზე.

რაც შეეხება ფორმაწარმოქმნელ სტრუქტურას, იგი ანალოგიურია პირველი ვარიანტისა, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ პერიფერიულ ნაწილში მათი ჩამაგრება ხდება ორ წერტილში – სექციების გადაბმის ადგილზე ჩამონტაჟებული დგარის ზედა და ქვედა ბოლოებზე (იხ. ფიგ. 2.3.5, 2.3.6 და 2.3.7).

წარმოდგენილ ვარიანტში გაშლის პრინციპი ანალოგიურია იმ განსხვავებით, რომ ძალოვანი რგოლის გამშლელი ბაგირული სისტემის კინემატიკური სქემა მორგებულია მის კონსტრუქციულ თავისებურებებთან.



ფიგ. 2.3.5



ფიგ. 2.3.6



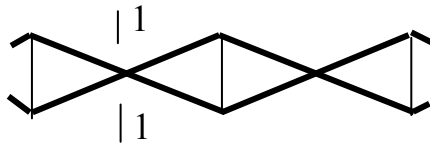
ფიგ. 2.3.7

საცდელ ვარიანტებზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ რეფლექტორის ამრეკლი ზედაპირის მაღალი სიზუსტისა და კონსტრუქციის მინიმალური წონის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით რგოლის კონსტრუქცია გადამწყვეტ როლს ასრულებს. კერძოდ, ძალოვანი ნაწილის შემადგენელი ელემენტების კვეთების შემცირებით შესაძლებელია პანტოგრაფის სტრუქტურის

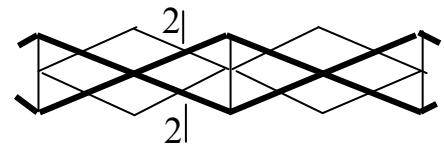
დახვეწა ისე, რომ 15 მ-მდე დიამეტრის რეფლექტორებისათვის, სიზუსტის პირობებიდან გამომდინარე, წონა გაცილებით ნაკლები იქნება [18, 19, 22, 23].

2.4. ორბიტალურ სადგურ “მირ”-ზე განხორციელებული ექსპერიმენტი “რეფლექტორი”

ზემოთ წარმოდგენილი ვარიანტების განხილვითა და შესწავლით დადგინდა კონსტრუირების შემდეგი ეტაპი, რაც ორმაგ პანტოგრაფიან სისტემებზე გადასვლით გამოიხატა.



ფიგ. 2.4.1



ფიგ. 2.4.2

ფიგ. 2.4.1-ზე წარმოდგენილია ერთმაგ პანტოგრაფიანი სისტემა, რომელიც მხოლოდ ძირითადი ბერკეტებისაგან შედგება, ხოლო ფიგ. 2.4.2-ზე - ორმაგ პანტოგრაფიანი სისტემა, სადაც დამატებით შემოტანილია რომელიც ელემენტები, რომლებიც სახსრულადაა შეერთებული ბერკეტებთან და დგარებთან.

ამ ორი სისტემის სიხისტეებს შორის განსხვავება ნათლად ჩანს ზემოთ მოყვანილი სქემებიდან.

სწორედ ამ პრინციპის გათვალისწინებით საქართველოს კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტში შეიქმნა 6 მეტრიანი მსუბუქი კონსტრუქცია. იგი სრულად დაპროექტებული, დამზადებული და დედამიწის პირობებში გამოცდილ იქნა საქართველოში. მისი დამზადება და დედამიწის პირობებში გამოცდა მიმდინარეობდა 31-ე საავიაციო ქარხანაში (ფიგ. 2.4.3, 2.4.4).



ფიგ. 2.4.3



ფიგ. 2.4.4

1999 წლის 23 აგვისტოს კონსტრუქცია გამოცდილ იქნა ორბიტალურ სადგურ “მირ”-ზე, ერთობლივი ქართულ-რუსული პროგრამით “რეფლექტორი” (ფიგ. 2.4.5 და 2.4.6).



ფიგ. 2.4.5



ფიგ. 2.4.6

6 მეტრიანი ანტენის გამოცდამ კოსმოსურ სივრცეში დაადასტურა, რომ სატელეკომუნიკაციო და სპეციალური სამხედრო კოსმოსური პროგრამების შექმნა დიდგაბარიტიანი ანტენების გამოყენებით რეალურად განხორციელებადი ამოცანაა.

თავი 3. ევროპული დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორების (LDR) კონსტრუირების ლოგიკა ევროპული პროგრამის ფარგლებში

3.1. სტრუქტურული სქემების მოკლე აღწერა და შესაბამისობის ანალიზი

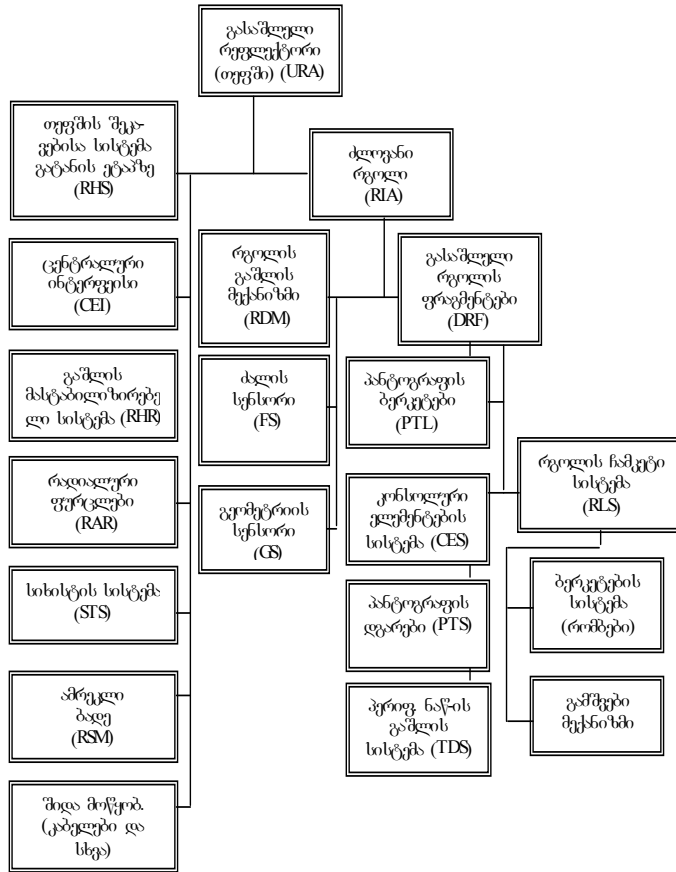
3.1.1. აბრევიატურები, დიაგრამების ბლოკები და ძირითადი მოთხოვნები.

დიდი გასაშლელი რეფლექტორის (LDR) რთული კონფიგურაციისა და შემადგენელი ელემენტების დასახელებათა გამარტივების მიზნით ევროპულ სააგენტოსთან შეთანხმებით შემოღებულია აბრევიატურები, რომელიც ნაჩვენებია ცხრილში 3.1.1.

ცხრილი 3.1.1.

შემოკლება	განმარტება
CEI	ცენტრალური ინტერფეისი
CES	კონსოლური ელემენტების სისტემა
DRF	გასაშლელი რგოლის ფრაგმენტი
GS	გეომეტრიული გადამწოდი
PNS	პანტოგრაფის დგარი
PTS	პანტოგრაფის ტელესკოპური დგარი
PS	პოტენციომეტრული გადამწოდი
RAR	რადიალური ფურცელი
RDM	რგოლის გაშლის მექანიზმი
RIA	ძალოვანი რგოლი
RHS	თეფშის შეკავების სისტემა გატანის ეტაპზე
RHR	გაშლის მასტაბილიზირებელი სისტემა
RSM	ამრეკლი ბადე
STS	სიხისტის სისტემა
SRS	დამატებითი ფურცლების სისტემა
TDS	პერიფერიული ნაწილის გაშლის სისტემა
URA	გასაშლელი რეფლექტორი (თეფში)
PIM	პასიური ინტერმოდულაცია
RF	რადიო სიხშირე
RMS	საშუალო კვადრატული გადახრა
RTM	დამიზნების მექანიზმი

თვალსაჩინოებისათვის, წარმოდგენილ ქვეთავში ასევე დამუშავებულია რეფლექტორული ანტენის ორი ძირითადი ვარიანტის LDR-1-სა და EVM-2-ის



ფიგ. 3.1.3. ბლოკ-დიაგრამა ვარიანტი EVM-2-ის მიხედვით.

წარმოდგენილი ბლოკ-დიაგრამებისა და კონსტრუქციების “რეფლექტორი”, LDR-1 და EVM-2-ის შესაბამისობის დასადგენად ჩატარებულ იქნა მათი სტრუქტურული სქემების შედარებითი ანალიზი და საბოლოო შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 3.2.5 (ქვეთავის ბოლოში).

ცხრილში 3.1.2. მოცემულია გასაშლელი რეფლექტორის ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები მოთხოვნათა შესაბამისობაში, რაც გათვალისწინებული იქნა ძირითადი ვარიანტის შერჩევასა და მის კონსტრუქციაში.

ცხრილი 3.1.2

№	მოთხოვნები	ერთეულ	სიდიდე	შენიშვნა
		ო		

3.	<p>სიხისტე</p> <p>5.1. გამწვების და სატრანსპორტო კონფიგურაცია</p> <p>5.2. ორბიტაზე ყოფნის კონფიგურაცია (სისტემა გაშლილია 15 წელზე მეტ ხანს)</p>	<p>ზ</p> <p>ზ</p>	<p>>450</p> <p>>1.0</p>	
----	---	-------------------	-------------------------------	--

3.1.2. ძალოვანი რგოლი (RIA)

ძალოვანი რგოლი რეფლექტორების ყველა ვარიანტისათვის ძირითადი ელემენტია და უზრუნველყოფს კონსტრუქციის გამლას და ამრეკლი ზედაპირის ფორმათწარმოქმნას.

ძალოვანი რგოლი ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” წარმოადგენს 5800 მილიმეტრიან ცილინდრში ჩახაზულ 24-წახნაგას. შესრულებულია ალუმინის შენადნობებისაგან. რგოლის კინემატიკური სქემა წარმოადგენს პანტოგრაფს, რომელიც შედგება ურთიერთგადაძვეთი ძალოვანი ბერკეტებისაგან, ზედა და ქვედა ფიტინგებიანი ვერტიკალური დგარებისაგან და დამატებითი რგოლებისაგან ჩამკეტი მექანიზმით (48 ცალი). ფიტინგებს საშუალება აქვთ გამლის პროცესში გადაადგილდნენ ვერტიკალურ დგარებზე. ძალოვანი ბერკეტები წყვილ-წყვილად არიან შეერთებული ერთმანეთთან და ფიტინგის დგარებთან. სახსრები წარმოადგენს თავისუფლების ერთი ხარისხით მზრუნავ წყვილს. დამატებითი რგოლები სახსრულად (სრიალის საკისრები) არის ერთმანეთთან შეერთებული რომბის სახით, და აგრეთვე – ძალურ ბერკეტებთან და დგარებთან. ჩამკეტი მექანიზმის ელემენტები განლაგებულია რომბის ვერტიკალური ღერძის გასწვრივ.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია თეფშის მინიმალური მასის, მაღალი ტემპერატურული სტაბილურობისა და გამლის მაქსიმალური საიმედოობის მიღწევის მიზნით:

- ცილინდრი 9700 მმ (დიამეტრი);
- კონსოლები შეტანილია რგოლის შემადგენლობაში;
- არ არსებობს დამატებითი რგოლები (რომბი);
- ჩამკეტის კვანძების რაოდენობა – 24;
- მასალა CFRP [57].

EVM-2-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია თეფშის მაღალი სიხისტის, ტემპერატურული სტაბილურობისა და გამლის საიმედოობის გაზრდის მიზნით:

- ფორმა – კონუსური;
- კონსოლები შეტანილია რგოლის შემადგენლობაში;

- ბერკეტების და რომბის რგოლების შემაერთებელი კვანძები გადაადგილდებიან დგარებზე;
- მასალა CFRP

3.1.3. ძალოვანი ბერკეტები (PTL)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” პანტოგრაფის ურთიერთგადამკვეთი ძალოვანი ბერკეტები სულ 96 ცალია, ოთხ-ოთხი ყოველ სექციაში. ბერკეტები განლაგებულია წყვილ-წყვილად ისე, რომ გარე და შიდა ბერკეტებისაგან წარმოიქმნება სტრუქტურა. გაშლის სისტემის მოსაწყობად სექციების შეერთების კვანძებთან მიმაგრებულია გორგოლაჭები. ბერკეტები შესრულებულია ალუმინის მილისაგან ცენტრალური ელემენტით და შუალედური ფიტინგებით სახსრული კვანძების ფორმირებისათვის. ყოველი ბერკეტის შემადგენლობაში შედის 5 გორვის საკისარი.

LDR-1-ში მოდერნიზებულება მასის შემცირების, საიმედოობის გადიდების და ტექნოლოგიის გამარტივების მიზნით:

- ბერკეტების რაოდენობა – 48;
- მასალა CFRP

EVM-2-ში მოდერნიზებულება ძალოვანი რგოლის კონუსის სახით ფორმირებისათვის:

- შეცვლილია გეომეტრია;
- მასალა CFRP

3.1.4. პანტოგრაფის დგარები (PTS, PNS)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” პანტოგრაფის დგარები (24 ცალი) შესრულებულია ალუმინის მილისაგან, რომელზეც დატანილია რომბის ღეროების სამაგრები. სატრანსპორტო მდგომარეობაში ზედა და ქვედა ფიტინგები განლაგდება დგარების ბოლოებზე, ხოლო სამუშაო მდგომარეობაში – გადაადგილდება სამაგრებისაკენ, ე.ი. დგარების ბოლოები გამოშვებულია ფიტინგების საზღვრებიდან.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია მასისა და გაბარიტების შემცირების მიზნით სამუშაო მდგომარეობაში:

- შესრულებულია ტელესკოპის კვანძის სახით;
- ფიტინგები ხისტად არის დამაგრებული დგარებზე;
- შემოტანილია ორი კრონშტეინი რადიალურ ფურცლებთან სახსრული შეერთებისათვის;
- შემოტანილია ძალოვანი რგოლის გაშლილი მდგომარეობის ჩამკეტი მექანიზმი;
- მასალა CFRP

EVM-2-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია რგოლის კონუსის სახით ფორმირების მიზნით:

- შეტანილია კონსოლების შემადგენლობაში;
- დამატებულია რომბთან შეერთების კვანძი;
- მასალა CFRP.

3.1.5. ჩამკეტი მექანიზმი (RLS)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” პანტოგრაფის გაშლილ მდგომარეობაში ჩამკეტი მექანიზმი (48 ცალი) წარმოადგენს ორ ზამბარიან საკეტელას, რომელთა კორპუსი შეერთებულია დამატებით რომბებთან. კორპუსის შიგნით მოთავსებულია კბილანებიანი ღერო. ღერო დაკავშირებულია პანტოგრაფის ძალოვანი ბერკეტების გადაკვეთის სახსრიან კვანძთან და მოთავსებულია რომბის ვერტიკალურ დიაგონალზე. ჩამკეტი მექანიზმები შედის ყოველი უჯრედის შემადგენლობაში 2 ცალის რაოდენობით

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია მასისა და გაბარიტების შემცირების, საიმედოობის გადიდებისა და ტექნოლოგიის გამარტივების მიზნით:

- შედის ტელესკოპური დგარების შემადგენლობაში;
- რაოდენობა – 24 ცალი;
- ზამბარული ელემენტი;
- იძლევა რეგულირების საშუალებას.

EVM-2-ში ჩამკეტი მექანიზმი სრულად შეესაბამება პ. 5.1-ში აღწერილ მექანიზმს.

3.1.6. ამძრავი RDM

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” ამძრავი, რომლის დანიშნულებაცაა ძალოვანი რგოლის გაშლა, წარმოადგენს ელექტრომექანიკურ სისტემას. ამძრავი შედგება ელექტროძრავისაგან, პლანეტარული და ჭიახრახნული რედუქტორებისაგან. ფუნქციონირების მაქსიმალური დრო – არაუმეტეს 20 წუთისა.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია საიმედოობის გადიდების მიზნით:

- არის მაქსიმალური მომენტის შეზღუდვის მოწყობილობა;
- შემოტანილია: გამათბობელი თერმორელეთი და ტემპერატურული გადამწოდი;
- ფუნქციონირების დროში შეზღუდვა არ არის.

EVM-2-ში ამძრავი (RDM) ანალოგიურია პ.6.2-ში აღწერილისა, მაგრამ მაქსიმალური მომენტის სიდიდე გამოსავალ ლილვზე უნდა დაზუსტდეს კინემატიკური ანალიზის ჩატარების შემდეგ.

3.1.7. ბაგირული სისტემა (TDS)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” გაშლის ბაგირული სისტემა შედგება ამძრავის გამომავალ ლილვზე დაყენებული ბაგირის კოჭისაგან; ბაგირი ჩაგებულია პანტოგრაფის ელემენტების გასწვრივ სამი სექციის ფარგლებში. ჩაგებისას ბაგირი ეყრდნობა პანტოგრაფის პარალელურად განლაგებული ძალოვანი ბერკეტების შემაერთებელ ზღუდარებზე დაყენებულ გორგოლაჭებს. მოცემული ძალების უზრუნველყოფისათვის ბაგირის სისტემაში ბაგირის ბოლოს დაყენებულია ზამზარანი რეგულირების კვანძი და ამძრავის გამომრთველ გადამწოდზე ზემოქმედების ელემენტები.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია მასის შემცირების, საიმედოობის გაზრდისა და ტექნოლოგიის გამარტივების მიზნით:

- განლაგებულია ტელესკოპური დგარის შიგნით, რომელზეც დაყენებულია ამპრავი (RDM);
- გამოყენებულია პოლისპასტის პრინციპი;
- არასაშტატო სიტუაციის დროს დასაშვებია ერთ-ერთი ამპრავის მტყუნება, რაც იწვევს პანტოგრაფის ძალოვანი ბერკეტების დატვირთვის შეცვლას (კუმშვის ძაბვებს დაემატება ღუნვის მნიშვნელოვანი ძაბვები). სწორედ ეს სიდიდეები გამოიყენება გაანგარიშებითი დატვირთვის განსაზღვრისათვის, და როგორც შედეგი, ძალოვანი ბერკეტების კონფიგურაციისა და ელემენტების მასალის განსაზღვრისათვის.

EVM-2-ში ბაგირული სისტემა გაყვანის მიხედვით ანალოგიურია, რომელიც აღწერილია პ. 7.1-ში.

3.1.8. ძაღვის (FS) და გეომეტრიის (GS) გადამწოდები

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” სადგურ “მირ”-ზე ძალოვანი რგოლის შემადგენლობაში დაყენებული იყო ორი (ყოველ ამპრაზე) კიდური გადამწოდი: ძაღვის და გეომეტრიის, რომელთა დანიშნულება იყო გადამწოდების გამორთვა კონსტრუქციის გაშლილი პარამეტრების მიღწევისას. გამოიყენებოდა ლაბორატორიული ტიპის კიდური გადამწოდები.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია:

- შემადგენლობაში შედის მხოლოდ გეომეტრიის გადამწოდი (GS);
- გამოიყენება დასაჭერი ტიპის კიდური გადამწოდი.

EVM-2-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია:

- შემადგენლობაში შედის მხოლოდ გეომეტრიის გადამწოდი (GS);
- გამოიყენება დასაჭერი ტიპის კიდური გადამწოდი.

3.1.9. პოტენციომეტრული გადამწოდები (DS)

ექსპერიმენტი “რეფლექტორი” ტარდებოდა ოპერატორების მონაწილეობით, რომლებიც გაშლის პროცესის დამთავრებისას ატარებდნენ კონსტრუქციის

დათვალიერებას პროცესის დასრულებადობის თაობაზე. ამასთან, ტელემეტრული კონტროლი, მათ შორის გაშლის კუთხეებისა, გათვალისწინებული არ იყო.

LDR-1-სა და EVM-2-ში პანტოგრაფის ძალოვანი ბერკეტების გაშლის კუთხის კონტროლისათვის ძალოვანი რგოლის შემადგენლობაში შეტანილია პოტენციომეტრული ტიპის ორი გადამწოდი.

3.1.10. კონსოლების სისტემა (CES)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” ამრეკლი ზედაპირის აუცილებელი კონფიგურაციის ფორმირებისათვის რეფლექტორის კონსტრუქციის შემადგენლობაში შეტანილი იყო გადასახსნელი კონსოლები (24 ცალი). ისინი დამაგრებული იყო რადიალური ფურცლების დგარების ბოლოებზე და შესრულებული იყო დრეკადი მასალისაგან. ყოველი კონსოლი წარმოადგენდა დამოუკიდებელ მექანიზმს. სატრანსპორტო მდგომარეობაში კონსოლებს ახვევდნენ წყობაზე და აკავებდნენ არტახებით.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულდება საიმედოობის გადიდების და გაყვანის ეტაპზე წყობის შემაკავებელი სისტემის გამარტივების მიზნით:

- ტელესკოპური დგარების ფიტინგებთან კინემატიკურად დაკავშირებული ბერკეტული ტიპის კონსოლური ელემენტები;
- მასალა CFRP.
- შემოტანილია დამაგრძელებლები.

EVM-2-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულდება საიმედოობის გაზრდის მიზნით:

- კონსოლური ელემენტები, რომლებიც წარმოადგენს რთული კონფიგურაციის სამკუთხა კვეთის წამწის კონსტრუქციებს;
- მასალა CFRP.
- კინემატიკურადაა დაკავშირებული რგოლთან;
- ერთ-ერთი წიბო ასრულებს რგოლის დგარის მიმმართველის ფუნქციას.

3.1.11. რადიალური ფურცლები (RAR)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” რადიალური ფურცლები (24 ცალი) შესრულებული იყო 50 მკმ სისქის ალუმინის კილიტისაგან და წარმოადგენდა ლენტებს, რომელთა ზედა ნაწიბური შეესაბამებოდა ზედაპირის წერტილებს და გამოიყენებოდა ბადე-ტილოს დასამაგრებლად. ბადე-ტილოს დამაგრება სრულდებოდა ფურცლის ნაწიბურზე მიკერების გზით მთელ სიგრძეზე. ფურცლის ქვედა ნაწიბური იყო ზედას სიმეტრიული, რაც დაჭიმულობის ძალის ოპტიმალურად განაწილების საშუალებას იძლეოდა. ფურცლის ერთი ბოლო ხისტად მაგრდებოდა ცენტრალური კვანძის დოლთან, ხოლო მეორე მხრიდან ფურცელი ასევე ხისტად იყო დამაგრებული პანტოგრაფის დგარის ოთხ ზონაში. დამაგრების ეტაპზე სრულდებოდა ფურცლების ზედა ნაწიბურების კორექცია, რადგანაც დამაგრების შემდეგ არანაირი რეგულირება არ იყო გათვალისწინებული.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულება მასის შემცირების, ფორმის შენარჩუნების, სტაბილურობის უზრუნველყოფისა და RSM-ის ინტეგრაციის ტექნოლოგიის გამარტივების მიზნით:

- RSM-ს დამაგრება – წერტილოვანი;
- ფურცლის ლენტა მართკუთხედის ფორმის;
- შეტანილია დგარის შემადგენლობაში, რომელთა ზედა ბოლოებზე დაყენებულია ბადე-ტილოს დამაგრების კვანძები;
- სახსრული დამაგრება CEI და RIA-სთან;
- შესაძლებელია მთელი ფურცლის მდგომარეობის რეგულირება ± 3 მმ დიაპაზონში, ბადის სამაგრის ყოველი კვანძის ± 10 მმ დიაპაზონში;
- შემოტანილია დამატებითი ლენტი, რომელიც აერთებს დამაგრების კვანძებთან უშუალოდ ახლოს მდებარე დგარებს.
- მასალა CFRP [123].

EVM-2-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულება რგოლის კონუსის სახით ფორმირებისა და აუცილებელი სიზუსტის მიზნით:

- ზედა და ქვედა ნაწიბურებზე ფურცლებთან ბადის დამაგრების წერტილები სხვადასხვანაირად არის დაშორებული CEI-დან;

- სახსრული დამაგრება CEI-თან;
- შემოტანილია დამატებითი ფურცლები;
- მასალა CFRP.

3.1.12. ცენტრალური კვანძი (CEI)

ცენტრალური კვანძი, რომლის დოლოზეც არის დამაგრებული რადიალური ფურცლები, განკუთვნილი იყო სადგურ “მირ”-ზე რეფლექტორის დასამაგრებლად. ცენტრალური კვანძი შეიცავდა ღერძზე დამაგრებულ დოლს, საყრდენ კონუსს და გაშლის დროს რგოლის ბრუნვის შემაკავებელ სისტემას. შესრულებულია ალუმინის შენადნობისაგან.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია მასის შემცირებისა და საიმედოობის გადიდების მიზნით:

- შემოტანილია RAR-ის სახსრული დამაგრება;
- შემოტანილია სიხისტის სისტემის ელემენტები;
- მასალა CFRP [111].

EVM-2-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია მასის შემცირებისა და საიმედოობის გადიდების მიზნით:

- საყრდენი კონუსი და დოლი შეერთებულია ღერძით;
- შემოტანილია RAR-ის სახსრული დამაგრება;
- შემოტანილია სიხისტის სისტემის ელემენტები;
- შემოტანილია რგოლის ბრუნვისაგან შემაკავებელი სისტემის ელემენტები;
- მასალა CFRP.

3.1.13. ამრეკლი ზედაპირი (RSM)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” ამრეკლი ზედაპირის სახით გამოიყენებოდა ლითონის ბადე-ტილო დაფარვის გარეშე. ზედაპირი იქმნებოდა ცალკეული სექციების გადაბმით. ნაკერების განლაგება ხორციელდებოდა რადიალური ფურცლების დამაგრების ხაზებზე. RSM-ის დამაგრება შესრულებული იყო ფურცლების ნაწიბურებზე და კონსოლებზე მიწებებით და შემდგომი მიკერების გზით.

LDR-1-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია მასის შემცირებისა და ზედაპირის ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით:

- მასალა ბადე-ტილო “ატლასი- ატლასი”;
- შეცვლილია გამოჭრილობა ნაკერების სიგრძის შემცირებისათვის;
- გაყრილია არმირებული ძაფი (რადიალური, განივი და შუალედური);
- დგარების კვანძებთან დამაგრება საჭიმარების მეშვეობით წერტილოვანია.

EVM-2-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია მასის შემცირებისა და ზედაპირის ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით:

- მასალა ბადე-ტილო “ატლასი - ატლასი”;
- შეცვლილია გამოჭრილობა ნაკერების სიგრძის შემცირებისათვის;
- ძირითადი და დამატებითი ფურცლების ნაწიბურებთან დამაგრება.

3.1.14. შეკავების სისტემა გატანის ეტაჟზე (RHS)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” სატრანსპორტო ეტაჟზე შეკავების სისტემა განკუთვნილია პაკეტის სადგურის გარე ზედაპირზე უსაფრთხოდ გატანისათვის. სისტემა შეიცავდა ორ არტახს, რომელთაგან ერთი აკავებდა ძალურ რგოლს, ხოლო მეორე – აკეცილ კონსოლებს. სისტემის ელემენტების დემონტაჟი სრულდებოდა ოპერატორების მიერ.

LDR-1-ში გაყვანის ეტაჟზე შემაკავებელი სისტემა განკუთვნილია დაკეცილი თევზის აკუმულირებული დრეკადი ძალების ზემოქმედებით თვითნებურად გაშლის თავიდან აცილებისათვის. სისტემა შედგება ცენტრალური კვანძის საყრდენ მილტუჩზე სახსრულად დამაგრებული ორი ბერკეტისაგან. ბერკეტების ბოლოებზე დამაგრებულია ლენტური არტახი და პიროტექნიკური მოწყობილობა არტახის არღვევისათვის.

EVM-2-ში შეკავების სისტემა დანიშნულების მიხედვით და შემადგენლობით ანალოგიურია პ. 14.2-ში აღწერილისა.

3.1.15. რგოლის ბრუნვისაგან შეკავების ანუ გაშლის მასტაბილიზირებელი სისტემა (RHR)

ექსპერიმენტში “რეფლექტორი” ძალოვანი რგოლის ბრუნვისაგან შეკავების სისტემა უზრუნველყოფდა თეფშის უსაფრთხო გაშლას ოპერატორების მუშაობის და ორბიტალურ სადგურ “МИР”-ის ელემენტების განლაგების ზონაში. სტრუქტურულად სისტემა შეთავსებული იყო ცენტრალურ კვანძთან და შედგებოდა ფრიქციული მუხრუჭიანი დოლისაგან (CEI), და საყრდენ კონუსზე განლაგებული მიმმართველი მანქვალეებისაგან. გაშლის პროცესში დოლზე დახვეული ფურცლების გადმოხვევა წარმოებდა ძალოვანი რგოლის ძაღვის ხარჯზე მიმმართველ მანქვალეებზე დაყრდნობით, რაც თავის მხრივ აფერხებდა რგოლის შემობრუნებას.

LDR-1-ში შეკავების სისტემა არ არსებობს. საჭიროება მოითხოვს გაშლის პროცესის დინამიური ანალიზის შესრულებას ამ გადაწყვეტის დასაბუთებისათვის.

EVM-2-ში კონსტრუქცია მოდერნიზებულია მასის შემცირების და საიმედოობის გადიდების მიზნით:

- შემოტანილია CEI-თან სახსრულად დაკავშირებული მილისებრი ღეროები;
- კონსოლების ქვედა ბოლოებზე დაყენებულია ცოციები; კვანძების ეფექტურობა და აუცილებლობა განისაზღვრება შემდგომი ანალიზისას.

3.1.16. სიხისტის სისტემა (STS)

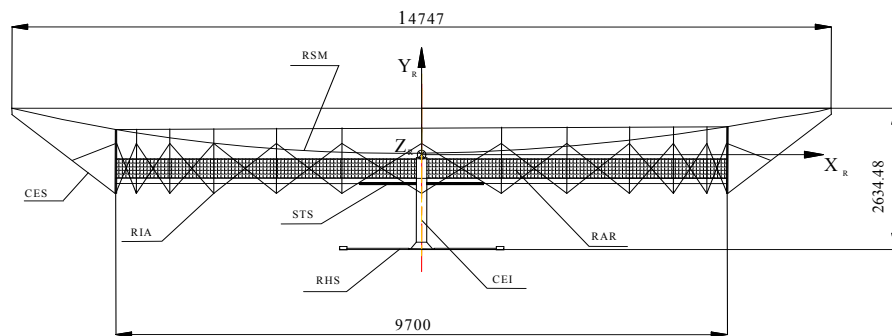
თეფშის სიხისტე ორბიტალურ სადგურ “მირ”-ზე ექსპერიმენტში არ მოითხოვდა კონსტრუქციაში სპეციალური სისტემის შეტანას, თეფშის პატარა ზომებისა და ტექნიკური ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის თეფშის საკუთარი სიხშირის საკმარისი სიდიდეების გამო.

LDR-1-ში გრეხვითი სიხისტის გადიდებისათვის CEI მილზე დადგმულია სიხისტის სისტემის ბაგირებთან შემაერთებული 8 რადიალური ბერკეტი. სისტემის ბაგირები წყვილ-წყვილად (8 წყვილი) მაგრდება RIA-ს დგარებთან. რადიალური ბერკეტები CEI-ის მილზე დაყენებულია სახსრულად და სატრანსპორტო მდგომარეობაში ლაგდება CEI-ის მილის გასწვრივ. ამასთან სისტემის ბაგირები დახვეულია ბერკეტების წყობაზე. ბაგირების რაოდენობა და აუცილებელი ზომები შეიძლება დაზუსტებულ იქნას ანალიზის პროცესში.

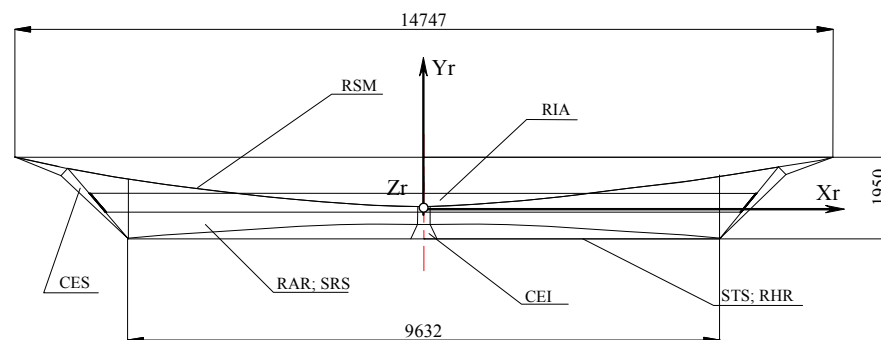
EVM-2-ში სიხისტის სისტემა შესრულებულია ექვსი წყვილი ბაგირის გამოყენებით, რომლებიც ერთი ბოლოთი დამაგრებულია კონსოლის ქვედა ნაწილთან, ხოლო მეორეთი – CEI საყრდენი კონსოლის მილტუჩთან. მილტუჩზე დასამაგრებელი კვანძი შესრულებულია სატრანსპორტო მდგომარეობაში ბაგირების დასახვევი კოჭის სახით. ბაგირების რაოდენობა და აუცილებელი ზომები შეიძლება დაზუსტებულ იქნას ანალიზის პროცესში.

3.2. LDR-1-ისა და EVM-2-ის გეომეტრიული, ინერციული და მასური მახასიათებლები

ფიგ. 3.2.1-ზე და 3.2.2-ზე ნაჩვენებია URA-ის ძირითადი ზომები გაშლილ მდგომარეობაში LDR-1 და EVM-2 ვარიანტების შესაბამისად. ამას გარდა, ნახაზებზე ნაჩვენებია ძირითადი კვანძების განლაგება ბლოკ დიაგრამების (ფიგ.



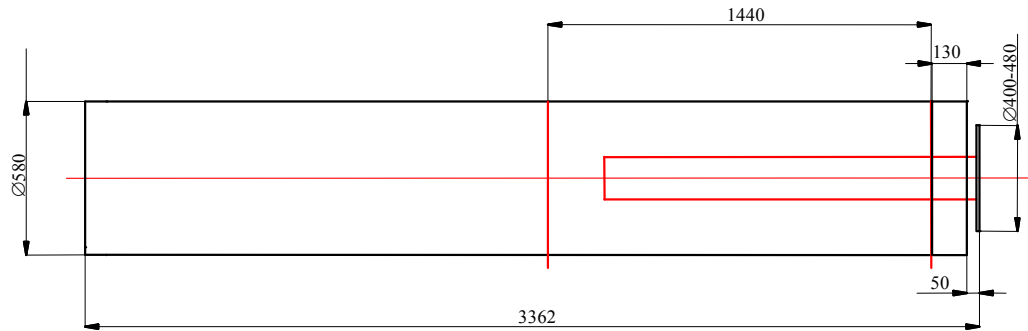
ფიგ. 3.2.1



ფიგ. 3.2.2

3.1.2, 3.1.3) განმარტებისათვის.

ფიგ. 3.2.3 და 3.2.4-ზე ნაჩვენებია სატრანსპორტო პაკეტების გაზარიტები 1 და 2 ვარიანტების შესაბამისად. სატრანსპორტო პაკეტების კონფიგურაციები და გეომეტრიული პარამეტრები აკმაყოფილებს საჭირო მოთხოვნებს.



ფიგ. 3.2.3

ქვემოთ წარმოდგენილია ინერციის მომენტები URA-ის გაშლილ და სატრანსპორტო მდგომარეობებში (ცხრ. 3.2.1, 3.2.2).

ა) დაკეცილ მდგომარეობაში

ცხრილი 3.2.1.

	ვარიანტი 1	ვარიანტი 2
J_x	59.41 კგ ყოველ მ ²	191.76 კგ ყოველ მ ²
J_y	2.6 კგ ყოველ მ ²	2.94 კგ ყოველ მ ²
J_z	59.41 კგ ყოველ მ ²	188.68 კგ ყოველ მ ²

ბ) გაშლილ მდგომარეობაში:

ცხრილი 3.2.2.

	ვარიანტი 1	ვარიანტი 2
J_x	558.49 კგ ყოველ მ ²	844.69 კგ ყოველ მ ²
J_y	1166.38 კგ ყოველ მ ²	1582.26 კგ ყოველ მ ²
J_z	619.00 კგ ყოველ მ ²	778.00 კგ ყოველ მ ²

სატრანსპორტო მდგომარეობაში პაკეტი დამაგრებულია აპარატის კორპუსის ერთ-ერთ გვერდითა კედელზე შეკავების სისტემის მეშვეობით, რომელიც ითვისებს დატვირთვებს გაყვანის ეტაპზე.

ვარიანტი LDR-1-ის მიხედვით პაკეტის კონფიგურაცია წარმოადგენს უბრალო ცილინდრს.

ვარიანტი EVM-2-ის მიხედვით პაკეტი წარმოადგენს რთული კონფიგურაციის სხეულს, რაც ითხოვს URA-ის კონსტრუქციის შემადგენლობაში სპეციალური ელემენტების შეტანას საიმედო შეკავების უზრუნველყოფისათვის. ყველაზე მეტ სირთულეს წარმოადგენს კონსოლის ელემენტების დაბოლოებების შეკავების სისტემის ინტერფეისის ორგანიზაცია.

ქვემოთ ცხრილებში 3.2.3 და 3.2.4 ნაჩვენებია URA-ის მასები შესაბამისად პირველი და მეორე ვარიანტებისათვის.

ვარიანტი LDR-1

ცხრილი

3.2.3

სახელწოდება, აღნიშვნა		რაოდ. , ცალები ო	მასა ერთეულზე ი, კგ	მასა, კგ	გადახრის სიდიდე, %
თეფში (URA)		1		<u>60,682</u>	10
თეფშის კარკასი		1		44,215	10
	ძალოვანი რგოლი (RIA)	1	27,880	27,880	5
	(RAR) ფურცლების კომპლექტი	1	12,676	12,676	10
	ცენტრალური კვანძი (CEI)	1	3,344	3,344	10

	სტანდარტული ნაკეთობები (სამაგრი ელემენტები)			0,316	
ამრეკლი ზედაპირი (RSM)				8,27	10
სიხისტის სისტემა (ბერკეტები, ბაგირები) (STS)		1	3,6	3,600	10
შეკავების სისტემა გაყვანის ეტაპზე (RHS)		1	1,5	1,500	10
RSM –ის ინტეგრაციის ელემენტები (არმირებული ძაფი, მოქნილი საჭიმარები და ა.შ.)				0,597	10

ვარიანტი EVM-2

ცხრილი

3.2.4.

ელემენტის სახელწოდება	რაოდ., ცალები	მასა ერთეულები , კგ	მასა, კგ	გადახრის სიდიდე, %
თეფში (URA)	1		<u>72,325</u>	10
ძალოვანი რგოლი RIA	1	28,027	28,027	10
	1	1,75	1,75	10




	ცენტრალური კვანძი CEI				
	ძირითადი ფურცლების სისტემა RAR	24	0,53	12,72	10
	დამატებითი ფურცლები SRS			1,3	10
	რგოლის შეკავების სისტემის ელემენტები RHR	3	0,25	0,75	10
	სიხისტის სისტემა დამაგრების ელემენტებით STS	6	0,11	0,66	10
	ამრეკლი ზედაპირი RSM			9,27	10
	შეკავების სისტემა გატანის ეტაჟზე RHS	1	<u>2,1</u>	<u>2,1</u>	-
	კონსოლების სისტემა RHS	24	0,552	13,248	10

ცხრილი 3.2.5.

№	დასახელება	ექსპერტიზა "MIP"-ზე	ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი EVM-2
---	------------	---------------------	----------------	----------------

№	დასახელება	ექსპერტიზა "MIP"-ზე	ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი EVM-2	
1	ძალოვანი რგოლი (RIA)	1.1	1.2	1.3	
2	გასაშლელი რგოლის ფრაგმენტი (DRF)	2.1	2.1	2.1	
3		პანტოგრაფის ბერკეტი (PTL)	3.1	3.2	3.3
4		პანტოგრაფის ტელესკოპური დგარი (PTS)	4.1	4.2	4.3
5		რგოლის ჩამკეტი სისტემა (RLS)	5.1	5.2	5.3
6		რგოლის გამშლელი მექანიზმი (RDM)	6.1	6.2	6.3
7		პერიფერიული ნაწილის გაშლის სისტემა (TDS)	7.1	7.2	7.3
8		გეომეტრიული სენსორი (GS)	8.1	8.2	8.3
9		პოტენციომეტრიული სენსორი (PS)	9.1	9.2	9.3
10	კონსოლური ელემენტების სისტემა (CES)	10.1	10.2	10.3	
11	რადიალური ფურცელი (RAR)	11.1	11.2	11.3	
12	ცენტრალური ინტერფეისი (CEI)	12.1	12.2	12.3	
13	ამრეკლი ბადექსოვილი (RSM)	13.1	13.2	13.3	
14	თეფშის შეკ-ის სისტემა გატანის ეტაპზე (RHS)	14.1	14.2	14.3	
15	გაშლის მასტაბილიზირებელი სისტემა (RHR)	15.1	15.2	15.3	
16	სიხისტის სისტემა (STS)		16.1	16.2	

საბოლოოდ, წარმოდგენილი ვარიანტების “რეფლექტორის”, LDR-1-სა და EVM-2-ის სტრუქტურული სქემების შედარებითი ანალიზის შედეგები და მათი შესაბამისობა თავმოყრილი იქნა ცხრილში 3.2.5.

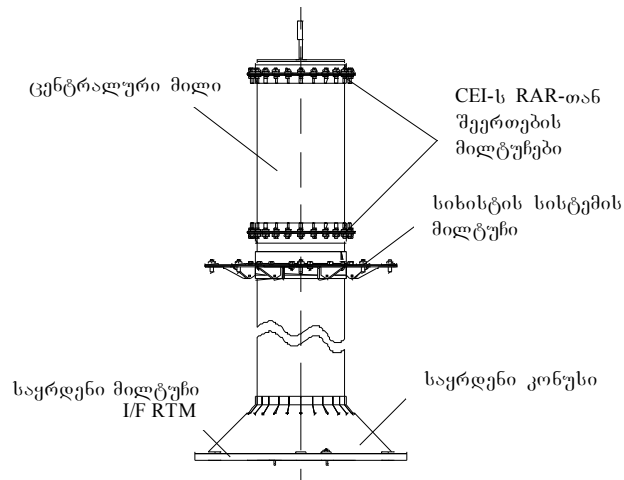
	- აზ
	- კ
	- მოფერებულ ელემენტ

3.3. LDR-1 და EVM-2 თევზის კონსტრუქციების (URA) აღწერა

3.3.1. ცენტრალური კვანძი (CEI)

ვარიანტი LDR-1

ცენტრალური კვანძი განკუთვნილია რეფლექტორის ელემენტების ერთიან სისტემაში შეერთებისათვის და დამიზნების ამძრავთან (RTM) მექანიკური ინტერფეისის უზრუნველსაყოფად.



ფიგ. 3.3.1

ცენტრალური კვანძი (ფიგ. 3.3.1) შეიცავს ცილინდრულ კორპუსს რამოდენიმე მილტუჩით:

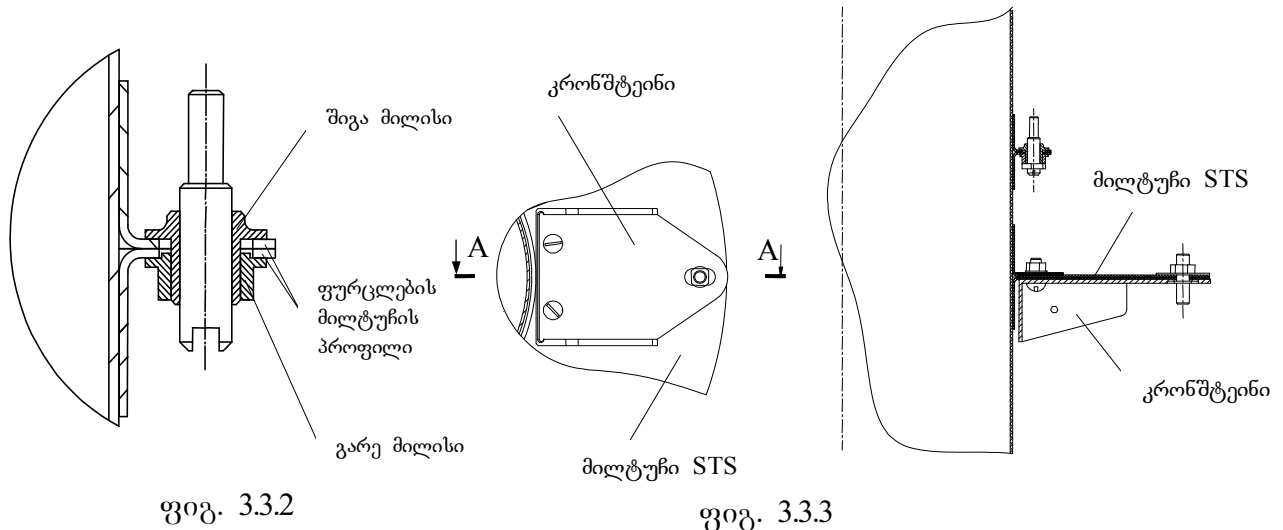
- ორ რგოლურ მილტუჩს რადიალურ ფურცლებთან (RAR) სახსრული შეერთების ორგანიზებისათვის;
- რგოლურ მილტუჩს სიხისტის სისტემის (STS) ბერკეტების დაყენებისათვის;
- RTM-თან ინტერფეისის საყრდენ მილტუჩს.

ცილინდრული კორპუსი შესრულებულია 160 მმ დიამეტრის 1,2 მმ კედლის სისქის მილის სახით.

რგოლური მილტუჩები შეწებებულია 1 მმ კედლის სისქის ორი კუთხოვანასაგან (ფიგ. 3.3.2 და 3.3.3)

ყოველი სახსრული კვანძის (24 ცალი) კონსტრუქცია, რომელიც დამაგრებულია რადიალურ ფურცლებთან შემაერთებელ რგოლურ მილტუჩებზე,

შეიცავს გარე და შიგა მილისებს. შიგა მილისებში ჩახრახნულია ღერძი, რომლის ცილინდრული ბოლო თავისუფალი ჩასმით ყენდება რადიალური ფურცლის ბუდეში, რაც საშუალებას იძლევა განვახორციელოთ საყრდენი ფურცლის მდგომარეობის რეგულირება ღერძული მიმართულებით აუცილებელ ფარგლებში $\sim 3\div 5$ მმ.



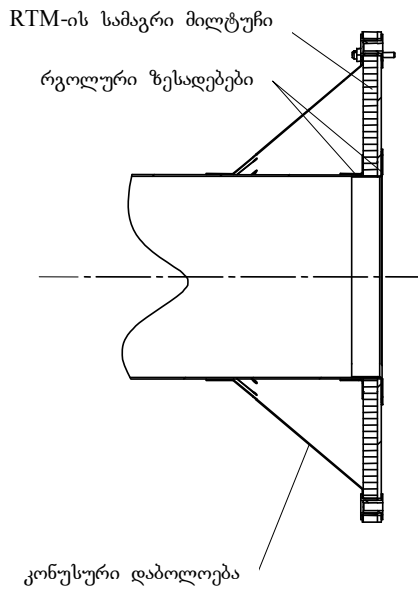
ფიგ. 3.3.2

ფიგ. 3.3.3

STS-ის რგოლურ მილტუჩზე დაყენებულია STS-ის ბერკეტების სამაგრის კრონშტეინები (ბრჯენები) (იხ. ფიგ. 3.3.3). ბერკეტების დაყენება ხორციელდება URA-ის ელემენტების ინტეგრაციის ეტაპზე.

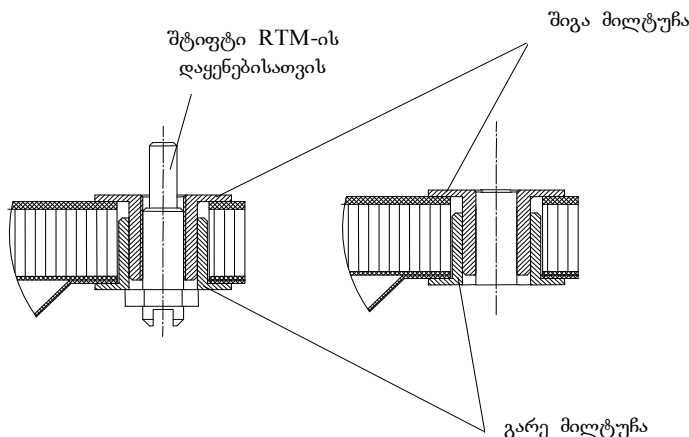
ცილინდრული კორპუსი და რგოლური მილტუჩები შესრულებულია სხვადასხვა მიმართულებიანი რამოდენიმე ფენიანი CFRP-ით.

RTM-თან ერთად ინტერფეისის საყრდენი მილტუჩი შესრულებულია 12 მმ სისქის სამფენოვანი პანელის სახით. პანელის შემონაკერი 0,5 და 1,0 მმ სისქის ნახშირპლასტია, შემავსებელი - ალუმინის ფიჭები. ცილინდრულ კორპუსთან საყრდენი მილტუჩის შეერთების ადგილი შემაგრებულია რგოლური ზესადებებით და CFRP-სგან შესრულებული კონუსური დაბოლოებით (ფიგ. 3.3.4).



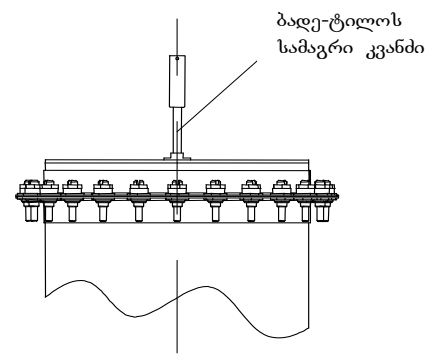
ფიგ. 3.3.4

RTM-ის დამაგრების ყოველი წერტილი (სულ 6 ცალი) შესრულებულია ორი მილისაგან: გარესაგან და შიგასაგან; ამასთან, ნახვრეტი შიგა მილისში შესრულებულია გლუვად. RTM-ის დაყენებისათვის საყრდენ მილტუზზე განლაგებულია ორი დამცენტრებული შტიფტი (წვირი) (იხ. ფიგ. 3.3.5 და 3.3.6).



ფიგ. 3.3.5

ფიგ. 3.3.6



ფიგ. 3.3.7

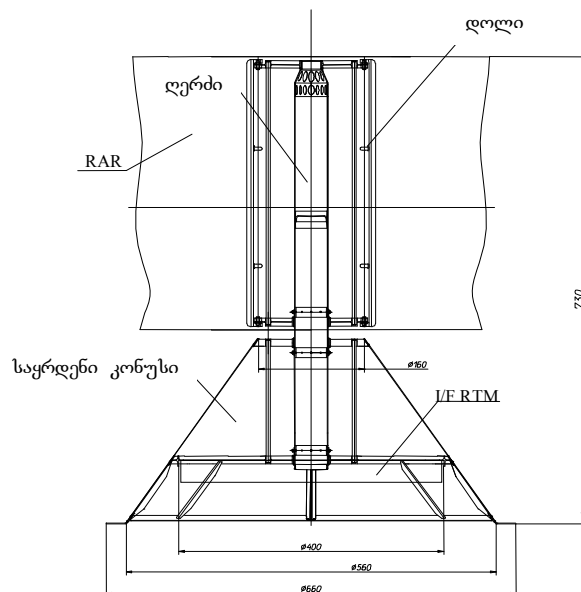
CEI-ის აქვს ამრეკლი ზედაპირის (RSM) ბადე-ტილოს დასამაგრებელი ერთი წერტილი და ეს კვანძი (ფიგ. 3.3.7) შესრულებულია შემდეგნაირად. ცილინდრული კორპუსის კედლებში ზედა ტორსის მხრიდან შესრულებულია დიამეტრალურად

განლაგებული ამონაჭრები, რომლებშიც ჩაწებებულია მილისებრი დგარიანი თამასა. RSM-ის ინტეგრაციის პროცესში დგარის ბოლოზე ყენდება რადიალური საარმატურო ძაფების დასამაგრებელი დისკო, რაც საშუალებას იძლევა შემცირებულ იქნას “ბალიშის” ეფექტის გავლენა. დისკო და საარმატურო ძაფები შეტანილია RSM-ის კონსტრუქციის შემადგენლობაში.

ვარიანტი EVM-2

ცენტრალური კვანძი განკუთვნილია URA-ის ელემენტების ერთიან სისტემაში შესაერთებლად და დამიზნების ამძრავთან (RTM) ერთად მექანიკური ინტერფეისის უზრუნველსაყოფად.

ცენტრალური კვანძი (ფიგ. 3.3.8) შედგება სამი ძირითადი კვანძისაგან: რადიალური ფურცლების დასამაგრებლად განკუთვნილი დოლისაგან, საყრდენი კორპუსისაგან და მათი შემაერთებელი ღერძისაგან.



ფიგ. 3.3.8

დოლი შედგება ზედა და ქვედა შპანჰოუტისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია 8 X 0,5 მმ დიამეტრის ნახშირპლასტიკის ექვსი შეწებებული მილით (მილაკით). შპანჰოუტების თაროებში ორგანიზებულია ძირითადი ფურცლების სახსრულად დამაგრების წერტილები. ცენტრალური კვანძის ღერძი წარმოადგენს

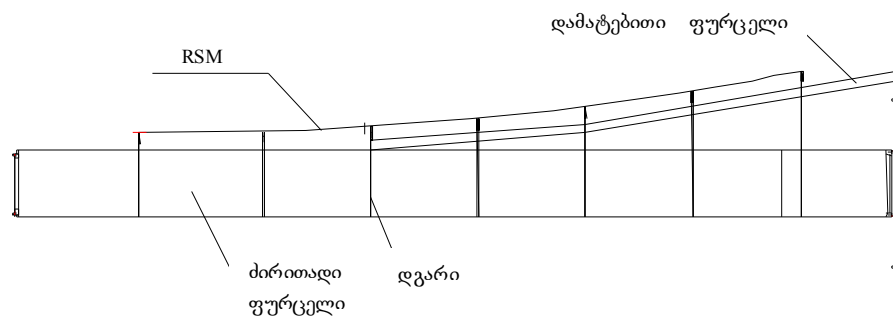
50 X 0,5 მმ დიამეტრის ნახშირპლასტიკის მილს. მილი შეერთებულია დოლთან და კონუსთან ორი წყვილი სრიალის საკისრით.

საყრდენი კონუსი შედგება სამი შპანჰოუტით შემაგრებული რკალისაგან (ნახშირპლასტიკი სისქით 0,5 მმ): ზედასაგან, საყრდენისაგან (მასზე სრულდება დამიზნების ამძრავის დამაგრება) და ქვედასაგან. ზედა და საყრდენ შპანჰოუტებს აქვთ სრიალის საკისრები კვანძის ღერძთან შეერთებისათვის. 915 მმ დიამეტრის ქვედა შპანჰოუტი გამოიყენება სიხისტის სისტემის ბაგირების და გაშლის დროს ძალოვანი რგოლის ბრუნვისაგან შემაკავებელი სისტემის ბერკეტების დასამაგრებლად. დაკეცილ მდგომარეობაში მას ეყრდნობა კონსოლური ელემენტები. ზედა და ქვედა შპანჰოუტების ერთმანეთთან შეერთება შესრულებულია ისევე, როგორც დოლზე, მილაკების მეშვეობით. გარდა ამისა, შპანჰოუტები მიწებებულია რკალზე.

3.3.2 რადიალური ფურცლების სისტემა (RAR)

ვარიანტი LDR-1

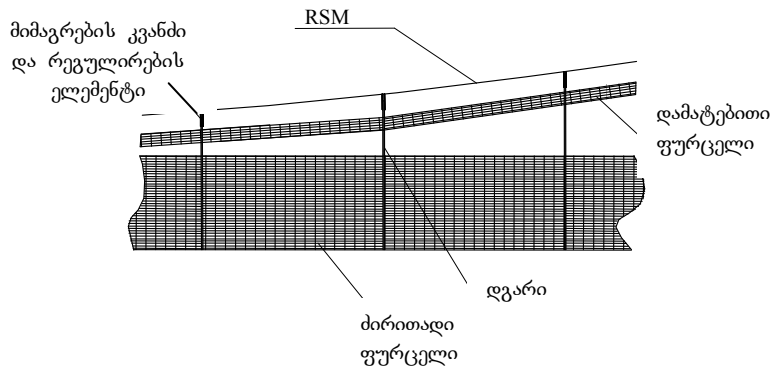
რადიალური ფურცლები (24 ცალის რაოდენობით) განკუთვნილია ამრეკლი ზედაპირის (RSM) სამაგრი ელემენტების დასაყენებლად და მოცემული კონფიგურაციის შესანარჩუნებლად. ცალკეული საყრდენი ფურცლების სქემა და კონფიგურაცია და მისი კავშირი URA-ის ელემენტებთან წარმოდგენილია ფიგ. 3.3.9 და 3.3.10-ზე.



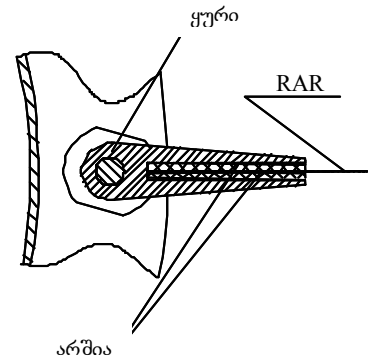
ფიგ. 3.3.9

ყოველი ფურცელი შედგება სწორკუთხა ფორმის ძირითადი ლენტისაგან, RSM-ის ბადე-ტილოს სამაგრი კვანძებიანი ღეროვანი დგარებისაგან და სამაგრი

კვანძებთან უშუალოდ ახლოს მდებარე დგარების ერთმანეთთან შემაერთებელი დამატებითი ლენტისაგან (ფიგ. 3.3.10).



ფიგ. 3.3.10



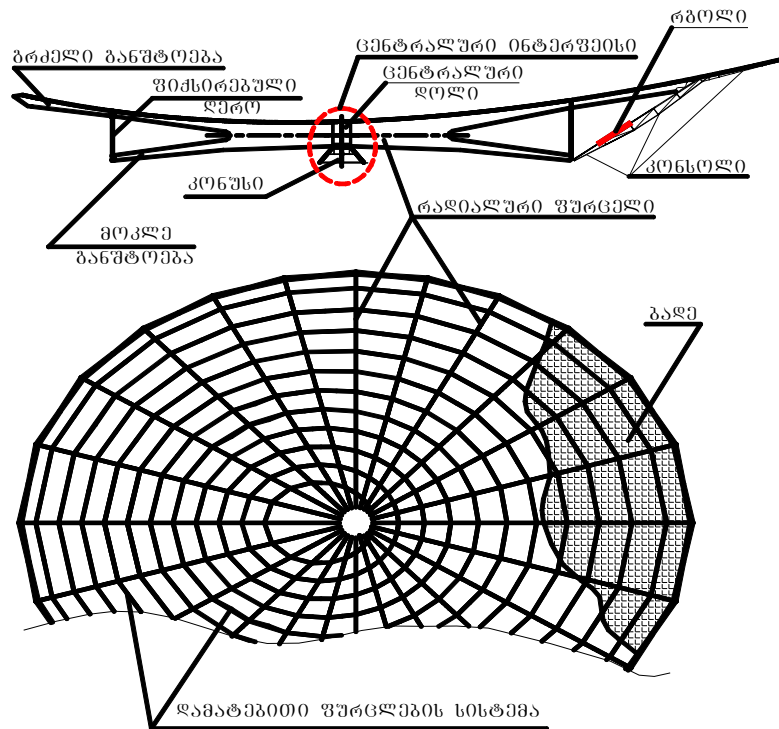
ფიგ. 3.3.11

ლენტები შესრულებულია ბადური სტრუქტურის მასალისაგან CFRP-ის საფუძველზე. ფურცლის ძირითადი ლენტის შეერთება ცენტრალურ კვანძთან და ძალოვანი რგოლის ტელესკოპურ დგარებთან შესრულებულია უნიფიცირებული სახსრული კვანძების სახით.

ლენტის კიდეები ტორსების მხრიდან შემაგრებულია 0,5 – 1,0 მმ სისქის ნახშირ-პლასტიკის ფირფიტის არშიებით. ფირფიტებზე აწებებენ ტელესკოპურ დგარებზე არსებული სახსრული კვანძების შესაბამის ბოლოებთან ურთიერთმოქმედი სახსრული კვანძების ელემენტებს (ფიგ. 3.3.11).

ვარიანტი EVM-2

რადიალური ფურცლები 24 ცალის რაოდენობით (ფიგ. 3.3.12) განკუთვნილია ამრეკლი ზედაპირის (RSM) სამაგრი ელემენტების დასაყენებლად და მოცემული კონფიგურაციის შესანარჩუნებლად. ამას გარდა, ისინი გამოიყენება საყრდენებად დამატებითი ფურცლების სისტემისათვის (SRS).



ფიგ. 3.3.12

RMS-ის აუცილებელი კონგიფურაცია იქმნება 13 სხვადასხვა ფორმის რადიალური ფურცლების საშუალებით.

რადიალური ფურცლები მიმაგრებულია CEI დოლზე დოლის ღერძის მიმართ მათი მდგომარეობის რეგულირების შესაძლებლობით (აწყოების ეტაპზე).

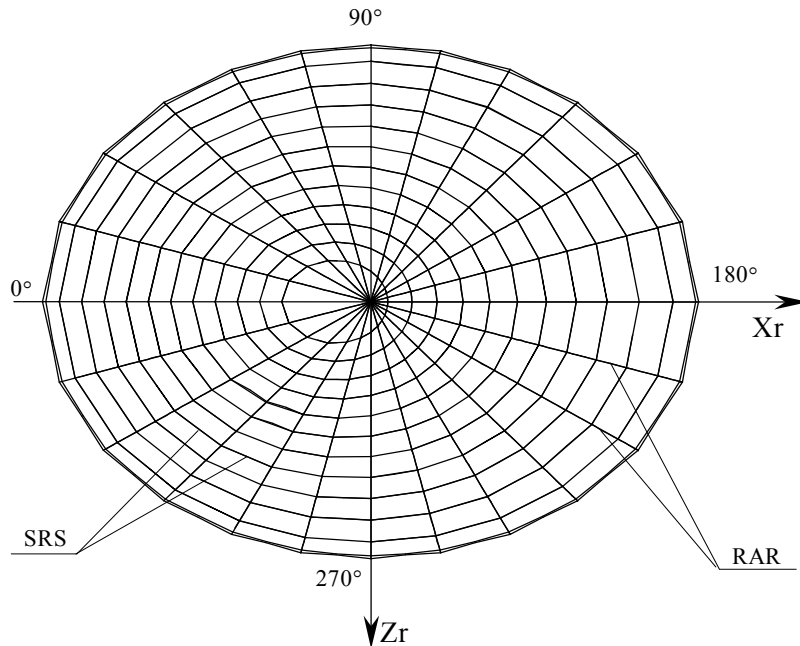
ლენტები შესრულებულია ბადისებრი სტრუქტურის მასალისაგან CFRP-ის საფუძველზე (როგორც ვარიანტი LDR-1). ძირითადი განსხვავება: ბადე-ტილოს დამაგრება შესრულებულია ფურცლის მთელ სიგრძეზე, ანუ ფურცლის ნაწიბური დაპროფილებულია პარაბოლოიდის ზედაპირის მიხედვით. ფურცლები სახსრულადაა შეერთებული ცენტრალურ კვანძთან. რადიალური ფურცლები და დამატებითი ფურცლების სისტემა RSM-თან სატრანსპორტო

მდგომარეობაში დახვეულია CEI-ის დოღზე და მოთავსებულია დაკეცილი ძალოვანი რგოლის ღრუში.

3.3.3 დამატებითი ფურცლების სისტემა (SRS) (მხოლოდ EVM-2-თვის)

რადიალურ ფურცლებს შორის “ბალიშის” ეფექტის შესამცირებლად გათვალისწინებულია დამატებითი ფურცლების სისტემა.

დამატებითი ფურცლების სისტემა წარმოადგენს ტანგენციურ (მხებ) განივ კავშირებს ამრეკლი ბადე-ტილოს დასამაგრებლად (ფიგ. 3.3.13).



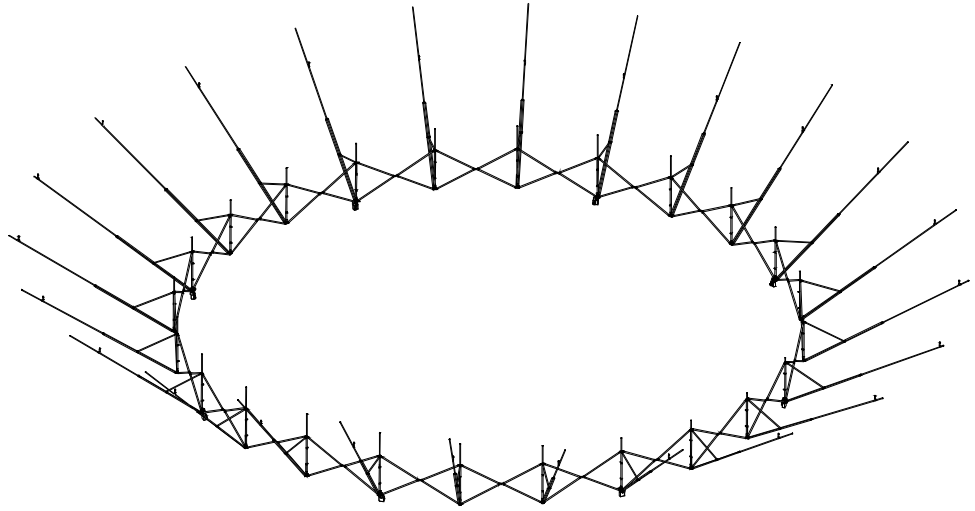
ფიგ. 3.3.13

ყოველი ფურცელი მაგრდება ორ მეზობელ რადიალურ ფურცელთან, ქმნის რა ელიფსურ დამატებით კონტურებს ამრეკლი ბადე-ტილოს დამაგრებისათვის. ამ კონტურების რაოდენობა განსაზღვრავს ამრეკლი ზედაპირის საშუალო კვადრატული გადახრის მოცემულ დონეს.

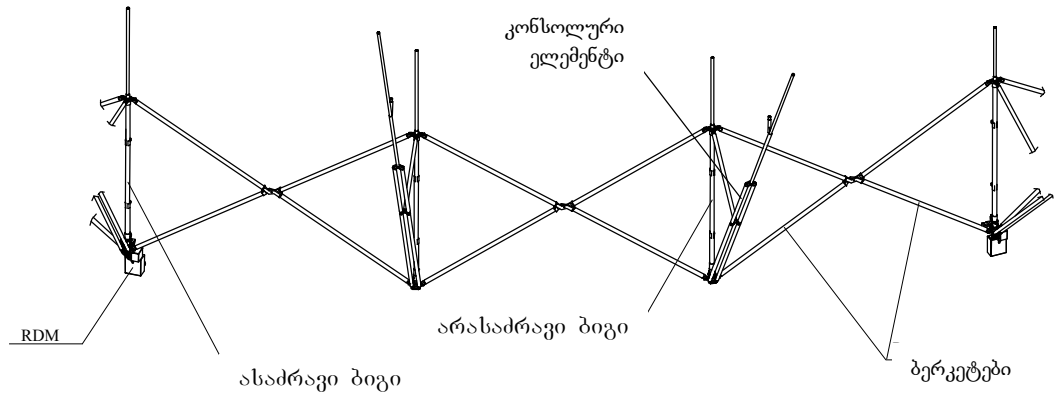
3.3.4. ძალოვანი რგოლი

ვარიანტი LDR-1

ძალოვანი რგოლი წარმოადგენს წესიერ 24-კუთხედის სახით შესრულებულ პანტოგრაფის ტიპის მრავალრგოლურ მექანიზმს (ფიგ. 3.3.14), რომლის დანიშნულებაცაა URA-ის გაშლა სამუშაო მდგომარეობაში. გაშლილ მდგომარეობაში ძალოვანი რგოლის ტელესკოპური დგარების ცენტრებზე გამავალი წრეწირის დიამეტრია 9700 მმ.

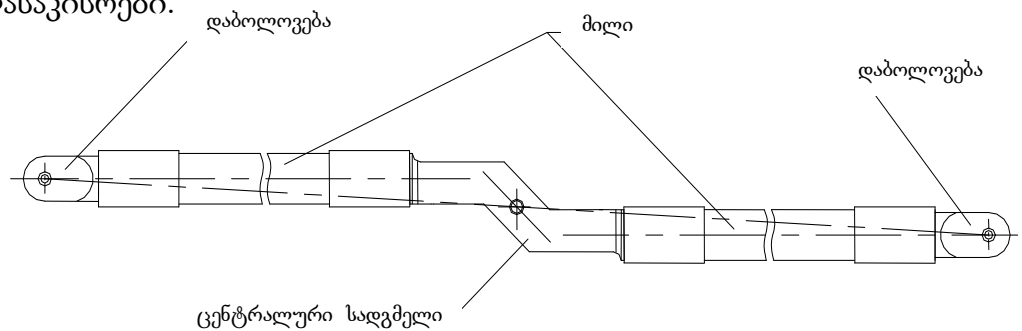


ფიგ. 3.3.14



ფიგ. 3.3.15

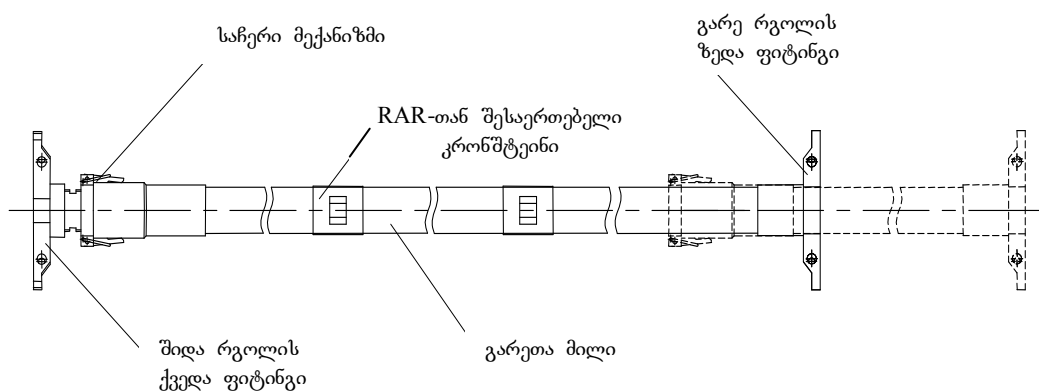
ძალოვანი რგოლის სტრუქტურა პირობითად დაყოფილია რვა სექციად (ელექტრომექანიკური ამძრავების (RDM) რიცხვის მიხედვით). სექცია შედგება სამი უჯრედისაგან, რომელთაგანაც ყოველი თავის თავში შეიცავს ორ გადაჯვარედინებულ ბერკეტს და ტელესკოპურ ბიგს (ფიგ. 3.3.15). პანტოგრაფის ბერკეტები სახსრულადაა შეერთებული ერთმანეთთან და ტელესკოპური დგარების ზედა და ქვედა ფიტინგებთან. სახსრულ კვანძებში გამოიყენება ბურთულასაკისრები.



ფიგ. 3.3.16

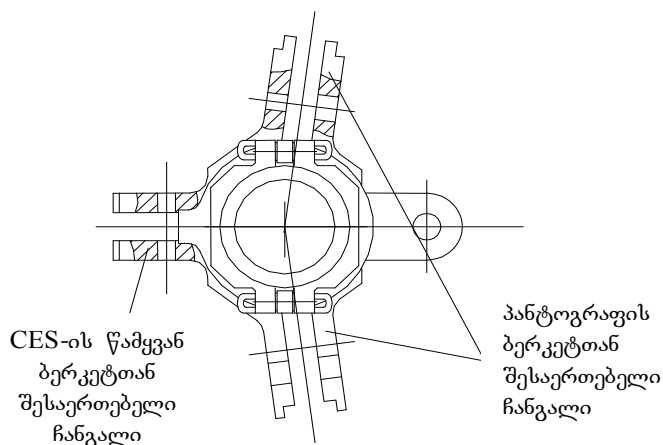
ძალოვანი რგოლის ბერკეტები (ფიგ. 3.3.16) შესრულებულია 18 მმ გარე დიამეტრის და 0,75 მმ კედლის სისქის მილისაგან CFRP-ის საფუძველზე. ყოველ ბერკეტს აქვს ცენტრალური სადგმელი და ორი დაბოლოება.

ყოველი ტელესკოპური დგარი შედგება შიდა და გარე რგოლებისაგან, რომლებიც შესრულებულია მილებისაგან CFRP-ის საფუძველზე, რომელთა გარე დიამეტრიც და კედლების სისქე ტოლია შესაბამისად 16,5 X 0,75 მმ და 20 X 1,0 მმ (ფიგ. 3.3.17).



ფიგ. 3.3.17

გარე რგოლს ერთი მხრიდან აქვს ჩაწებებული ბოლო ფტოროპლასტის რგოლით, ხოლო მეორე მხრიდან – ფიგ. 3.3.18-ზე გამოსახული ზედა ფიტინგი. ბოლოზე დამონტაჟებულია ორი საკეტელასაგან და დრეკადი მიმჭერისაგან შემდგარი საჩერი მექანიზმის ელემენტები. ზედა რგოლის ზედაპირზე დამაგრებულია ორი კრონშტეინი (ბრჯენი) რადიალურ ფურცლებთან შესაერთებლად. ზედა ფიტინგზე დაყენებულია დგარი (10 მმ დიამეტრის 0,55 მმ კედლის სისქის მილი CFRP-ის საფუძველზე) RSM ბადე-ტილოს დასამაგრებლად.



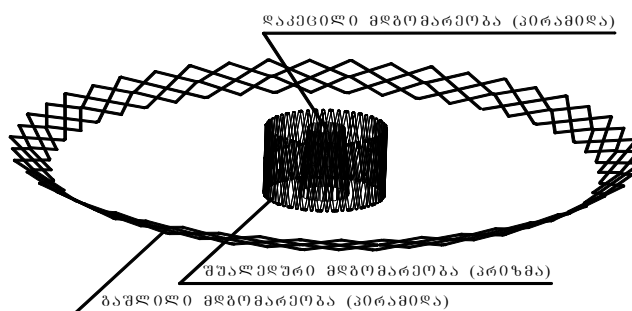
ფიგ. 3.3.18

ვარიანტი EVM-2

გამშლელი ძალოვანი რგოლის დანიშნულებაა რეფლექტორის გამლა, რადიალური და დამატებითი ფურცლების დამაბვით ამრეკლი ბადის გაჭიმვა და რეფლექტორის მომსახურების მთელი პერიოდის განმავლობაში გაშლილი მდგომარეობის დაფიქსირება და შენარჩუნება.

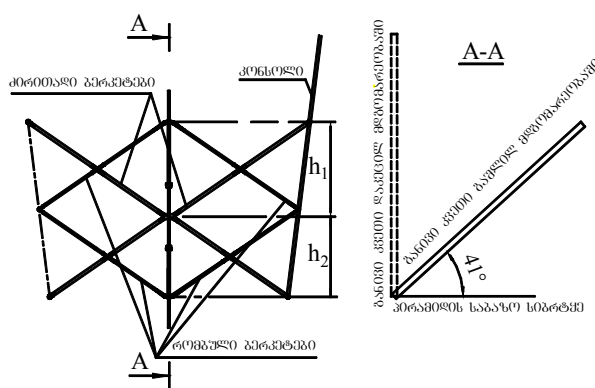
გამშლელი რგოლი 24 წახნაგა მრავალკომპონენტური მექანიზმია, რომელიც დაკეცილ მდგომარეობაში წაკვეთილი პირამიდის ფორმისაა დიდი ფუძით ქვემოთ.

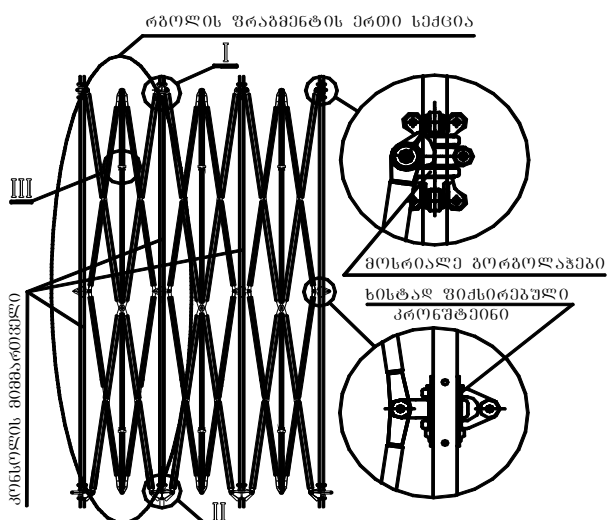
გაშლის პროცესში, როდესაც რგოლი შუალედურ მდგომარეობაშია, წარმოქმნის პრიზმატულ ზედაპირს, ხოლო სრულად გაშლილ მდგომარეობაში - წაკვეთილ პირამიდას დიდი ფუძით ზემოთ (ფიგ. 3.3.19).



ფიგ. 3.3.19 რგოლის სამი პოზიცია გაშლის დროს

წაკვეთილი პირამიდის წახნაგები შედგება ორი მომიჯნავე ბერკეტოვანი სისტემებისაგან, რომლებიც წარმოქმნიან ორმაგ პანტოგრაფს (ფიგ. 3.3.20). გაშლის პროცესში, პანტოგრაფის შემადგენელი ბერკეტების გადაკეუთის წერტილების ასიმეტრიული განლაგების გამო, ყოველი წახნაგი განიცდის დახრას. მოცემულ შემთხვევაში გაშლილ მდგომარეობაში ოცდაოთხივე წახნაგის დახრის კუთხე პირამიდის ფუძის მიმართ შეადგენს 41 გრადუსს.

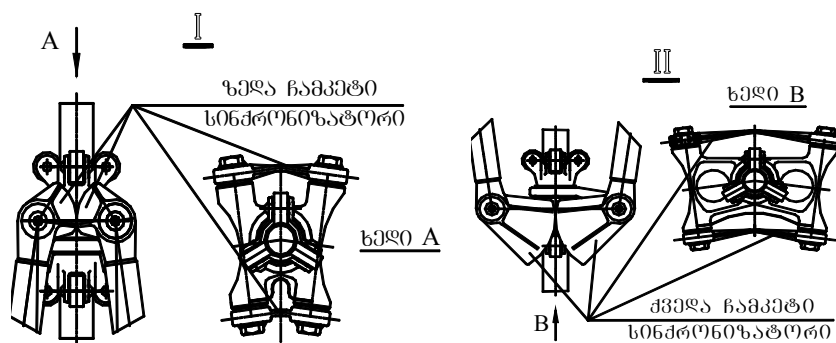




ფიგ. 3.3.21. რგოლის ფრაგმენტი გაშლის შუალედურ მდგომარეობაში

გამშლელი რგოლის სტრუქტურა პირობითად დაყოფილია რვა ფრაგმენტად, რომელთა რაოდენობა შეესაბამება ელექტრომაგნიტური ძრავების რაოდენობას. ფრაგმენტი შედგება სამი სექციისაგან, ყოველი მათგანი მოიცავს ძირითადი ბერკეტების წყვილს, რომბული ბერკეტების სისტემას სახსრულად შეერთებულს მასთან და ფერმული ტიპის კონსოლურ ელემენტს (ფიგ. 3.3.21., 3.3.23.).

გამშლელი რგოლის მომიჯნავე სექციები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ფერმული ელემენტის მიმართველზე მოსრიალე გორგოლაჭებითა და ამავე დგარის შუალედურ ნაწილში ხისტად ჩამაგრებული კრონშტეინებით, რომლებთანაც ძირითადი და რომბული სისტემის ბერკეტების შესაბამისი ბოლოები სახსრულად არიან მიერთებულნი.



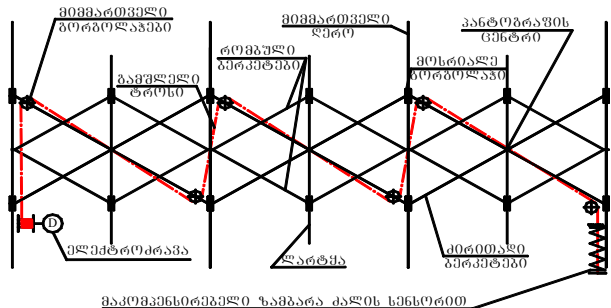
ფიგ. 3.3.22. ზედა და ქვედა გაშლის მასინქრონიზირებელი მექანიზმები

რგოლის გაშლის პროცესში მოსრიალე გორგოლაჭები გადაადგილდებიან მიმმართველებზე და უახლოვდებიან ერთმანეთს. მიმმართველები, თავის მხრივ გატარებულია და ხისტადაა ჩამაგრებული ცენტრალურ კრონშტეინებში, რომლებთანაც რომბული სისტემის ბოლოები სახსრულადაა მიერთებული.

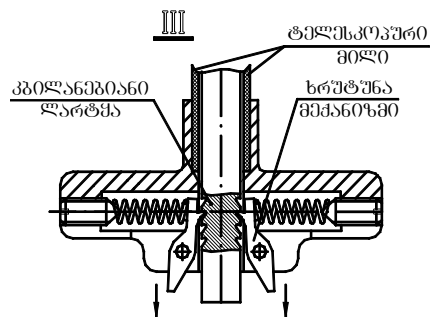
გაშლის პროცესში ყველა სექციის სინქრონულად ასამუშავებლად ყოველი მოსრიალე გორგოლაჭი აღჭურვილია ჩამკეტი სინქრონიზატორებით (ფიგ. 3.3.22.)

მასინქრონიზირებელი მექანიზმი შედგება ურთიერთტანგენციალურად განლაგებული ოვალური ელემენტებისაგან, რომლებიც ხისტად არიან მიმაგრებულნი ძირითადი ბერკეტების ბოლოებთან. ოვალური ელემენტები თავის მხრივ სახსრულად არიან დაკავშირებულნი მოსრიალე გორგოლაჭებთან და ანიჭებენ მთელ სისტემას გეომეტრიულ სტაბილურობას.

რაც შეეხება რომბულად განლაგებულ დამატებითი ბერკეტების სისტემას, ისინი არა მარტო ზრდიან რგოლის გაშლის სტაბილურობას, არამედ აფიქსირებენ და კეტავენ რგოლს გაშლილ მდგომარეობაში. ამისათვის რომბების ზედა და ქვედა წერტილები აღჭურვილია კბილანებიანი ლარტყით, რომლის გასწვრივაც რგოლის გაშლის პროცესში ხრუტუნა მექანიზმიანი ტელესკოპური მილები მოძრაობენ (ფიგ. 3.3.23, 3.3.24).



ფიგ.3.3.23. რგოლის ფრაგმენტი და გამშლელი მექნიზმი



ფიგ.3.3.24. ხრუტუნა მექანიზმიანი ტელესკოპური მილები

ხრუტუნა მექანიზმი ასრულებს თავისუფალ გადაადგილებას მხოლოდ ძირითადი ბერკეტების გადაკვეთის წერტილის მიმართულებით და მისი გადაადგილება საწინააღმდეგო მიმართულებით ჩაკეტილია [97].

რგოლის გამლა ხორციელდება გამშლელი მექანიზმით (ნახ. 2.11), რომელიც თავის მხრივ მოიცავს რედუქტორით აღჭურვილ ელექტროძრავებს, ბაგირებს მიმმართველი გორგოლაჭებით, ბაგირის დაჭიმულობის ძალის შესანარჩუნებელ მაკომპენსირებელ ზამბარებს და ძრავის საბოლოო კონტაქტურ გამთიშველებს. რედუქტორიანი ძრავები დაყენებულია ყოველი მესამე სექციის ქვედა ნაწილში. საერთო ჯამში რგოლზე დამონტაჟებულია რვა ელექტროძრავი, რომლებიც მუშაობენ სინქრონულად მაგრამ დამოუკიდებლად ერთმანეთისაგან. ასე რომ რომელიმე ძრავის შეფერხების შემთხვევაში სამუშაოს შეასრულებს დანარჩენი.

მთავარი მოთხოვნა რგოლისადმი, რომელსაც აქვს წაკვეთილი პირამიდის ფორმა მდგომარეობს მის მაღალ მდგრადობაში.

არსებულ რგოლურ რეფლექტორებში რგოლის ფორმის მდგრადობის დაკარგვის შანსი საკმაოდ დიდია. ეს გამოწვეულია კონსოლური ელემენტების არსებობით, რომელზეც მაგრდება ბადის პერიფერიული ელიპტიკური კონტური. აღნიშნული კონტურის ზემოქმედებით კონსოლებში აღიძვრება მღუნავი ძალები, რომლებიც თავის მხრივ რგოლში წარმოქმნიან მგრეხავ მომენტებს, ამასთან კონსოლების საკმაო სიგრძის გამო კონსოლებისა და რგოლის შეერთების ადგილებში აღძრული მომენტი საკმაოდ დიდ მნიშვნელობას აღწევს.

ყოველივე ეს იწვევს დამატებით დეფორმაციებს და ზრდის რგოლის ფორმის მდგრადობის დაკარგვის რისკს. რა თქმა უნდა შეიძლება ამ პრობლემის თავიდან აცილება ელემენტების განივი კვეთების გაზრდით, მაგრამ ეს თავის მხრივ რეფლექტორის მასის გაზრდას გამოიწვევს.

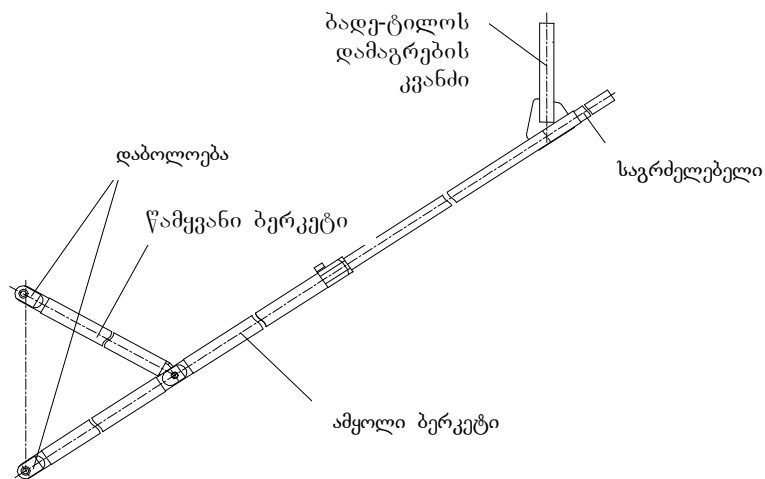
EVM-2 ვარიანტში ზემოთ აღნიშნული პრობლემები მაქსიმალურადაა თავიდან აცილებული.

3.3.5. კონსოლურ ელემენტთა სისტემა (CES)

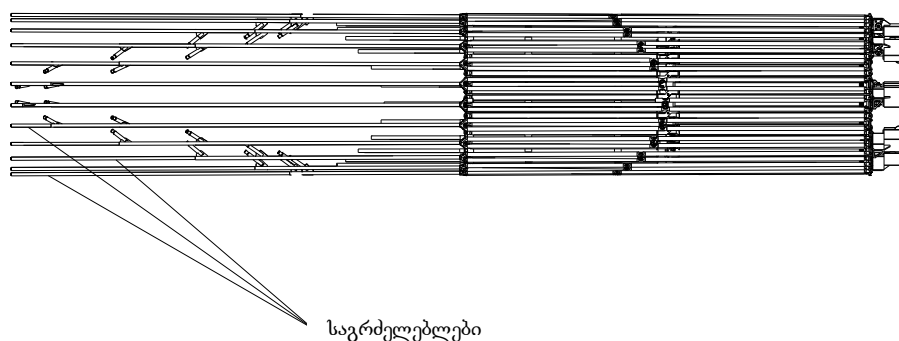
ვარიანტი LDR-1

ყველა ტელესკოპურ დგარზე სახსრულად არის დამაგრებული კონსოლური ელემენტები, რომლებიც ემსახურება ბადე-ტილოს ფორმირებას ძალოვანი რგოლის ფარგლებს მიღმა. კონსოლური ელემენტები განლაგებულია ძალოვანი რგოლის გარე მხრიდან. კონსოლური ელემენტების გაშლა ხდება ძალოვანი რგოლის გაშლასთან ერთდროულად. RSM-ს აქვს მოცემული პარაბოლური ფორმა და მისი პროექცია ზედახედავში წარმოადგენს 14747 მმ 12000 მმ-ზე ზომების ელიფსს, ხოლო ძალოვანი რგოლის დიამეტრია 9700 მმ. ამასთან დაკავშირებით კონსოლური ელემენტების სიგრძე წარმოადგენს ცვალებად სიდიდეს, რომელიც განისაზღვრება ელიფსის საზღვრებით (სულ 7 მოდიფიკაცია).

კონსტრუქციულად ყველა კონსოლური ელემენტი შესრულებულია იდენტურად და მათი კონსტრუქცია ნაჩვენებია ფიგ. 3.3.25-ზე.



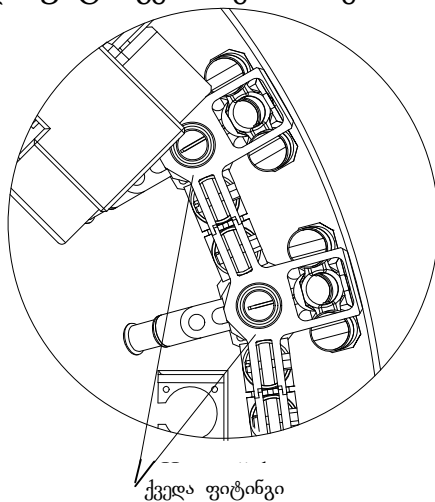
ფიგ. 3.3.25



ფიგ. 3.3.26

ყოველი კონსოლი შედგება წამყვანი და ამყოლი მილისებრი ბერკეტებისაგან, დაბოლოებებისაგან და გარდამავალი ფიტინგებისაგან, რომლებშიც ჩადგმულია სახსრული კვანძების ბურთულასაკისრები. ბერკეტები შესრულებულია 15 X 0,5 დიამეტრის მილისაგან CFRP-ის საფუძველზე. ამყოლი ბერკეტის ბოლოზე დაყენებულია RSM ბადე-ტილოს სამაგრი კვანძი. სატრანსპორტო მდგომარეობაში კონსოლური ელემენტების ბერკეტები (ფიგ. 3.3.26) განლაგდება დაკეცილი ძალოვანი რგოლის გასწვრივ, ამასთან, ამყოლი ბერკეტის გრძივი ღერძი პარალელურია URA-ის ღერძისა. ამყოლი ბერკეტების ცვალებადი სიგრძის და გამოყვანის ეტაპზე მათი შეკავების აუცილებლობის გათვალისწინებით, ყველა ამყოლი ბერკეტი გრძელდება მილისებრი საგრძელებლებით ერთიან ხაზურ ზომამდე. მილისებრი საგრძელებლის მასალის სახით გამოყენებულია მინაპლასტიკი. ეს მასალა არის დიელექტრიკი და არ აუარესებს რეფლექტორის PIM მახასიათებლებს.

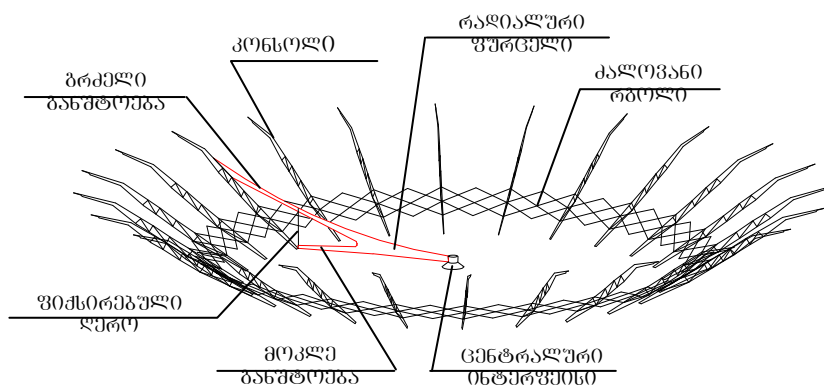
სატრანსპორტო მდგომარეობაში ძალოვანი რგოლი იკეცება ტელესკოპური დგარების ქვედა და ზედა ფიტინგების ერთმანეთთან მიხებამდე (ფიგ. 3.3.27).



ფიგ. 3.3.27

ვარიანტი EVM-2

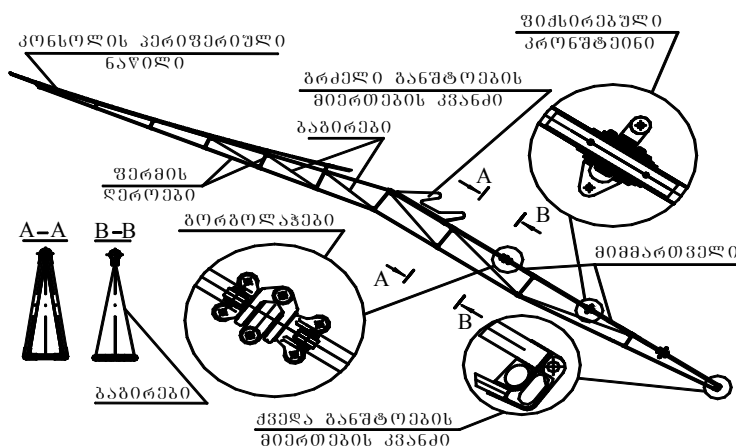
გადასახსნელი ფერმული ტიპის კონსოლები დამონტაჟებულია გამშლელი რგოლის კონტურის გასწვრივ და გაშლილ მდგომარეობაში ქმნიან საყრდენ სტრუქტურას რეფლექტორის პერიფერიული ნაწილისათვის, რომელიც მიახლოებით 45%-ია მთელი რეფლექტორის ზედაპირისა (3.3.28).



ფიგ. 3.3.28.. კონსოლების სისტემა (თვალსაჩინოებისაგან მხოლოდ ერთი რადიალური ფურცლის მიერთებაა ნაჩვენები)

სტრუქტურულად, ყოველი კონსოლი წარმოადგენს მსუბუქ ფერმულ კონსტრუქციას სამკუთხა განივი კვეთით, რომლის ერთი ღერო გამოიყენება როგორც მიმმართველი, რგოლის პანტოგრაფის მოსრიალე გორგოლაჭების გადასაადგილებლად. კონსოლის ქვედა ბოლოზე სახსრულად დამაგრებულია რადიალური ფურცლის ქვედა – მოკლე განშტოება, ხოლო ზედა – გრძელი განშტოება მიერთებულია ფერმის ზედა ნაწილში - კონსოლის პერიფერიულ ნაწილთან ახლოს (3.3.29).

კონსოლის პერიფერიულ ნაწილზე დაფიქსირებულია ვიწრო ფირფიტა, რომლის ზედა კონტური წარმოადგენს შესაბამისი რადიალური ფურცლის ზედა კონტურის გაგრძელებას. ფირფიტისა და რადიალური ფურცლის ზედა კონტურები წარმოქმნიან ერთ მთლიან პარაბოლას, განლაგებულს პარაბოლოიდურ ზედაპირზე.



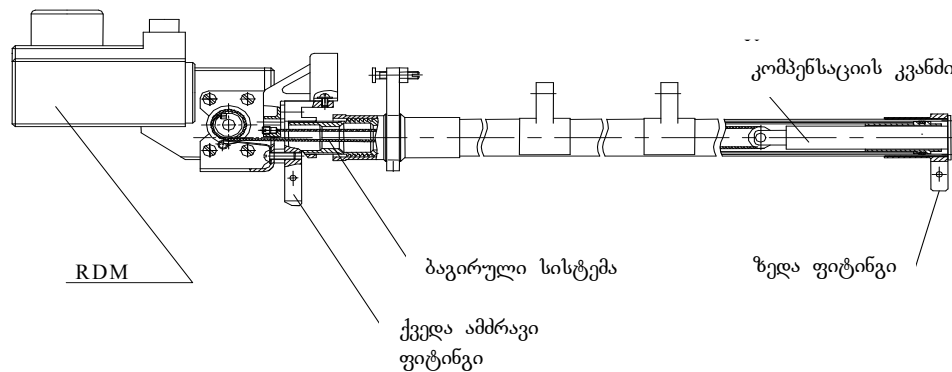
ფიგ. 3.3.29.. ფერმული ტიპის კონსოლი

ამგვარად, ყოველი კონსოლური ელემენტი ითავსებს ორ ძირითად ფუნქციას, სახელდობრ: მისი ზედა ნაწილი ასრულებს რადიალური ფურცლის მაღლითა განშტოების ზედა კონტურს და წარმოქმნის ამრეკლი ზედაპირის პერიფერიული – ელიპტიკური ნაწილისათვის საყრდენს, ხოლო მისი ქვედა ბოლო, რგოლის სახსრებისათვის წარმოადგენს მიმმართველს და უზრუნველყოფს (ჩამკეტ სინქრონიზატორებთან ერთად) რგოლის სინქრონულ გაშლასა და მის გეომეტრიულ სტაბილურობას

3.3.6. ძალოვანი რგოლის გაშლის სისტემა

ვარიანტი LDR-1

ყველა სექციაში ტელესკოპური დგარებიდან ერთ-ერთი სამთაგანი წარმოადგენს წამყვანს (ფიგ. 3.3.30), რომელთა ქვედა ფიტინგზე დაყენებულია ბლოკი RDM, ხოლო დგარის შიგნით განთავსებულია ძალოვანი რგოლის გაშლის ბაგირული სისტემა.

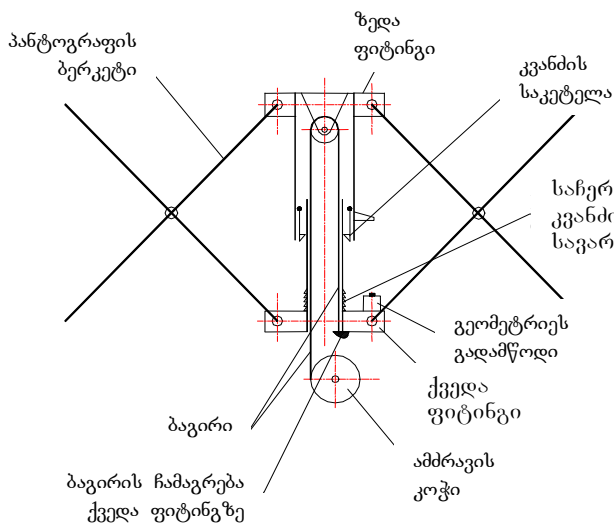


ფიგ. 3.3.30

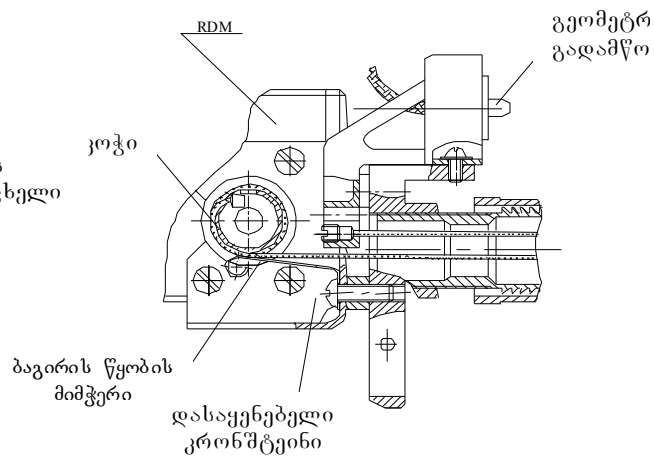
ფიგ. 3.3.31-ზე ნაჩვენებია ბაგირული სისტემის გაშლის კინემატიკური სქემა ბლოკი RDM შეიცავს (ფიგ. 3.3.32):

- დასაყენებელ კრონშტეინს (ბრჯენს);
- RDM-ს კოჭით გამომავალ ლილვზე;

- ბაგირის წყობის დრეკად მიმჭერს;
- კაბელს, რომლის შემაერთებელი დამაგრებულია დასაყენებელ კრონშტეინზე (ბრჯენზე).

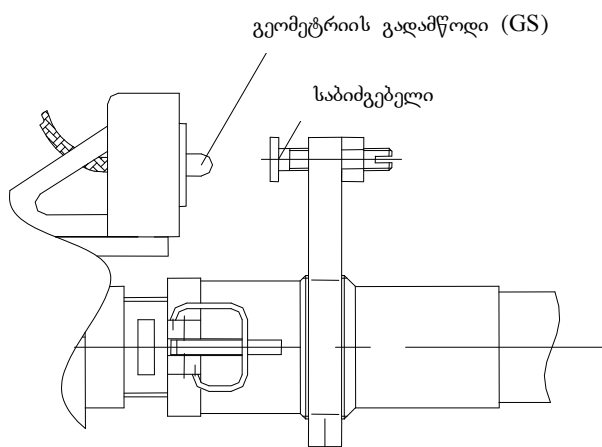


ფიგ. 3.3.31



ფიგ. 3.3.32

გაშლის სისტემის ბაგირი გადაგდებულია წამყვანი დგარის გარე ნაწილის ღრუში დაზამბარებულ საწევზე დამაგრებულ გორგოლაჭზე. დაზამბარებული საწევი არის მაკომპენსირებელი მექანიზმის ელემენტი, რომელიც არჩევს კონსტრუქციის ხაზობრივ-ტემპერატურულ დეფორმაციას. ბაგირის ბოლოები მექანიკური შეერთებებით ხისტად არის დამაგრებული კოჭზე და დასაყენებელ კრონშტეინზე.



ფიგ. 3.3.33

ყოველი წამყვანი დგარის გარე ნაწილის ბოლოზე (ფიგ. 3.3.33) საჭერის მეშვეობით დაყენებულია რეგულირებადი საბიძგებელი, რომლის დანიშნულებაც RDM-ის ელექტროკვების გამორთვა კონტაქტური გადამწოდის (GS) კოჭზე დაჭერის გზით.

ძალოვანი რგოლის გაშლისათვის RDM-ზე მიეწოდება ელექტროკვება და იწყება კოჭის ბრუნვა. ბაგირები, ეხვევა რა კოჭზე მოჭიმავენ ტელესკოპური დგარების ელემენტებს, რომელთა მოძრაობა იწვევს პანტოგრაფის სახსრულად დაკავშირებული ბერკეტების მობრუნებას, და მათსადამე, ძალოვანი რგოლის დიამეტრის გაზრდას. ტელესკოპური დგარების მოძრაობასთან ერთდროულად გაიწევა კონსოლური ელემენტების წამყვანი და ამჟამინდელი ბერკეტები. ელემენტების აღწერილ გადაადგილებათა ერთობლიობა უზრუნველყოფს ძალოვანი რგოლის თანაბარ გაშლას. გაშლის დასკვნით ეტაპზე ხდება რადიალური ფურცლების და ბადე-ტილოს დაჭიმვა. ტელესკოპური დგარების ელემენტების მოცემულ მდგომარეობამდე მიღწევისას საბიძგებელი მოახდენს ზემოქმედებას GS გადამწოდზე და შესაბამისი ამძრავი გამოირთვება. ყოველი ფურცლის გაანგარიშებული დაჭიმვის ძალვა, რომელიც 3,5 კგ-ის ტოლია, შეესაბამება ტელესკოპური დგარების ელემენტების მოჭიმვის ძალვის ჯამურ სიდიდეს – 59,2 კგ.

URA-ის მოცემული გაშლილი მდგომარეობის შენარჩუნება ხდება ყოველი RDM-ის ჭიახრახნული წყვილის ხარჯზე, რომელიც აკავებს ბაგირს დაჭიმულ მდგომარეობაში და დუბლირება ხდება ტელესკოპური დგარების საჩერი მექანიზმებით.

ტელემეტრული ინფორმაციის მისაღებად გაშლის მსვლელობისას ძალოვანი რგოლზე დაყენებულია პოტენციომეტრული ტიპის ორი კუთხური გადამწოდი. გადამწოდები დაყენებულია პანტოგრაფის ბერკეტების ცენტრალურ სახსრულ შერთებებში.

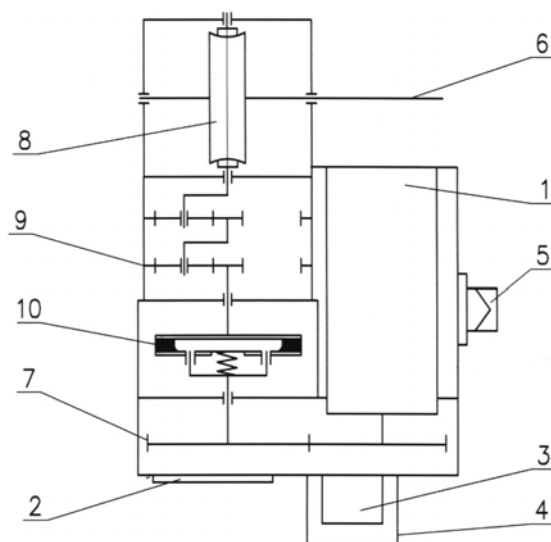
ვარიანტი EVM-2-თვის

გაშლის სისტემის კინემატიკური სქემა EVM-2-თვის ოდნავ განსხვავდება ზემოთ წარმოდგენილისაგან, რომელიც მოცემულია 4.1.2 პარაგრაფში (იხ. გვ. 180, ფიგ. 4.72).

3.3.7. ძალოვანი რგოლის ელექტრომექანიკური ამბრავი

(RDM) LDR-1 და EVM-2 ვარიანტებისთვის

ქვემოთ აღწერილია რეფლექტორების გაშლის მექანიზმი, რომლის კინემატიკური დიაგრამა ნაჩვენებია ფიგ. 3.3.31-ზე. აქ შედის დამცავი ქურო 10, ცილინდრული კბილანა 7, გამათბობელი 2, გარდა ელექტრო ძრავა 1-სა თერმული კონტროლის სისტემის (TCS) ტემპერატურის გადამრთველი (რელე) 3, პლანეტარული გადამცემი 9 და ჭიახრახნული გადამცემი 8. ჭიახრახნული გადამცემის მქონე მთლიანი მექანიზმი მოთავსებულია იზოლაციის მქონე კორპუსში, რათა შენარჩუნდეს საჭირო მიკროკლიმატი.



ფიგ. 3.3.31. 1 – ელექტრო ძრავა; 2 – თერმული კონტროლის სისტემის გამათბობელი;

- 3– ტემპერატურის გადამრთველი (რელე); 4 – დამცავი საფარი;
 5 – შემაერთებელი; 6 – გამოსასვლელი ლილვი; 7 – გადამცემი;
 8 – ჭიახრახნული გადამცემი; 9 – პლანეტარული გადამცემი;
 10 – ფრიქციული დამცავი ქურო.

ცხრილში 3.3.1 მოცემულია (RDM)-ის ტექნიკური მახასიათებლები

ცხრილი 3.3.1

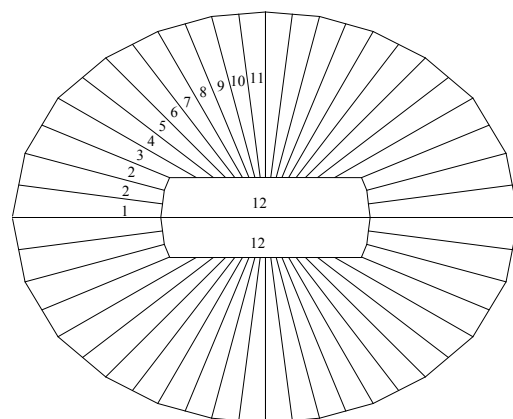
ელექტრო მომარაგება ვოლტაჟი.	27^{+4}_{-3}
ელექტრო ძრავი (DC)	DPR-42-NI-03
გამათბობელი	DPR-2W
ბრუნვა მექანიზმის გამოსასვლელ ლილვზე, როდესაც მუშაობს დამცავი ქურო, ნ.მ.	0.17
გამოსასვლელი ლილვის ბრუნვის სიჩქარე, ბრ/წთ	2,5
შიგა-ორბიტალური ციკლების რაოდენობა	1
ორბიტის შიგნით მიმდინარე მუშაობის ხანგრძლიობა, წუთები, არა ნაკლები	18
მასა, კგ, არა უმეტეს	0,8
საჭირო ენერგია: გამათბობლის, ვტ.	2
ელექტრო ძრავის, ვტ.	5
დროის ხანგრძლიობა, რომელიც საჭიროა მინუს 160° C-დან მინუს 60° C-მდე გათბობისათვის, წთ.	8
საიმედოობა	0,9999

3.3.8. ამრეკლი ზედაპირი (RSM)

3.3.8.1. ამრეკლი ზედაპირის (RSM) კონსტრუქცია

და ტექნიკური მახასიათებლები

ამრეკლი ზედაპირი სრულდება ტრიკოტაჟული წნულის ბადე-ტილოსაგან “ატლასი-ატლასი” კიდური მონაჭრების არიმიდული მაფით შეკერვის გზით. ფიგ.



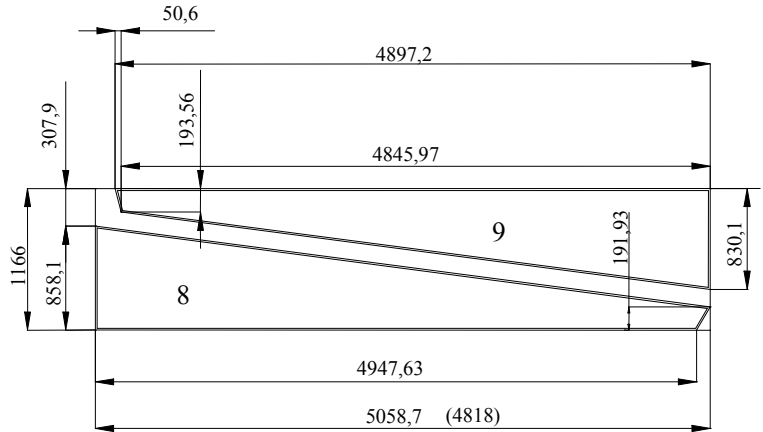
ფიგ. 3.3.34

3.3.34-ზე გამოსახულია ბადე-ტილოს კონფიგურაცია და გამოჭრის შემოთავაზებული სქემა.

ბადე-ტილოს კონფიგურაცია წარმოადგენს ელიფსს, რომლის დიდი ნახევარღერძი არის 14747 მმ, პატარა – 12000 მმ. გამოჭრა სრულდება ბადე-ტილოს ნაჭრების

დეფორმირებული მდგომარეობისა და ნაპირის ზონის შემაგრებით ტექნოლოგიური უჭიმავი ლენტით. ბადე-ტილოს

ნამზადის მაქსიმალური ზომაა 6000 X 1080 მმ (ზომები ნაჩვენებია ბადე-ტილოსათვის თავისუფალ მდგომარეობაში,



ფიგ. 3.3.35

სიგანეში გათვალისწინებულია ტექნოლოგიური მარაგი 40 მმ). 1-11 ტიპის ნაჭრების შეერთება სრულდება ნაკერებით, რომლებიც ორიენტირებულია რადიალური მიმართულებით; ამასთან, ნაკერებიდან ერთნი განაწილებულია რადიალური ფურცლების განაწილების მიმართულებით, ხოლო მეორენი – ფურცლებს შორის კუთხის ბისექტრისის მიმართულებით. ბადე-ტილოს ზედაპირის ცენტრალური არე წარმოიქმნება ტიპი 12-ის ორი ნაჭრის შეკერვის ხარჯზე.

ქვემოთ ფიგ. 3.3.35-ზე ნაჩვენებია ბადე-ტილოს ერთ-ერთი ნამზადიდან შესაძლო გამოჭრის მაგალითი.

ქვემოთ მოცემულია ბადე-ტილოს ტექნიკური მახასიათებლები:

1. მასალა – მავთული ვოლფრამის სამმაგი ერთეულოვანი 15 მკმ დიამეტრით.
2. დაფარვა – 0,2-0,3 მკმ სისქის ვერცხლით (Ag) დაფარვა (დაფარვის გაანგარიშების სიდიდე მიიღება 0,25 მკმ, დაფარვის სიზუსტით +/- 0,05 მკმ).

3. რეფლექტორის აქტიური ზედაპირი დამზადებული უნდა იყოს მასალისაგან, რომლის არეკვლის კოეფიციენტი უნდა იყოს არანაკლები ვიდრე 0,05 დბ 800-დან 6 500 მჰც-მდე სიხშირის დიაპაზონში.
4. ბადე-ტილოს ზედაპირული სიმკვრივე თავისუფალ მდგომარეობაში 60 ± 10 გ/მ²-ია.
5. კონსტრუქცია, გამოყენებული მასალა და დაფარვა უნდა უზრუნველყოფდეს:
 - პასიური ინტერმოდულაციის ენერჯის ნაკადის სიმკვრივის სიდიდეს ნებისმიერი სიხშირის დროს, მიღების დიაპაზონის ფარგლებში და რეფლექტორის ნებისმიერ წერტილში -140 დბ-ზე ნაკლები უნდა იყოს. (მოცემული სიდიდე ეხება LDR-ის მთელ კონსტრუქციას). ეს ეხება მდგომარეობას, როდესაც რეფლექტორის ბლოკი (თვით რეფლექტორი, შტანგა, გაშლის სისტემა, შეკავების სისტემა) დასხივებულია ორი წყაროდან (თითოეულის სიმძლავრე ტოლია 166 ვტ-ის), მოთავსებულით ნებისმიერ ადგილას გადაცემის დიაპაზონის ფარგლებში, რეფლექტორის მთავარ ფოკუსში არსებული 16,5 დბ-ის რუპორული გამაძლიერებლების მეშვეობით.
 - მახასიათებლების შენარჩუნება შენახვის არანაკლები 5 წლის განმავლობაში.
 - მახასიათებლების შენარჩუნება ექსპლუატაციის პროცესში არანაკლები 15 წლისა.
6. ბადე-ტილო უნდა მზადდებოდეს ვოლფრამის სამმაგი მიკრომავთულისაგან, რომლის ერთეულის დიამეტრიც 15 მკმ-ია.
7. ბადე-ტილოს გადანაჭრებში ყოველი მიკრომავთულის დაფარვა უნდა მოხდეს 0,2-0,3 მკმ სისქის ოქროთი.
8. კუთრი სიმტკიცე გაწყვეტაზე არანაკლები 400გ/სმ (ზუსტდება შემსრულებლის მიერ გამოცდის ჩატარების შედეგების მიხედვით)
9. ბადე-ტილოს გამჭვირვალობა საექსპლუატაციო დატვირთვების პირობებში $(90\pm 2)\%$.
10. ბადე-ტილო უნდა უძლებდეს ანტენის რეფლექტორის დაკეცვა-გაშლის არანაკლებ 50 ციკლს.

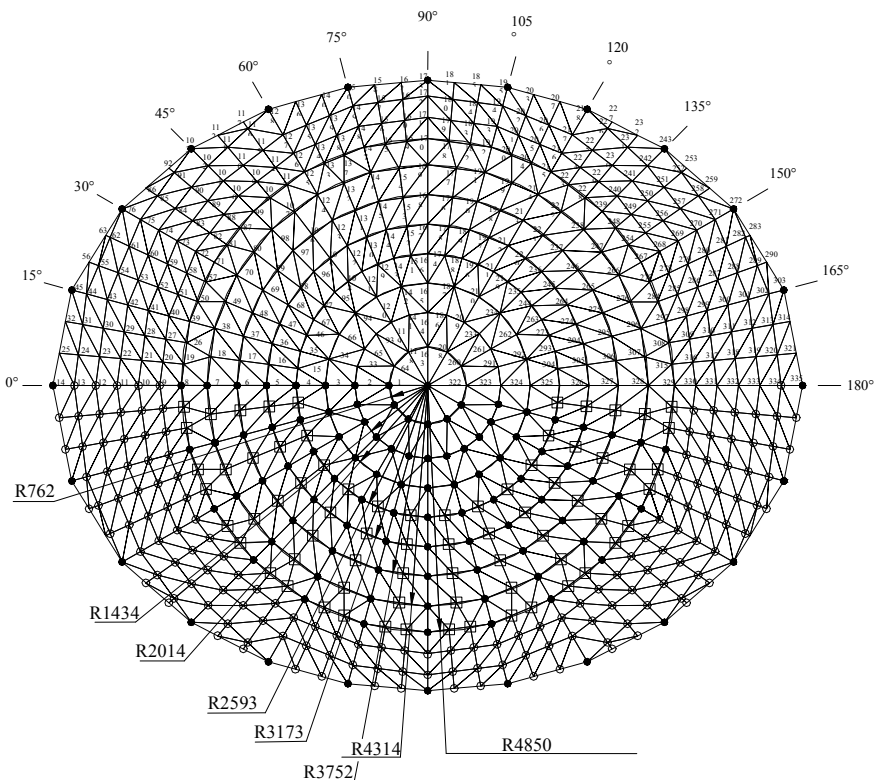
11. ბადე-ტილო არ უნდა განიცდიდეს თვითდაშლას ცალკეული ძაფების გაწყვეტისას.

3.3.8.2. ამრეკლი ზედაპირის სამაგრი ელემენტები

ვარიანტი LDR-1

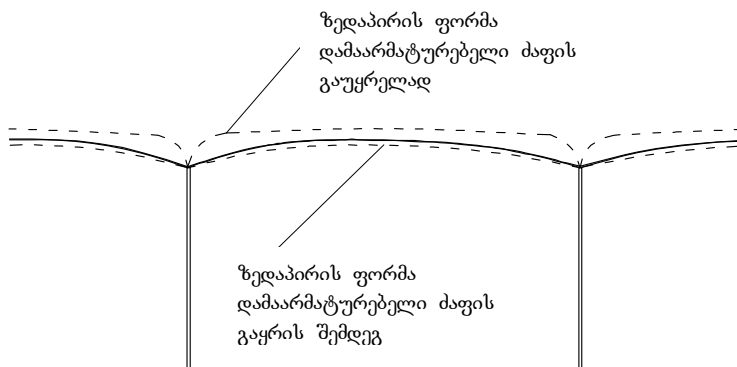
ამრეკლი ზედაპირის სამაგრი წერტილების განლაგების სქემა ნაჩვენებია ფიგ. 3.3.36-ზე, სადაც სამკუთხედის ყოველი წვერო დამაგრების წერტილია.

კონსტრუქციულად, სამკუთხედის ყოველი გვერდი წარმოდგენილია მარმატურებელი კავშირების სახით, რომლებიც გაყვანილია ბადე-ტილოში ამრეკლი ზედაპირის მხრიდან, და უკიდურეს შემთხვევაში, სამკუთხედის ყოველ წვეროში შეერთებულია ბადე-ტილოსთან.



ფიგ. 3.3.36

დამაარმირებელი კავშირების გაყრა საშუალებას იძლევა არსებითად შემცირდეს “ბალიშის”-ს ეფექტის გავლენა RSM-ის ზედაპირზე (ფიგ. 3.3.37). დამაარმირებელი კავშირები შესრულებულია ძაფით “არიმიდი” ან “პიონი”. დამაარმირებელი ძაფის ინტეგრაცია ბადე-ტილოსთან სრულდება ამრეკლი ზედაპირის სამგანზომილებიან ასაწყობ შაბლონზე (თარგზე).



ფიგ. 3.3.37

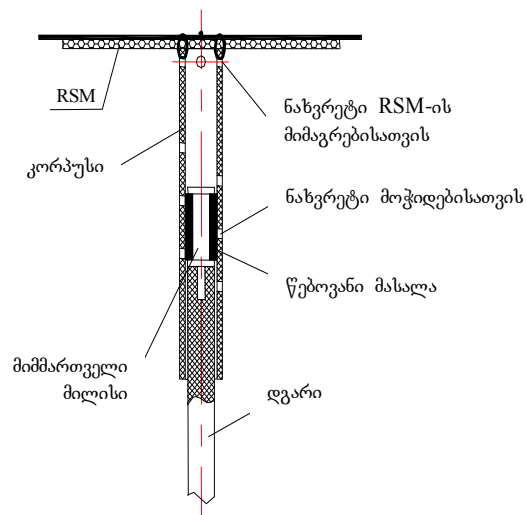
ამრეკლი ზედაპირის დამაგრება ხორციელდება ცალკეული წერტილებით, რომლებიც განლაგებულია ჯერ ერთი კონსტრუქციის შემდეგ ელემენტებზე: ცენტრალურ კვანძზე, რადიალური ფურცლების დგარების ბოლოებზე, ძალოვანი რგოლის დგარების ბოლოებზე და კონსოლური ელემენტების ამყოლი ბერკეტების ბოლოებზე (სულ 206 წერტილი), და მეორე - რადიალურ ფურცლებსა და კონსოლურ ელემენტებს შორის (სულ 450 წერტილი).

საყრდენი კარკასის მიმართ წერტილების განლაგების მიხედვით დამაგრება ხორციელდება სხვადასხვა კონსტრუქციული მეთოდით. რეფლექტორის კონსტრუქციაში გამოყენებულია დამაგრების სამი ტიპი:

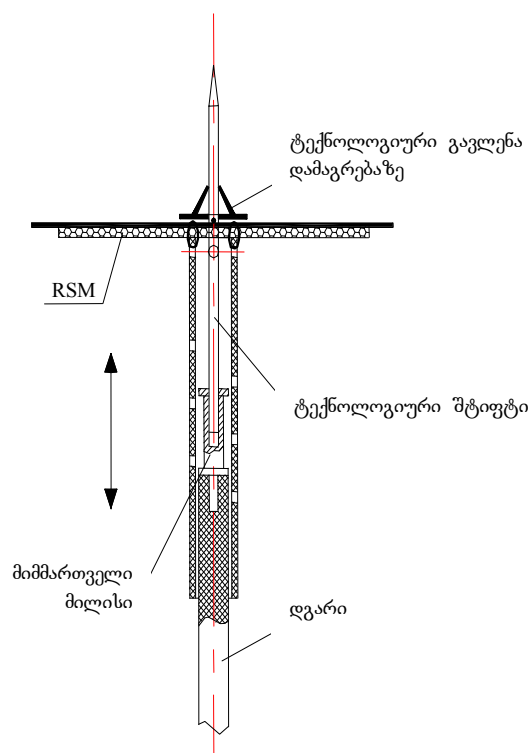
ტიპი 1. (იხ. ფიგ. 3.3.38 კვანძის საფრენი მდგომარეობა), გამოიყენება ბადე-ტილოს დამაგრებისას უშუალოდ კონსტრუქციის ელემენტებზე.

ტიპი 1-ის დამაგრების კვანძები უზრუნველყოფს ამრეკლი ზედაპირის ელექტროიზოლირებულად დამაგრებას რეფლექტორის ელემენტების მიმართ. ბადე-ტილოს მიერთება დამაგრების კვანძთან სრულდება მიკერებით. ყოველი დამაგრების კვანძისთვის ინტეგრაციის პროცესში მოსალოდნელია დამაგრების წერტილის Z კოორდინატის ღერძული მიმართულებით ცვლილება +/- 10 მმ-ის ფარგლებში. ფიგ. 3.3.39-ზე ნაჩვენებია ტიპი 1-ის კვანძის მდგომარეობა აწყობის პროცესში.

ტიპი 2. (იხ. ფიგ. 3.3.40), გამოიყენება ბადე-ტილოს დამაგრებისას საყრდენ ფურცლებს შორის დრეკადი საჭიმარების დახმარებით არიმიდული ძაფის საფუძველზე.

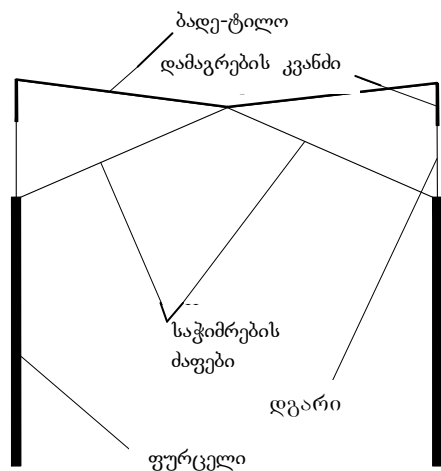


ფიგ. 3.3.38

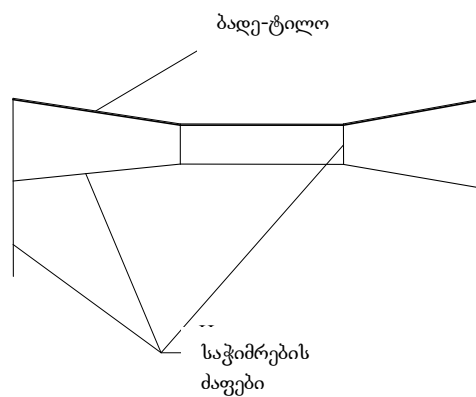


ფიგ. 3.3.39

საჭიმები ერთი მხრიდან დამაგრებულია ბადე-ტილოსთან, ხოლო მეორე მხრიდან



ფიგ. 3.3.40



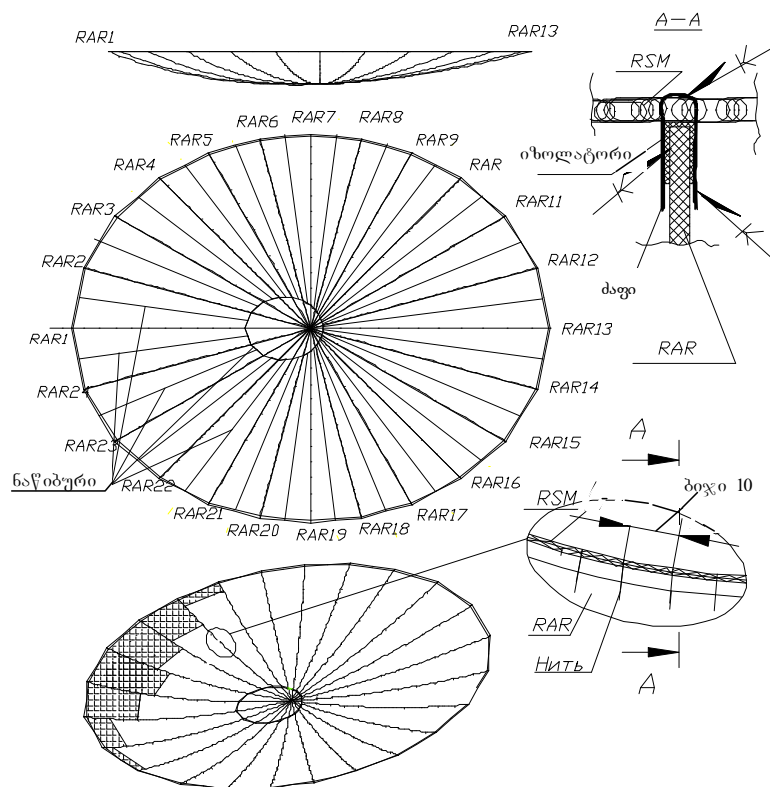
ფიგ. 3.3.41

– საყრდენი კარკასის ელემენტებთან.

ტიპი 3. (იხ. ფიგ. 3.3.41), გამოიყენება ბადე-ტილოს დამაგრებისას ძალოვანი რგოლის ფარგლებს მიღმა ზონაში (ეს არის წერტილები კონსოლებს შორის) და ხორციელდება დრეკადი საჭიმარების სისტემით.

ვარიანტი EVM-2

ამრეკლი ბადე იკვრება შესაბამისი შაბლონით გამოჭრილი ცალკეული



ფიგ. 3.3.42. ბადის დამაგრების ტექნოლოგია.

ნაწილებისაგან აუცილებელი დაჭიმულობის გათვალისწინებით, და სპეციალური ტექნოლოგიით მაგრდება ფურცლების და კონსოლური ელემენტების კონტურებზე (ფიგ. 3.3.42).

ნავარაუდებია, რომ RSM-ი წებოვანი ნაკერების მეშვეობით მაგრდება RAR-ის, CES-ის ფორმათწარმომქმნელ ნაწიბურებთან და დამატებით ფურცლებთან.

3.3.9. ძალოვანი რგოლის ბრუნვისაგან შეკავების სისტემა (RHR) (მხოლოდ LDR 2-თვის)

ძალოვანი რგოლის ბრუნვისაგან შეკავების სისტემა (ფიგ.3.3.43) უზრუნველყოფს რგოლის გაშლის სტაბილურობას.

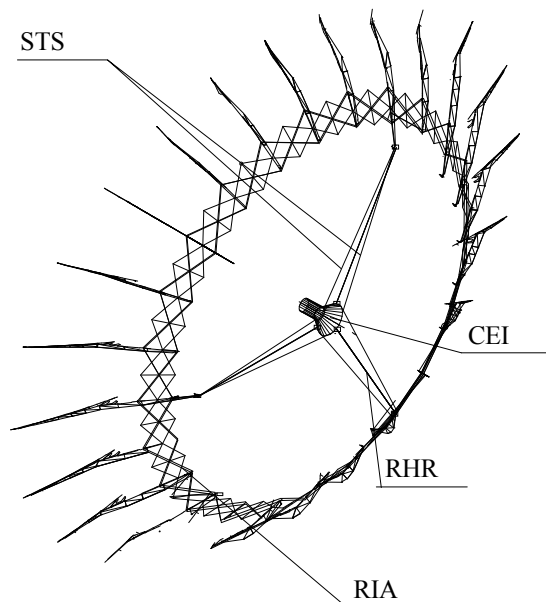
ცენტრალური ელემენტის ქვედა შპანჰოუტზე (CEI) დაყენებულია RHR მილისებრი (დიამეტრი 20x0,5 მმ) ბერკეტების სისტემის დამაგრების სამი სახსარი.

ძალოვან რგოლთან შეერთება ხორციელდება მიმმართველების მილის შემომწვდომი მოსრიალე წყვილის მეშვეობით (რგოლზე დაყენებულია ცოცია; ცოცია დამაგრებულია სახსრულად).

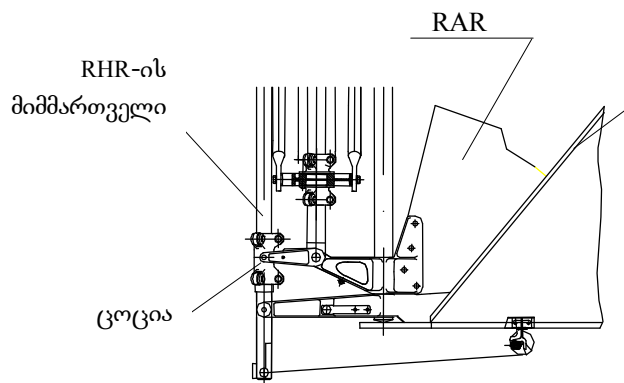
სატრანსპორტო მდგომარეობაში მიმმართველი განლაგდება წყობის

გასწვრივ, ანუ, იგი მობრუნებულია სამუშაო მდგომარეობის მიმართ 90⁰-ით (ფიგ. 3.3.44). გაშლისას რგოლის

გადაადგილება იწვევს ცოციას გადაადგილებას, ცოცია მობრუნდება და ეს იწვევს მიმმართველების მობრუნებას. სრულად გაშლილ მდგომარეობაში



ფიგ. 3.3.43



ფიგ. 3.3.44

ცოცხას ბერკეტი და ღერძი განლაგდებიან ქვედა შპანჰოუტის სიბრტყეში. ქვედა შპანჰოუტის ზომები და რგოლის გეომეტრია (ქვედა დიამეტრის ზომა) არჩეულია იმგვარად, რომ გაშლილ მდგომარეობაში მიმართველი შემოწვდომილი იყოს ცოციაზე.

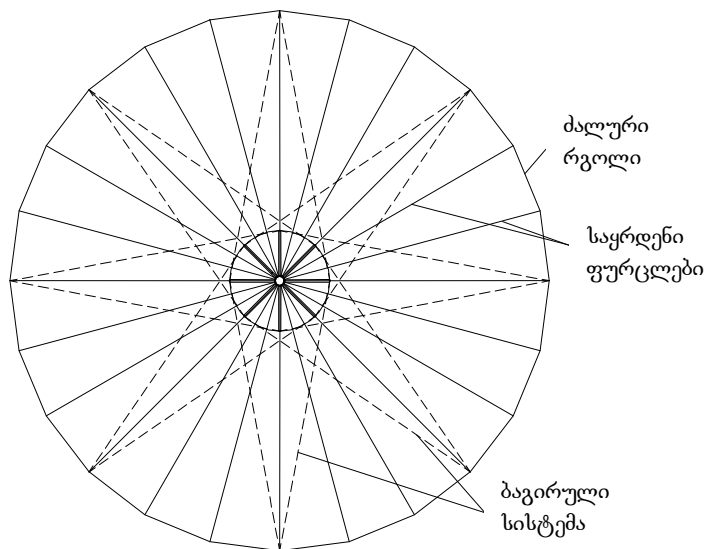
3.3.10. სიხისტის სისტემა (STS)

ვარიანტი LDR-1

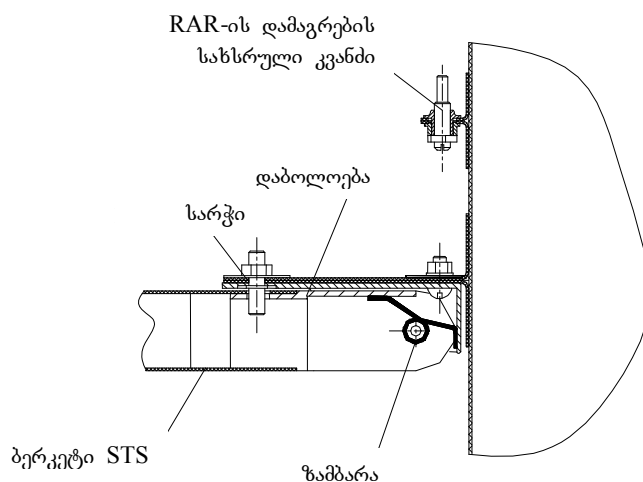
სიხისტის სისტემა განკუთვნილია URA-ის აუცილებელი სიხისტის პარამეტრების უზრუნველყოფისათვის გაშლილ მდგომარეობაში.

სიხისტის სისტემის არსი მდგომარეობს CEI-ის ძალოვან რგოლთან კავშირის ორგანიზებაში.

სიხისტის სისტემის კონსტრუქცია შედგება 8 მოსაბრუნებელი ბერკეტისაგან, რომლებიც სახსრულადაა დამაგრებული CEI-ის მილტუჩზე და 16 არალითონური ბაგირული კავშირისაგან, ფიგ. 3.3.45-ზე ნაჩვენებია სისტემის ელემენტების განლაგება ზედხედში, ხოლო ფიგ. 3.3.46-ზე – გვერდხედში. ბერკეტების დამაგრების სახსრულ კვანძებში დაყენებულია ზამბარული მექანიზმები, რომელიც უზრუნველყოფს ბერკეტების მობრუნებას მათი სატრანსპორტო მდგომარეობიდან სამუშაო მდგომარეობაში.



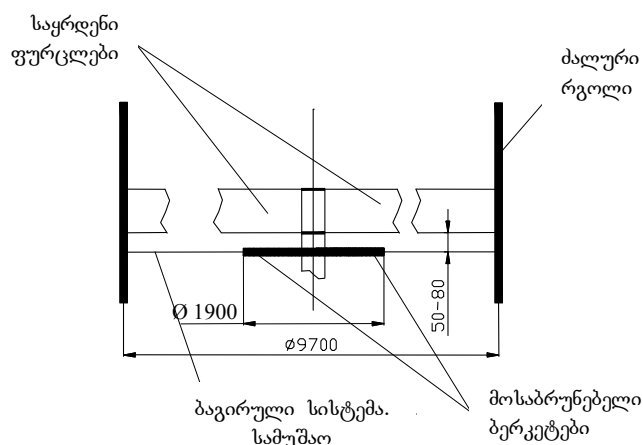
ფიგ. 3.3.45



ფიგ. 3.3.46

მოსაბრუნებელი ბერკეტები (ფიგ. 3.3.47) წარმოადგენს CFRP-სგან დამზადებულ ღეროებს (შესაძლებელია ცვალებადი სიხისტის ღეროებს) ორი დაბოლოებით. ერთი დაბოლოებით ხორციელდება ბერკეტის სახსრული შეერთება, CEI მილტუჩზე დაყენებულ კრონშტეინთან (ბრჯენტან), ხოლო მეორე გამოიყენება ბაგირული კავშირის ბოლოს დასამაგრებლად. ბაგირული კავშირის მეორე ბოლო მაგრდება ძალოვანი რგოლის ტელესკოპური დგარების ზედა ნაწილებზე. ბაგირული კავშირის დაყენება ხორციელდება RSM-ის ინტეგრაციის შემდეგ ძალოვანი რგოლის სრულად გაშლისას.

სატრანსპორტო მდგომარეობაში ბერკეტები განლაგდებიან CEI-ის კორპუსის მილის გასწვრივ, ხოლო ბაგირული კავშირები ზედ ბერკეტებზეა დახვეული. გადახლართვის თავიდან ასაცილებლად ბაგირული კავშირები მაგრდება ადვილად დასარღვევი



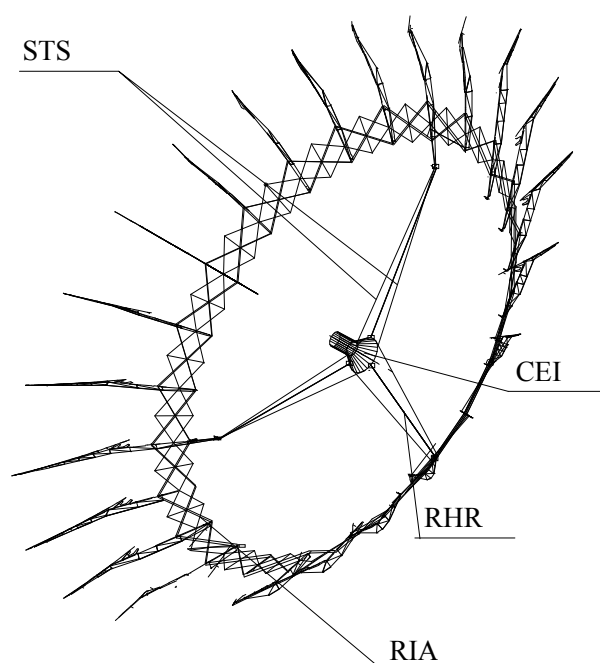
ფიგ. 3.3.47

ელემენტებისაგან, მაგალითად, ქაღალდის ზოლებით.

ვარიანტი EVM-2

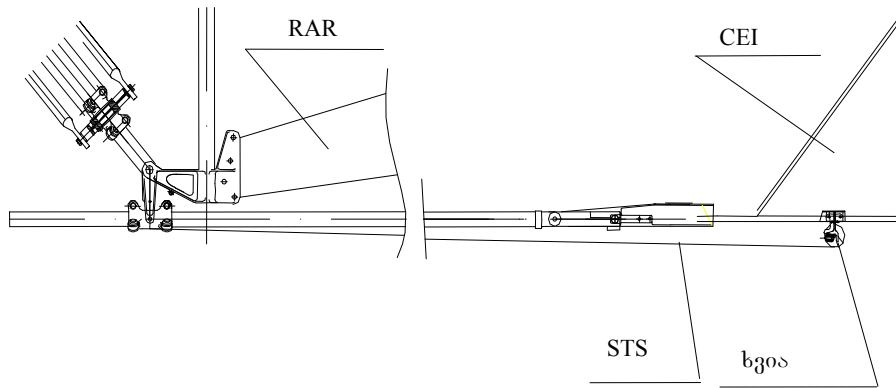
პრინციპიალურად შესრულებულია ისევე, როგორც ვარიანტში 1, მაგრამ არის ზოგიერთი განსხვავება (ფიგ. 3.3.48, 3.3.49):

- ბაგირების რაოდენობა 6 ცალი (3 წყვილი);
- სატრანსპორტო მდგომარეობაში ბაგირები დახვეულია კოჭებზე, რომლებიც განლაგებულია CEI-ის ქვედა მილტუჩზე;
- ძალვა ბაგირებში დაახლოებით 0,1 კვ;



ფიგ. 3.3.48

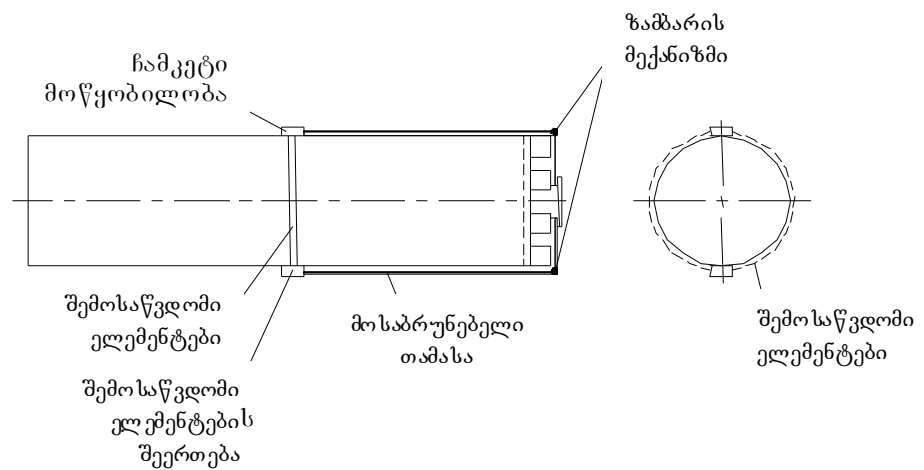
– კოჭები, ანუ ბაგირების დამაგრების წერტილები განლაგებულია დაახლოებით 750 მმ-ის დიამეტრზე.



ფიგ. 3.3.49

3.3.11. URA-ის შეკავებისა და გაშვების სისტემა გაყვანის ეტაპზე (RHS) ვარიანტი LDR-1

URA-ის შეკავების სისტემის კონსტრუქციის პრიციპიალური სქემა დაკვეცილ მდგომარეობაში ნაჩვენებია ფიგ. 3.3.50-ზე.



ფიგ. 3.3.50

URA-ის შეკავების სისტემის შემადგენლობაში შედის: ლენტის ტიპის შემოსაწვდომი ელემენტი, რომლის ბოლოები დამაგრებულია ორი

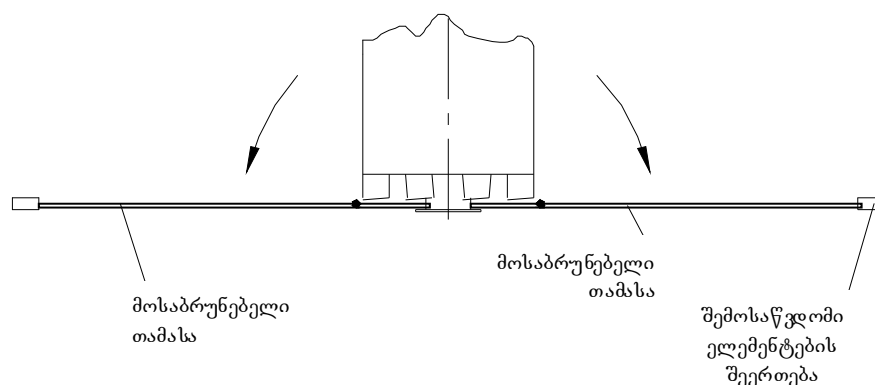
მოსაბრუნებელი თამასიდან ერთ-ერთზე. მეორე მოსაბრუნებელ თამასაზე დაყენებულია ჩამკეტი მოწყობილობა, მაგალითად, პიროტექნიკური დანის ტიპის.

მოსაბრუნებელი თამასები სახსრულადაა დაკავშირებული საყრდენებთან CEI-ზე. სახსრული კვანძები აღჭურვილია მობრუნების ზამბარული მექანიზმებით.

შეკავების სისტემა ფუნქციონირებს შემდეგნაირად:

– URA-ის სატრანსპორტო წყობის გაანგარიშებულ წერტილში გაყვანის შემდეგ, ჩამკეტ მოწყობილობაზე მიეწოდება მართვის სიგნალი, რის შედეგადაც ხდება შემომწვდომი ელემენტის დაცილება. ამასთან, ზამბარული ელემენტები ხსნიან მოსაბრუნებელ თამასებს (აშორებენ URA-ის წყობას) და ათავისუფლებენ წყობას, რომელიც რადიალური ფურცლების დაკეცვის დროს აკუმულირებული დრეკადი ძალების მოქმედებით თვითონ უნდა გაიშალოს.

შეკავების სისტემის ელემენტების გაშლილი მდგომარეობა ნაჩვენებია ფიგ.



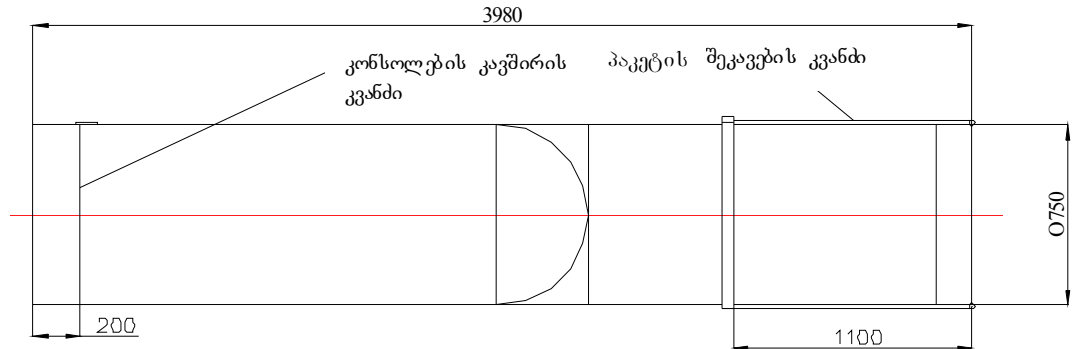
ფიგ. 3.3.51

3.3.51-ზე.

ფუნქციონირების აუცილებელი საიმედოობის უზრუნველყოფისათვის შემომწვდომი ელემენტის დაცილებულმა ნაწილებმა უნდა დაიკავოს გათვალისწინებული მდგომარეობა: მაგალითად, თუ ეს დრეკადი ლენტია, მაშინ, განთავისუფლების შემდეგ იგი დაიგრიხება სპირალურ წყობად.

ვარიანტი EVM-2

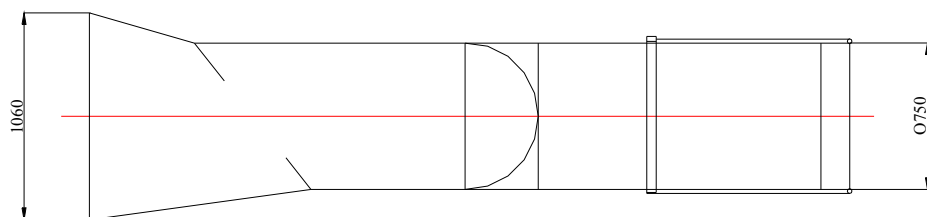
შეკავების სისტემა გაყვანის ეტაჟზე შედგება ორი დამოუკიდებელი კვანძისაგან (ფიგ. 3.3.52).



ფიგ. 3.3.52

პირველი კვანძი არ უშვებს წყობის შესაძლო გამლას დეფორმირებული ფურცლების დრეკადი ძალებისაგან. კონსტრუქციულად ეს კვანძი შესრულებულია ვარიანტ 1-ში აღწერილი კვანძის ანალოგიურად. სატრანსპორტო წყობის თავისებურება აუცილებელს ხდის კონსტრუქციის შემადგენლობაში კიდევ ერთი კვანძის შეტანას. ეს კვანძი განკუთვნილია კონსოლების ბოლოების შესაკავებლად, რომლებიც ტრანსფორმირდება წყობის მარცხენა ზონაში განთავსების უზრუნველსაყოფად. კვანძის კონსტრუქცია შეიძლება შედგებოდეს კონსოლების ბოლოების შემაკავებელი კავშირის ელემენტებისაგან და მისი დამრღვევი მოწყობილობისაგან, მაგალითად, პიროტექნიკური მექანიზმისაგან.

ფიგ. 3.3.52-ზე წარმოდგენილია პაკეტის კონფიგურაცია კონსოლის შემაკავებელი კავშირის კვანძის ამოქმედების შემდეგ.



ფიგ. 3.3.53

ვარიანტი EVM-2-თვის URA-თვის შეკავების სისტემის ამოქმედება უნდა იყოს თანმიმდევრული: თავიდან უნდა ამოქმედდეს კონსოლების კავშირის კვანძი, ხოლო შემდეგ გაიცემა ბრძანება მთელი წყობის შეკავების კვანძის ამოქმედებაზე.

ორივე კვანძი უნდა შეიცავდეს ტელემეტრულ გადამწოდებს, რომლებიც ადასტურებენ კვანძების ამოქმედებას.

3.4. LDR-1 და «EVM»-2 კონსტრუქციების ძირითადი პარამეტრების შედარებითი ანალიზი

3.4.1. რადიოტექნიკური კომპლექსების

ფუნქციონირების ეტაპობრივი აღწერა

თავდაპირველად წარმოდგენილია რადიოტექნიკური კომპლექსების ფუნქციონირების პროცესის ძირითადი ეტაპები ხოლო შემდეგ შედარებითი ანალიზის მიზნით აღწერილია თვითოეული მათგანი ორივე ვარიანტისთვის ცალ-ცალკე.

- ეტაპი 1 – შეკავების სისტემის ამოქმედება გაყვანის ეტაპზე;
- ეტაპი 2 – თვითნებური გაშლა დეფორმირებული ფურცლების დრეკადი ძალების ხარჯზე;
- ეტაპი 3 – URA-ის გაშლა RDM-ის ფუნქციონირების ხარჯზე;
- ეტაპი 4 – გაშლის ფინალური სტადია (RAR-ის, STS-ის და RSM-ის წინასწარი დამაბვის აუცილებელი დონის უზრუნველყოფა).

ვარიანტი LDR-1

ეტაპი 1. გაშლის პროცესი იწყება URA-ის პაკეტის გაშლის წერტილში გაყვანით, რის შემდეგაც მიეწოდება ბრძანება პაკეტის შეკავების სისტემის (RHS) კვანძის პიროტექნიკულ ამოქმედებაზე.

ეტაპი 2. URA-ის პაკეტის განთავისუფლების შემდეგ, რაც დასტურდება ტელემეტრული ინფორმაციით, ხდება ნაწილობრივი თვითგაშლა დრეკად-

დეფორმირებული ფურცლების (RAR) ძალის ზემოქმედებით; ფურცლები სატრანსპორტო მდგომარეობაში დახვეულია ცენტრალურ კვანძზე (CEI). ამ ძალების ხარჯზე ძალოვანი რგოლი (RIA) გაიშლება დაახლოებით 20-25 %-ით. ნაწილობრივ გადმოიხვევა სიხისტის სისტემის (STS) ბაგირები. გაშლისას ამ ეტაპზე ხდება ტელესკოპური დგარების შიდა ელემენტების გადაადგილება გარე ელემენტის შიგნით, და როგორც შედეგი, წარმოიქმნება ბაგირული სისტემის მოშვებულობა. ტელესკოპური დგარების ელემენტების გადაადგილება იწვევს კონსოლური ელემენტების (CES) ამჟამინდელი ბერკეტების გამოყვანას და თან წაიყოლებენ (RSM)-ს და დამაგრების დრეკად ელემენტებს.

ამ ეტაპზე გაშლის პროცესი კონტროლდება ტელემეტრული ინფორმაციით პოტენციომეტრული გადამწოდებიდან (PS).

ეტაპი 3. ეტაპი 2-ის დამთავრების შემდეგ ელექტროკვება მიეწოდება ელექტრომექანიკურ ამძრავებს (RDM): RDM-ის გამომავალ ლილვზე დაყენებული კოჭი იწყებს ბრუნვას და ბაგირის დახვევას. გათვალისწინებულია, რომ RDM-ის თბური რეჟიმის უზრუნველყოფის სისტემა ჩართული იქნება წინასწარ და ყველა RDM-ის ტემპერატურა მიაღწევს აუცილებელ სიდიდეს. თავიდან წარმოებს შესუსტებული ბაგირის დახვევა, ხოლო ამის შემდეგ იწყება გაშლის პროცესი აქტიური ძალების მოქმედებით. ამასთან წარმოებს შემდეგი პროცესები:

- ტელესკოპური დგარის შიდა ელემენტი გადაადგილდება გარეთას შიგნით;
- მობრუნდება პანტოგრაფის ბერკეტები;
- გაფართოებადი RIA გაშლის RAR-ს და ერთდროულად მობრუნდება CEI-ის გარშემო;
- ამჟამინდელი ბერკეტები CES გაიტანება ტელესკოპური დგარებიდან;
- ზემოხსენებული კომპონენტების გადაადგილებას მივყავართ RSM-ის გაშლასთან;
- გადმოიხვევა STS-ს ბაგირები.

გაშლის პროცესი ამ ეტაპზე კონტროლირდება ტელემეტრული ინფორმაციით პოტენციომეტრული კუთხეების გადამწოდებიდან (PS).

ეტაპი 4. ეს ეტაპი პირობითად იწყება იმ მომენტიდან, როდესაც ტელესკოპური დგარების გარე ელემენტებზე დაყენებული RIA-ის ჩამკეტი სისტემის საკეტელები ურთიერთქმედებას იწყებენ შიდა ელემენტებზე განლაგებულ სავარცხლებთან. ამ ეტაპზე ხდება იგივე პროცესები, რაც მე-3 ეტაპზე, მაგრამ გაშლა წარმოებს მუდმივად მზარდი დატვირთვების წარმოქმნისა და ზემოქმედების ქვეშ. ამას გარდა, ამ ეტაპის განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ გადმომხვევი ბაგირები STS ათავისუფლებს STS-ის ბერკეტებს, რომლებიც მობრუნდებიან ზამბარული ამძრავების მოქმედებით და იკავებენ თავის სამუშაო მდგომარეობას. ამ ეტაპზე აუცილებელია შემდეგი ელემენტების მოცემული დაჭიმვის ძალით უზრუნველყოფა: RAR-ის; RSM-ის და STS-ის ბაგირების. სათანადო სიდიდის ძალების მიღწევისას ამოქმედდება გეომეტრიული გადამწოდი (GS) და შესაბამისი RDM გამოირთვება. GS-ის ამოქმედება ხდება მის ჭოკზე მარეგულირებელი საბიძგებელას დაჭერის გზით. GS დაყენებულია ტელესკოპური დგარის შიდა ელემენტზე, ხოლო საბიძგებელა – გარეზე. გამორთვის მომენტში გაიცემა ტელემეტრული ინფორმაცია გათიშვის თაობაზე. ყველა ამძრავის გათიშვითა და PS-სგან მიღებული ტელემეტრული ინფორმაციის მიხედვით კეთდება დასკვნა URA-ის სრულ გაშლაზე.

ვარიანტი «EVM»-2

ეტაპი 1. გაშლის პროცესი იწყება URA-ის პაკეტის გაშლის წერტილში გაყვანით. შემდეგ მიეწოდება ბრძანება RHS-ის ამოქმედებაზე: ჯერ კონსოლების შეკავების კავშირის კვანძზე, რომელიც ათავისუფლებს მათ და ისინი იკავებენ თავის სამუშაო მდგომარეობას. ამ ბრძანების შესრულების დამადასტურებელი ტელემეტრული ინფორმაციის მიღების შემდეგ, მიეწოდება ბრძანება პაკეტის შეკავების კვანძის ამოქმედებაზე.

ეტაპი 2. პაკეტის განთავისუფლების შემდეგ (რაც ასევე დასტურდება ტელემეტრული ინფორმაციით) ხდება ნაწილობრივი თვითგაშლა დრეკადად დეფორმირებული ფურცლების (RAR) ძალის მოქმედებით. ფურცლები სატრანსპორტო მდგომარეობაში დახვეულია ცენტრალური კვანძის (CEI) დოლზე.

ამ ძალების ხარჯზე ძალოვანი რგოლი (RIA) გაიშლება დაახლოებით 10-15 %-ით. ნაწილობრივ გადმოეხვევა სიხისტის სისტემის (STS) ბაგირები. გაშლის ამ ეტაპზე ხდება პანტოგრაფის ბერკეტებთან სახსრულად შეერთებული ცოციების დგარებზე გადაადგილება და როგორც შედეგი წარმოიშვება ბაგირული სისტემის მოდუნება. პანტოგრაფის ბერკეტების შემობრუნებას მივყავართ რომბის გაშლასთან, რასაც თავის მხრივ მივყავართ საჩერი მექანიზმის საკეტელას სავარცხელზე გადაადგილებასთან.

RIA-ის დიამეტრის გაზრდისას ასევე ხდება რგოლის ბრუნვისაგან შეკავების სისტემის მიმმართველების მობრუნებაც. გაშლისას ფურცლები და კონსოლური ელემენტები თან გაიყოლებენ მასთან დაკავშირებულ ამრეკლ ზედაპირს და ტანგენციალურ ფურცლებს. გაშლის პროცესი ამ ეტაპზე კონტროლირდება ტელემეტრული ინფორმაციით პოტენციომეტრული გადამწოდებიდან (PS).

ეტაპი 3. მე-2 ეტაპის დამთავრების შემდეგ ელექტროკვება მიეწოდება ელექტრომექანიკურ ამბრავებზე (RDM): RDM-ის გამომავალ ლილვზე დაყენებული კოჭი იწყებს ბრუნვას და ბაგირის დახვევას. იგულისხმება, რომ RDM-ის თბური რეჟიმის უზრუნველყოფის სისტემა წინასწარ იყო ჩართული და ყველა RDM-ის ტემპერატურამ მიაღწია აუცილებელ სიდიდეს. დასაწყისში ხდება შესუსტებული ბაგირების დახვევა, ხოლო შემდეგ უკვე აქტიური ძალების ზემოქმედებით იწყება გაშლის პროცესი. ამასთან მიმდინარეობს შემდეგი პროცესები:

- ბერკეტებთან სახსრულად შეერთების ცოციები გადაადგილდებიან დგარებზე;
- მობრუნდებიან პანტოგრაფის ბერკეტები და რომბის ელემენტები;
- გრძელდება საჩერი კლიტის საკეტელას გადაადგილება სავარცხელზე;
- გაფართოებადი RIA CEI-ის დოლის მობრუნებასთან ერთად გაშლის RAR-ის;
- იხსნება კონსოლური ელემენტების სისტემა - CES;
- ზემოთხსენებული კომპონენტების გადაადგილებას მივყავართ RSM-ის გაშლასთან;
- გადმოეხვევა STS-ის ბაგირები;
- მობრუნდება ძალოვანი რგოლის ბრუნვისაგან შეკავების სისტემის მიმმართველები.

გაშლის პროცესი ამ ეტაპზე კონტროლირდება ტელემეტრული ინფორმაციით პოტენციომეტრული კუთხეების გადამწოდის (PS).

ეტაპი 4. ამ ეტაპზე ხდება იგივე პროცესები, რაც მე-2 ეტაპზე, მაგრამ გაშლა წარმოებს დატვირთვების დონის მუდმივად მზარდი სიდიდისას. ამ ეტაპზე აუცილებელია შემდეგი ელემენტების დაჭიმვის სათანადო ძალით უზრუნველყოფა: RAR-ის, RSM-ისა და STS-ის ბაგირების. საჭირო სიდიდის ძალების მიღწევისას ამოქმედდება გეომეტრიის გადამწოდი (GS) და შესაბამისი RDM გამოირთვება. GS-ის ამოქმედება ხდება მის ჭოკზე მარეგულირებელი საბიძგელას დაჭერის გზით. GS დაყენებულია ტელესკოპური დგარის შიდა ელემენტებზე, ხოლო საბიძგებელა – გარეზე. გამორთვის მომენტში გაიცემა ტელემეტრული ინფორმაცია გათიშვის თაობაზე.

ყველა ამბრავის გათიშვით და PS-სგან ტელემეტრული ინფორმაციის მიხედვით კეთდება დასკვნა URA-ის სრულ გაშლაზე.

3.4.2. LDR-1 და EVM-2 ვარიანტების ძირითადი პარამეტრების შედარება

ძირითადი კომპონენტების ზემოთმოყვანილი აღწერა აჩვენებს, რომ ვარიანტების დამუშავებისას ჩადებული პრინციპები ძირითადად ემთხვევა ერთმანეთს, მაგრამ არის განსხვავებებიც. ამისთვის აუცილებელია შეფასდეს განსხვავებული ვარიანტების შესაძლო გავლენა. ცხრილში 3.9.1 მოტანილია იმ ძირითადი პოზიციების ნუსხა, რომელთა მიხედვითაც ჩატარდა შედარება.

ცხრილი 3.9.1

№	გაშლის ფაზა		ქვეთავი
	პრინციპული სქემა		
1		ბადის დაჭიმვის ძალების შესაძლო ზეგავლენა კონსტრუქციაზე	3.4.2.1.
2		კინემატიკური სქემის თავისებურებანი	3.4.2.2.
	დამაბვა		
3		დამაბვისათვის საჭირო აქტიური ამძრავების რაოდენობა	3.4.2.3.
4		ექსპლუატაციის პროცესში დამაბული ელემენტების რაოდენობა	3.4.2.4.
	კინემატიკა		
5		გეომეტრიის კონტროლი გაშლისას	3.4.2.5.
6		იმ ელემენტების რაოდენობა, რომელთა დაჭიმვა არ კონტროლდება გაშლისას	3.4.2.5.
7		რეფლექტორის ელემენტებს შორის შესაძლო მოდების რისკები ფარდობითი მოძრაობისას	3.4.2.6.
8		გაშლის პროცესის ხანგრძლივობა	3.4.2.7.
	ფორმის კონტროლი		
9		ამრეკლი ზედაპირების ფორმის სიზუსტე (RMS-ის შედარება)	3.4.2.8.
	გაშლის სიხისტე		
10		გრეხვითი სიხისტე ცენტრის გარშემო	3.4.2.9.
11		სიბრტყიდან	3.4.2.9.
	საერთო მახასიათებლები		
12		სატრანსპორტო პაკეტის გაბარიტები	3.4.2.10.
13		მასურ ინერციული მახასიათებლები	3.4.2.11.
14		დამზადების პროცესების და დაშვებათა კრიზისულობა	3.4.2.12.
15		პროცედურებისა და დაშვებათა კრიზისულობა თევზის აწყობის დროს	3.4.2.13.

3.4.2.1. ბადის დაჭიმვის ძალების შესაძლო ზეგავლენა კონსტრუქციაზე

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
<p>1. LDR-1-ში ამრეკლი ზედაპირის ფორმის დამახინჯების რისკი მაღალია, რაც შეიძლება გამოიწვიოს რგოლზე კონსოლურად დამაგრებულმა დგარებმა, რომელთა ბოლოებზეც დამაგრებულია ბადის პერიფერიული ელიფსური ნაწილი. ამრეკლი ბადის დაჭიმულობის ხარჯზე კონსოლების ბოლოებზე წარმოიქმნება ცენტრისკენ მიმართული ჰორიზონტალური მდგენელები, რაც თავის მხრივ იწვევს რგოლის გრეხვას. კონსოლების ერთი მიმართულებით, კერძოდ რგოლის ძირიდან ზევით, გრძელი მხარის არსებობის გამო მგრები მომენტის მნიშვნელობა კონსოლებისა და რგოლის შემაერთებელ კვანძებში საკმაოდ დიდია.</p> <p>2. კონსტრუქციულ-ძალოვანი სქემა უფრო მგრძობიარეა ძალებისა და მომენტების დისბალანსის მიმართ</p>	<p>1. მოცემულ შემთხვევაში აღნიშნული უარყოფითი ეფექტი გამორი-ცხულია, კონსოლების საკმაოდ დიდი სიხისტისა და რეფლექტო-რის თეფშთან მისი ეფექტიანად ინტეგრირების გამო.</p> <p>2. კონსტრუქციულ ძალოვანი სქემა შედარებით მედეგია ძალებისა და მომენტების დისბალანსის მიმართ.</p>

3.4.2.2. კინემატიკური სქემის თავისებურებანი

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
<p>1. კონსტრუქციის კინემატიკური სქემა ნაწილობრივ შეესაბამება ო.ს. “მირ“-ზე ექსპერიმენტ “რეფლექტორი“-ს პროცესში გამოცდილ კონსტრუქციის სქემას.</p> <p>2. თეფშის პირველ ვარიანტში პანტოგრაფის გაშლისას იზრდება მისი დიამეტრი და მუდმივად ხდება რადიალური ფურცლების ახალი მასების ჩართვა მოძრაობაში. ყოველივე ამის შედეგად მცირდება სისტემის ინერციის მომენტი, და წარმოებს რგოლის ე.წ. დინამიური დამუხრუჭება, რასაც თან ახლავს რადიალური ფურცლების წინასწარდამა-ბულობა და მოძრაობის სტა-ბილიზაცია. მოდელირების შედეგად განსაზღვრულია თეფშის გაშლის უბრალო, მდგრა-დი რეჟიმები.</p>	<p>1. კონსტრუქციის კინეტიკურმა სქემამ პრინციპულად მნიშვნელოვანი ცვლილებები განიცადა ო.ს. “მირ“-ზე ექსპერიმენტ “რეფლექტორი“-ს პროცესში გამოცდილ კონსტრუქციასთან შედარებით.</p> <p>2. კონუსისებრი ძალოვანი რგოლის პრინციპული თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ მისი კონუსობის კუთხე იზომება მისი გაშლისას. ეს თვისება მიიღწევა რომბების წვეროებში დამატებითი (მესამე) სახსრის შეტანის ხარჯზე ცილინდრულ რგოლთან შედარებით. ეს სახსრები კონსტრუქციას ხდის 24-ჯერ გეომეტრიულად ცვალებადს. ასეთი ცვალებადობის არიდებისათვის შემოღებულია 24 წყვილი მუშტა, რომლებიც რგოლს გარდაქმნიან ამძრავი ძრავებით მართულ თავისუფლების ერთხარისხიან მექანიზმად. მუშტას ყოველი წყვილის პროფილირება უნდა აკმაყოფილებდეს სპეციალურ განტოლებებს. ამ კონსტრუქციის თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ იგი სარეალიზებელია სიზუსტის გარკვეული ხარისხით მხოლოდ მუშტების აბსოლუტურად ზუსტად დამზადებისას.</p>

3.4.2..3. დამაბვისათვის საჭირო აქტიური ამძრავების რაოდენობა.

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
<p>კონსტრუქცია URA შეიცავს ძალოვან რგოლს (RIA), რომელიც უზრუნველყოფს გამლას და ამრეკლი ზედაპირის ფორმირებას. RIA-ის შემადგენლობაში 8 ელექტრომექანიკური ამძრავია (RDM). RDM-ის რაოდენობა შერჩეულია URA-ის ექსპერიმენტული კონსტრუქციის გამოცდილებიდან, ექსპერიმენტ “რეფლექტორის” შედეგებიდან და კომპონენტების წინასწარი დამაბულობის აუცილებელი დონის უზრუნველყოფიდან გამომდინარე.</p>	

3.4.2.4. ექსპლუატაციის პროცესში დამაბული ელემენტების რაოდენობა

ელემენტის სახელწოდება	ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
პანტოგრაფის ბერკეტები	48	96
დგარები	24	24
რომბის ელემენტები	-	96
საკეტების რაოდენობა	24	48
RAR-ის რაოდენობა	24	24
STS-ის ბაგირული კავშირების რაოდენობა	16	6
<p>კომენტარები</p> <p>წარმოდგენილია მხოლოდ კომენტარები ძალოვანი რგოლის ელემენტების თაობაზე, რადგან დანარჩენი კომპონენტები თითქმის ერთნაირად მონაწილეობენ</p>	<p>ვარიანტი 1-ის პანტოგრაფი შედგება მინიმალურად აუცილებელი რაოდენობის ელემენტებისაგან, რომლებიც</p>	<p>პანტოგრაფის ელემენტების 50% (პანტოგრაფის ბერკეტები) აღიქვამენ დატვირთვის 85 %-ს და ელემენტების 50 % (რომბის ელემენტები), წინასწარი დამაბვის 15 %-ს.</p>

წინასწარი დაძაბვის ალქმაში.	უზრუნველყოფს დატვირთვის რაციონალურ ალქმას.	
-----------------------------	--	--

3.4.2.5. გეომეტრიის კონტროლი გაშლისას.

განიხილება ელემენტების რაოდენობა, რომელთა გაჭიმვა არ კონტროლირდება გაშლისას.

განიხილება ცალკეული კომპონენტების მოქმედებაზე კონტროლის ნაწილობრივი ან სრული არარსებობის შემთხვევები.

კონტროლი უნდა მივიჩნიოთ როგორც კომპონენტების მდგომარეობის განმსაზღვრელი მართვის ძალების და მომენტების არსებობა. კონსტრუქციის ელემენტების ურთიერთქმედების შეფასება ნებას გვაძლევს გავაკეთოთ დასკვნა იმის შესახებ, თუ რამდენად საკონტროლებელია ესა თუ ის კომპონენტი თავის მოქმედებაში გაშლის სხვადასხვა სტადიაზე.

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
<p>1. CEI - კომპონენტის მდგომარეობა სრულად კონტროლირდება ყველა ეტაპზე.</p> <p>2. RAR - კომპონენტის მდგომარეობა ნაწილობრივ კონტროლირდება ეტაპზე 2, სრულად – ეტაპზე 3 და 4.</p> <p>3. RIA - მთლიანად ყველა ეტაპზე არ კონტროლირდება (ხდება CEI-ის</p>	<p>1. CEI კომპონენტის მდგომარეობა ნაწილობრივ კონტროლირდება ყველა ეტაპზე (დასაშვებია დოლის ბრუნვა).</p> <p>2. RAR კომპონენტის მდგომარეობა კონტროლირდება ნაწილობრივ ეტაპებზე 2, 3, სრულად - ეტაპზე 4. დამატებითი ფურცლების მდგომარეობა არ კონტროლირდება ეტაპებზე 2 და 3, სრულად – ეტაპზე 4.</p>

<p>დერძის გარშემო ბრუნვა).</p> <p>4. პანტოგრაფის ბერკეტები, ტელესკოპური დგარები, კონსოლური ელემენტები, ჩამკეტის საკეტები – კონტროლირდება ყველა ეტაპზე.</p> <p>5. ბაგირული სისტემა – კონტროლირდება ნაწილობრივ ეტაპზე 2, სრულად – ეტაპებზე 3 და 4.</p> <p>6. ამრეკლი ზედაპირი (RSM) – კონტროლირდება ნაწილობრივ ეტაპებზე 2 და 3 (დრეკადი კავშირების არსებობის ხარჯზე), სრულად – ეტაპზე 4.</p> <p>7. STS-ის ბაგირები და ბერკეტები – კონტროლირდება სრულად ყველა ეტაპზე.</p>	<p>3. RIA მთლიანად – კონტროლირდება ყველა ეტაპზე.</p> <p>4. პანტოგრაფის ბერკეტები, რომბის ელემენტები, კონსოლური ელემენტები, ჩამკეტი საკეტები, – კონტროლირდება ყველა ეტაპზე.</p> <p>5. ბაგირული სისტემა – კონტროლირდება ნაწილობრივ ეტაპზე 2, სრულად – ეტაპებზე 3 და 4.</p> <p>6. ამრეკლი ზედაპირი (RSM) – კონტროლირდება ნაწილობრივ ეტაპზე 2 და 3 (დამატებითი ფურცლების არსებობის ხარჯზე), სრულად – მე-4 ეტაპზე</p> <p>7. STS-ის ბაგირები – კონტროლირდება სრულად ყველა ეტაპზე.</p>
--	---

3.4.2.6. რეფლექტორის ელემენტებს შორის შესაძლო მოდების რისკები ფარდობითი მოძრაობისას

შესაძლო მოდების რისკები ვარიანტი 1 და 2-ის რადიოტელესკოპებისათვის განიხილება გაშლის პროცესის ამა თუ იმ ეტაპის მიხედვით. ქვევით ჩამოთვლილია გაშლის პროცესის ძირითადი ეტაპები (იხ. ქვეთავი 3.8).

<p>ეტაპი 1. შეკავების სისტემის (ერთი კვანძი) ამოქმედებისას ხდება სისტემის თამასების მობრუნება წყობიდან (არის მოდების შესაძლებლობა).</p>	<p>ეტაპი 1. შეკავების სისტემის პირველი კვანძის (ტრანსფორმირებადი კონსოლების ბოლოების შეკავების კვანძი) ამოქმედებისას აუცილებელია შემაკავებელი კავშირის კონსოლების ბოლოების სიბრტყიდან გამოსვლის პროცესის გაანალიზება (არის მოდების შესაძლებლობა).</p>
<p>ეტაპი 2. ხდება პაკეტის თვითნებური გახსნა, სავარაუდოდ 9700 მმ დიამეტრის 20-25 %-ით. პროცესი შეიძლება საკმაოდ დინამიური იყოს. ხდება ბაგირული სისტემის ჩაშვება ტელესკოპური დგარის შიგნით. ნაწილობრივ ეხვევა STS-ის ბაგირები. რადიალური ფურცლები და კონსოლური ელემენტები თან წაიყოლებენ ამრეკლ ზედაპირს და დამაგრების დრეკად ელემენტებს (არის მოდების შესაძლებლობა).</p>	<p>ეტაპი 1ა. ამ კვანძის ამოქმედების შემდეგ ხდება მხოლოდ ტრანსფორმირებადი კონსოლების ბოლოების მობრუნება, რომელიც წაიტაცებს ამრეკლი ზედაპირის რაღაც ნაწილს და მათთან დაკავშირებულ ტანგენციალურ ფურცლებს (არის მოდების შესაძლებლობა).</p> <p>ეტაპი 1ბ. მეორე კვანძის ამოქმედებისას (კონსტრუქციის მიხედვით ანალოგიურია ვარიანტი 1-ის) ხდება სისტემის თამასების მობრუნება პაკეტისაგან (არის მოდების შესაძლებლობა).</p> <p>ეტაპი 2. ხდება პაკეტის თვითნებური გაშლა, სავარაუდოდ 10-15 %-ით. პროცესი შეიძლება საკმაოდ დინამიური იყოს. ნაწილობრივ გადმოეხვევა STS-ის ბაგირები და მობრუნდება</p>

<p>ეტაპი 3. ჩაირთვება RDM, ხდება მოშვებული ბაგირის დახვევა და იწყება გაშლა. RDM-ის მტყუნების შემთხვევაში (დასაშვებია, უკიდურეს შემთხვევაში, ერთი RDM-ის მტყუნება) არამომუშავე ფრაგმენტების ბაგირი განლაგდება ტელესკოპური დგარების შიგნით, რითაც არ წარმოშობს მოდების საშიშროებას. გაშლის შეწყვეტისას, მაგალითად ელექტროკვების სისტემაში შეფერხებისას, პროცესი შეიძლება გაგრძელდეს ინერციით (არის მოდების შესაძლებლობა).</p> <p>აუცილებელია ჩატარდეს გაშლის დინამიკის ამ ეტაპის ანალიზი RDM-ის პარამეტრების განსაზღვრისათვის, რათა თავი ავარიდოთ ინერციით გაშლას.</p> <p>ეტაპი 4. ამ ეტაპზე URA აღწევს მოცემულ გეომეტრიულ პარამეტრებს, წარმოებს კომპონენტის წინასწარი დამაბვა, აგრეთვე STS-ის ბერკეტების მობრუნება, ამასთან ბერკეტები და ბაგირები</p>	<p>ძალოვანი რგოლის ბრუნვისგან შეკავების სისტემის მიმმართველები. წარმოებს ბაგირების მოშვება (არის მოდების შესაძლებლობა).</p> <p>რადიალური ფურცლები და კონსოლური ელემენტები თან წაიყოლებენ ამრეკლ ზედაპირს და ტანგენციალურ ფურცლებს (არის მოდების შესაძლებლობა).</p> <p>ჩაირთვება RDM, ხდება მოშვებული ბაგირის დახვევა და იწყება გაშლა. RDM-ის მტყუნების შემთხვევაში (დასაშვებია, უკიდურეს შემთხვევაში, ერთი RDM-ის მტყუნება) არამომუშავე ფრაგმენტის ბაგირი ჩამოეშვება (არის მოდების შესაძლებლობა). გაშლის პროცესში იზრდება ძალოვანი რგოლის დიამეტრიც კონუსის კუთხის ცვლასთან ერთად. ამასთან წარმოებს CEI დოლის ბრუნვა, ფურცლების გამოწევა, STS-ის ბაგირების გადმოხვევა, ძალოვანი რგოლის შეკავების სისტემის მიმმართველების მობრუნება. ფურცლების გამოწევა ხორციელდება მათი დგარებთან შეერთების ქვედა წერტილებიდან. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზედა ნაწიბური არ არის დატვირთული, შესაბამისად, მისი და მასთან დაკავშირებული დამატებითი ფურცლების მდგომარეობა არ კონტროლირდება (არის მოდების შესაძლებლობა).</p> <p>ეტაპი 4. ამ ეტაპზე URA აღწევს მოცემულ გეომეტრიულ პარამეტრებს, წარმოებს კომპონენტების წინასწარი დამაბვა, STS-ის ბაგირების სრული გადმოხვევა და რგოლის</p>
--	--

<p>იკავებენ თავიანთ სამუშაო მდგომარეობას (არის მოდების შესაძლებლობა).</p> <p>შედეგი: 4 მოდების წარმოშობის შესაძლო მიზეზი.</p>	<p>შეკავების სისტემის მიმმართველების მობრუნების დასრულება.</p> <p>შედეგი: 6 მოდების წარმოშობის შესაძლო მიზეზი.</p>
---	--

3.4.2.7 გაშლის პროცესის ხანგრძლივობა

<p>ვარიანტი LDR-1</p>	<p>ვარიანტი «EVM»-2</p>
<p>10-12 წთ</p>	<p>15-18 წთ</p>

3.4.2.8. ამრეკლი ზედაპირის ფორმის სიზუსტე

<p>ვარიანტი LDR-1</p>	<p>ვარიანტი «EVM»-2</p>
<p>RMS-ის სიდიდე ზედაპირის პარაბოლოიდის აპროქსიმაციის მიხედვით – 2,2 მმ.</p>	<p>RMS-ის სიდიდე ზედაპირის პარაბოლოიდის აპროქსიმაციის მიხედვით (RSM-ის დამატებით ფურცლებთან დამაგრების გათვალისწინების გარეშე) – 3,4 მმ.</p>

3.4.2.9. URA-ის სიხისტე (საკუთარი სიხშირეების სიდიდეები)

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
1. პირველი საკუთარი სიხშირე – 1,76 ჰც. რხევის ხასიათი: გრეხვითი CEI-ის მიმართ.	1. პირველი საკუთარი სიხშირე – 1,45 ჰც. რხევის ხასიათი: გრეხვითი CEI-ის მიმართ.
2. რხევების მინიმალური სიხშირე URA-ის სიბრტყიდან – 2,7 ჰც.	2. რხევების მინიმალური სიხშირე URA-ის სიბრტყიდან – 3,7 ჰც.

3.4.2.10. სატრანსპორტო პაკეტების გაბარიტები

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
1. პაკეტის ზომები: სიგრძე – 3365 მმ განივი კვეთის მაქსიმალური ზომები – დიამეტრი 580 მმ.	1. პაკეტის ზომები: სიგრძე – 3980 მმ. განივი კვეთის მაქსიმალური ზომები – 1060 X 750 მმ.
2. სატრანსპორტო პაკეტის კონფიგურაცია ვარიანტი 1-ის მიხედვით და მისი გეომეტრიული პარამეტრები აკმაყოფილებს მოთხოვნებს.	2. თეფშის პაკეტის გაბარიტები ვარიანტი 2-ის მიხედვით აპარატის ბორტზე მისი მდგომარეობის გათვალისწინებით არ პასუხობს სპეციფიკის მოთხოვნებს. კონსოლური ელემენტების გამოშვებული ბოლოები X_R (0^0 - 180^0) ღერძის მიმართ აჭარბებს მარგი ტვირთის ზონის დაშვებულ ზომას.
3. პაკეტის ფორმა –	3. პაკეტი ვარიანტი 2-ის მიხედვით წარმოადგენს რთული კონფიგურაციის სხეულს, რაც მოითხოვს თეფშის კონსტრუქციის შემადგენლობაში სპეციალური ელემენტების შეტანას საიმედო

ცილინდრი. 4. გაყვანის ეტაპზე შეკავების სისტემის სავარაუდო მასა – 8 კგ.	შეკავების განსახორციელებლად (გათვალისწინებულია მასურ ბიუჯეტში). 4. გაყვანის ეტაპზე შეკავების სისტემის სავარაუდო მასა – 9,5 კგ.
---	---

3.4.2.11. მასურ-ინერციული მახასიათებლები [96]

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
<p>1. მასა URA – 61,0 კგ.</p> <p>2. ინერციის მომენტები:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სატრანსპორტო მდგომარეობაში <p>$J_x=59,41 \text{ კგ მ}^2$</p> <p>$J_y=2,6 \text{ კგ მ}^2$</p> <p>$J_z=59,41 \text{ კგ მ}^2$</p> <ul style="list-style-type: none"> • გაშლილ მდგომარეობაში <p>$J_x=558,49 \text{ კგ მ}^2$</p> <p>$J_y=1166,38 \text{ კგ მ}^2$</p> <p>$J_z=619,00 \text{ კგ მ}^2$</p>	<p>1. მასა URA – 72,0 კგ.</p> <p>2. ინერციის მომენტები:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სატრანსპორტო მდგომარეობაში <p>$J_x=191,76 \text{ კგ მ}^2$</p> <p>$J_y=2,94 \text{ კგ მ}^2$</p> <p>$J_z=188,68 \text{ კგ მ}^2$</p> <ul style="list-style-type: none"> • გაშლილ მდგომარეობაში <p>$J_x=844,69 \text{ კგ მ}^2$</p> <p>$J_y=1582,26 \text{ კგ მ}^2$</p> <p>$J_z=778,00 \text{ კგ მ}^2$</p>

3.4.2.12 დამზადების და დაშვებათა პროცესების კრიზისულობა.

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
<p>თეფშის დამზადებისას კარკასის შემადგენლობაში შედის განსაკუთრებული სიზუსტის მოთხოვნილების კვანძები და დეტალები. მათ მიეკუთვნება ზედა და ქვედა ფიტინგები, პანტოგრაფის ბერკეტები და ფურცლები.</p> <p>1. ზედა და ქვედა ფიტინგს აქვს ორი</p>	<p>თეფშის დამზადებისას განსაკუთრებული სიზუსტის მოთხოვნილების კვანძებს წარმოადგენს პანტოგრაფის ბერკეტები, რომლის ელემენტები და ფურცლები.</p> <p>1. პანტოგრაფის ბერკეტებისათვის კრიზისულ ზომებს წარმოადგენს</p>

<p>ზომა, რომელიც მოითხოვს გარკვეულ სიზუსტეს. ეს არის ზომები, რომლებიც განსაზღვრავს პანტოგრაფის ბერკეტების სახსრულად დამაგრების ნახვრეტების ღერძების მდგომარეობას ერთმანეთისა და ფიტინგის ღერძის მიმართ.</p> <p>2. პანტოგრაფის ბერკეტებისათვის კრიზისული ზომებია, ზომები სახსრული კვანძების ღერძების გასწვრივ.</p> <p>3. ფურცლების დამზადებისას კრიზისული ზომებია RAR-ის CEI-თან და RAI-თან შემაერთებელი სახსრული კვანძების ელემენტების ღერძების მდგომარეობის განმსაზღვრელი ზომები.</p> <p>4. ამრეკლი ზედაპირის დამზადების პროცესში ყველაზე მეტად კრიზისულია ბადე-ტილოს დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ოპტიმალური დონის უზრუველყოფა.</p>	<p>ზომები, რომლებიც განსაზღვრავენ სახსრული კვანძების ღერძების მდგომარეობასა და საბჯენი-სინქრონიზატორების დამზადების განსაკუთრებულ სიზუსტეს.</p> <p>2. რომბის ელემენტებისათვის კრიზისული ზომებია ზომები, რომლებიც განსაზღვრავენ სახსრული კვანძების ღერძების მდგომარეობას.</p> <p>3. ფურცლების დამზადებისას რთულ მომენტს წარმოადგენს აუცილებელი პაკეტის რეალიზება, ცალკეული ფრაგმენტების ოპტიმალური გამოჭრილობის შერჩევა, და აგრეთვე ფორმათწარმომქმნელი ნაწიბურების შესრულების სიზუსტე.</p> <p>4. ამრეკლი ზედაპირის დამზადების პროცესში ყველაზე მეტად კრიზისულია ბადე-ტილოს დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ოპტიმალური დონის უზრუველყოფა.</p>
---	--

3.4.2.13. პროცედურების და დაშვებების კრიზისულობა თეფშის აწყობის დროს

ვარიანტი LDR-1	ვარიანტი «EVM»-2
<p>1. ძალთა ბალანსის უზრუნველყოფა წინასწარ დადაბულ ელემენტებში:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ფურცლებში; - STS-ის ბაგირებში; - ბადე-ტილოში (RSM). <p>2. RSM-ის ინტეგრაცია:</p> <ul style="list-style-type: none"> - მდგომარეობა კონსტრუქციის ელემენტების მიმართ; - RSM-ის დამაგრების უზრუნველყოფა RIA -ის ფარგლებს მიღმა; - სიზუსტე (RSM) - თეფშის ყველა კომპონენტის (RAR, RIA, RSM) მდგომარეობის რეგულირების შესაძლებლობით ხდება აუცილებელი სიზუსტის უზრუნველყოფა. <p>3. სატრანსპორტო პაკეტის ფორმირება: საჭიროა მეთოდისა და სპეციალური მოწყობილობების დამუშავება.Формирующей</p>	<p>1. ძალთა ბალანსის უზრუნველყოფა წინასწარ დადაბულ ელემენტებში:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ფურცლებში; - STS-ის ბაგირებში; - ბადე-ტილოში (RSM). <p>2. RSM-ის ინტეგრაცია</p> <ul style="list-style-type: none"> - მდგომარეობა კონსტრუქციის ელემენტების მიმართ; - RSM-ის დამაგრების უზრუნველყოფა დამატებითი ფურცლების ნაწიბურებთან (RAR-ის შორის და RIA -ის ფარგლებს მიღმა); - სიზუსტე (RSM). <p>გათვალისწინებულია რეგულირების შესაძლებლობა მხოლოდ RAR-ის მდგომარეობისა CEI-ის მიმართ და ფურცლების ნაწიბურებისა – კონსოლურ ელემენტებზე.</p> <p>3. სატრანსპორტო პაკეტის ფორმირება: საჭიროა მეთოდისა და სპეციალური მოწყობილობების დამუშავება.Формирующей</p>

3.5. გაშლის პროცესის შემაფერხებელი ფაქტორების კინემატიკური ანალიზი LDR-1 და EVM-2 ვარიანტებისათვის

რადიოტელესკოპის გაშლის პროცესი ხორციელდება ელექტრომექანიკური ამძრავებითა (მმძ) და ტროსული სისტემით. ამძრავის ფუნქციაა – შექმნას ძალა P ტელესკოპურ დგარში, რომელიც უზრუნველყოფს რადიალური ფურცლების, ბადისა და სიხისტის სისტემის ტროსების აუცილებელ დაჭიმვას. გაშლის პროცესში ადგილი აქვს კვანძებისა და დეტალების ურთიერთზემოქმედებას, რის შედეგადაც აღიძვრება ამ პროცესის შემაფერხებელი რიგი ფაქტორები.

გაშლის პროცესის შემაფერხებელი ფაქტორები შეიძლება დაიყოს ორ ნაწილად. პირველი ეს არის ფაქტორები, რომლებიც მოქმედებენ მთელი გაშლის პროცესის განმავლობაში, ხოლო მეორე – გაშლის პროცესის მხოლოდ განსაზღვრულ სტადიაზე.

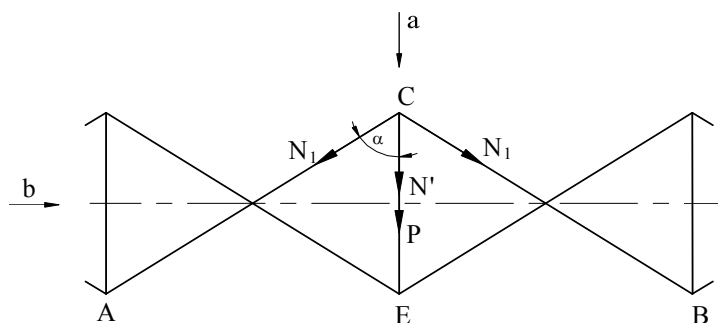
3.5.1. LDR-1 ვარიანტისათვის

ფაქტორების პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება:

- ხახუნის ძალა პანტოგრაფის ბერკეტების შემაერთებელ სახსრულ კვანძებში;
- ხახუნის ძალა ტროსული სისტემის გორგოლაქის სახსარში;
- ხახუნის ძალა ტროსის დახვევის მექანიზმში;
- წინააღმდეგობის ძალა კაბელური სისტემის დეფორმირებისას.

ფაქტორების მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება:

- ხახუნის ძალა ტელესკოპურ დგარში;
- ძალა, რომელიც აუცილებელია საბოლოო ფორმის დამაფიქსირებელი კვანძის ასამუშავებლად;
- ძალა, რომელიც აუცილებელია საბოლოო ფორმის დამაფიქსირებელი

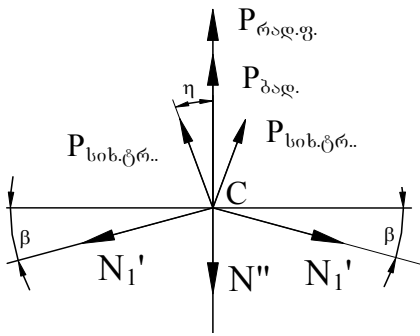


ფიგ. 3.5.1

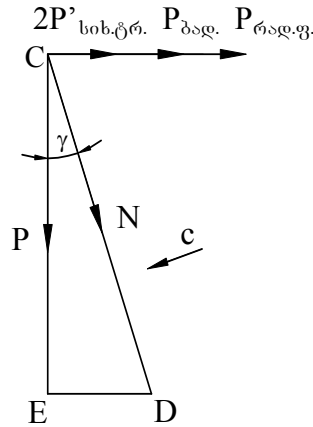
გადამწოდის ასამუშავებლად.

მეორე ჯგუფის ძალები მოქმედებენ პანტოგრაფის გაშლის შემდეგ, როდესაც ადგილი აქვს კონსტრუქციის წინასწარ დაძაბვას, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მის სიხისტეს. დროის მიხედვით ეს შეადგენს მთელი გაშლის პროცესის 2-3%-ს.

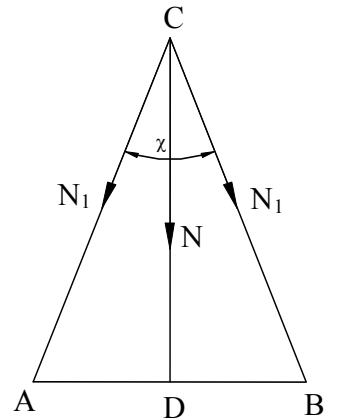
ფიგურებზე 3.5.1, 3.5.2, 3.5.3 და 3.5.4-ზე წარმოდგენილია ძალები, რომლებიც მოქმედებენ ძალოვანი რგოლის ელემენტებში.



ფიგ. 3.5.2



ფიგ. 3.5.3



ფიგ. 3.5.4

კინემატიკური სქემიდან და ძალოვანი რგოლის გეომეტრიული პარამეტრებიდან განისაზღვრება გათვლებისთვის აუცილებელი სიდიდეები და დამოკიდებულებები:

$$\alpha = 58^{\circ}3' \quad \beta = 7^{\circ}30' \quad \eta = 10^{\circ}30'$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{ED}{CE} = 0,2093; \quad \gamma = 11^{\circ}50'$$

$$AC = L = 1440\text{მმ}$$

$$AE = L \cdot \sin \alpha = 1222\text{მმ}$$

$$CE = 762\text{მმ}$$

$$2N_1 = \frac{N}{\cos \frac{\chi}{2}} \quad N = P \cdot \cos \gamma \quad \cos \frac{\chi}{2} = \frac{CD}{AC} = \frac{CE/\cos \gamma}{AC}$$

$$N_1 = \frac{P \cdot 0,958 \cdot 144}{2 \cdot 76,2} = 0,905P$$

ჩამოთვლილი ფაქტორების სიდიდეების განსაზღვრა.

პირველი ჯგუფის ფაქტორები

F_2 – ხახუნის ძალა პანტოგრაფის ბერკეტების შემაერთებელსახსრულ კვანძებში. განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$F_2 = f_1 n \cdot m N_1 \frac{r}{0,5L}$$

სადაც $f_1 = 0,002$ - სახსრის გორვის ხახუნის კოეფიციენტი;

$n = 24$ - სექციების რაოდენობა;

$m = 5$ - სახსრების რაოდენობა სექციაში;

$r = 2\text{მმ}$ -გორვის რადიუსი სახსარში.

$$F_2 = f_1 n \cdot m P \frac{\cos \gamma}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{r}{0,5L} = 0,002 \cdot 24 \cdot 5 \frac{0,9788}{2 \cdot 0,5175} \cdot \frac{2}{720} P;$$

$$F_2 = 0,00063P$$

F_3 – ხახუნის ძალა ტროსული სისტემის გორგოლაჭის სახსარში. განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$F_3 = f_1 \cdot 2P \frac{r}{R}$$

სადაც $R=5\text{მმ}$ - გორგოლაჭის რადიუსი

$$F_3 = 0,002 \cdot 2P \frac{2}{5}; \quad F_3 = 0,0016P$$

F_4 – ხახუნის ძალა ტროსის დახვევის მექანიზმში. განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$F_4 = f_2 \cdot k \cdot P_{\text{გორ}}$, სადაც $f_2 = 0,13$ - ხახუნის კოეფიციენტი ბრინჯაოსი ფოლადზე

$k = 8$ - მძძ-ს რაოდენობა

$P_{\text{გორ}} = 0,13\text{კგ}$ - დრეკადი ფირფიტის მიჭერის ძალა

$$F_4 = 0,13 \cdot 8 \cdot 0,1 = 0,104 \text{კგ}$$

F_5 – წინააღმდეგობის ძალა მძძ-ს კაბელური სისტემის დეფორმირებისას. აღებულია ანალოგიური ფერმული კონსტრუქციის კვანძების გაზომვების რეზულტატებიდან და ყოველი კაბელისათვის მიღებულია 0,15კგ.

$$F_5 = h \cdot P_{კაბ} = 8 \cdot 0,15 = 1,2$$

მეორე ჯგუფის ფაქტორები.

F_6 – ხახუნის ძალა ტელესკოპურ დგარში. განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$F_6 = f_3 (2 \cdot P \sin \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha + P_{ბად} + 2P'_{სიხ,ტრ})$$

სადაც $f_3 = 0,1$ - ხახუნის კოეფიციენტი ფტოროპლასტისა ნახშირპლასტიკატზე.

$P_{ბად} = 0,7$ კგ - ბადის დაჭიმვის ძალა (აღებულია გაანგარიშებიდან სიხისტეზე)

$2P'_{სიხ,ტრ} = 0,17$ - დგართან მიყვანილი სიხისტის სისტემის ტროსის დაჭიმულობის ძალა (აღებულია გაანგარიშებიდან სიხისტეზე).

$$P_{სიხ,ტრ} = 0,26$$

$$P'_{სიხ,ტრ} = (16 P'_{სიხ,ტრ} \cos \eta) / 24 = \frac{16 \cdot 0,26 \cdot \cos 10^\circ 30' }{24}$$

$$P'_{სიხ,ტრ} = 0,17 \text{ კგ}$$

$$F_6 = 0,1(2P \cdot 0,131 \cdot 1,632 + 0,7 + 0,17) = 0,04276P + 0,087 \text{ კგ}$$

F_7 – ძალა, რომელიც საჭიროა საბოლოო ფორმის დამაფიქსირებელი ჩამკეტი კვანძის ასამუშავებლად:

$$F_7 = 2n \cdot P_{მიჭ} \cdot \operatorname{tg}(\Psi + \arctg f_4)$$

სადაც $f_4 = 0,15$ - ხახუნის კოეფიციენტი ფოლადისა ტიტანზე;

$P_{მიჭ} = 0,01$ კგ - ხრუტუნა მექანიზმის მიჭერის ძალა;

$\Psi = 45^\circ$ - საკონტაქტო კუთხე ხრუტუნა

მექანიზმსა და ლარტყას შორის

$$F_7 = 2 \cdot 24 \cdot 0,016 \text{tg}(45^\circ + 8^\circ 30') = 1,038 \text{ კგ}$$

F_8 – ძალა, რომელიც აუცილებელია რგოლის საბოლოო გეომეტრიის დამაფიქსირებელი გადამწოდის ასამუშავებლად. განსაზღვრულია გადამწოდის ტექნიკური მოთხოვნების ნახაზიდან და შეადგენს $P_{გად}=1,2 \text{ კგ}$ -ს გადამწოდის დილაკის 2მმ-ით სვლისას.

$$F_8 = k \cdot P_{გად} = 9,6 \text{ კგ}$$

შესაბამისად მოთხოვნებისა ვსაზღვრავთ დანაკარგების მთლიან სიდიდეს:

$$\begin{aligned} \sum \Delta F_{\text{ღაბ}} &= 2(1,1F_1 + 3F_2 + 3F_3 + 3F_4 + 1,5F_5 + 3F_6 + 3F_7 + 1F_8) = \\ &= 2[0 + 3 \cdot 0,00063P + 3 \cdot 0,0016P + 3 \cdot 0,104 + 1,5 \cdot 1,2 + 3(0,0428P + 0,087) + 3 \cdot 1,038 + 1 \cdot 9,6] = \\ &= 0,27P + 30,17 \text{ კგ} \end{aligned}$$

სიხისტეზე ანგარიშიდან ვირჩევთ ტელესკოპური დგარის შემადგენელი ნაწილების მოჭიმვის ძალას $2P' = 21 \text{ კგ}$, შესაბამისად მოჭიმვის ძალა დანაკარგების

$$2P = 2P' + \sum \Delta F_{\text{ღაბ}} = 21 + 0,27P + 30,17 = 59,2 \text{ კგ}$$

$$\sum \Delta F_{\text{ღაბ}} = 38,2 \text{ კგ}$$

გათვალისწინებით ტოლია:

ვსაზღვრავთ რადიალური ფურცლის დაჭიმულობას:

$$2P_{\text{ფურ}} = 2P' \cdot \sin \beta \cdot \text{tg} \alpha - P_{\text{ბად}} - 2P'_{\text{სიხ.ტრ}} = 21 \cdot 0,131 \cdot 1,632 - 0,7 - 0,32 = 3,5 \text{ კგ}$$

ვსაზღვრავთ მომენტს, რომელიც მოდის მმძ-ის ლილვზე.

ტელესკოპური დგარის სვლა ტოლია:

$$S_{\text{ტელ.დგ}} = L - H$$

$$S_{\text{ტელ.დგ}} = 1440 - 762 = 678 \text{ მმ}$$

მმძ-ის კოჭაზე დასახვევი ტროსის სიგრძე ტოლია: $S_{\text{ტელ.დგ}} = 1356 \text{ მმ}$

ტროსის დაჭიმულობის ძალა ტოლია $P = 29,6 \text{ კგ}$

მმძ-ის ლილვზე დამაგრებული კოჭას რადიუსი, $R = 9 \text{ მმ}$

რვა მძის შერჩევიდან და რგოლზე ტროსის განლაგების სქემიდან

$$M_{\text{მძ}} = \frac{1}{2} P \cdot R \cdot \frac{1}{8} = \frac{2P \cdot R}{16} = \frac{29,6 \cdot 9}{16} = 16,7 \text{ კგ} \cdot \text{მმ}$$

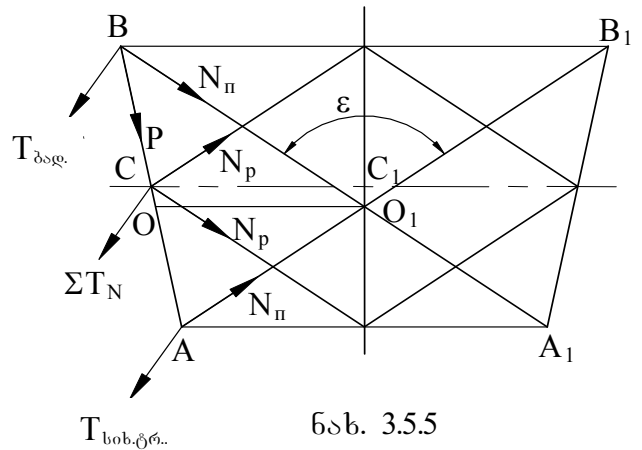
გამომდინარე, მომენტი მძის ლილვზე ტოლია:

$$M_{\text{მძ}} = 16,7 \text{ კგ} \cdot \text{მმ} (0,165 \text{ მ})$$

3.5.2. “EVM”-2 ვარიანტისთვის

პირველი ჯგუფის ფაქტორებს მიეკუთვნება:

- ხახუნის ძალა რომბის ბერკეტების შემაერთებელ სახსრულ კვანძებში;
- ხახუნის ძალა პანტოგრაფის ბერკეტების შემაერთებელ სახსრულ კვანძებში;
- ხახუნის ძალა გამლის ტროსული სისტემის გორგოლაჭის სახსარში;



ნახ. 3.5.5

- ხახუნის ძალა გამლის სისტემის ტროსის დახვევის მექანიზმში;
- ხახუნის ძალა სიხისტის სისტემის მიმმართველ სახსარში;
- სიხისტის სისტემის კოჭას შემაჩერებელი ძალა;
- წინააღმდეგობის ძალა კაბელური სისტემის დეფორმირებისას;
- ძალა, რომელიც საჭიროა საბოლოო ფორმის დამაფიქსირებელი ჩამკეტი კვანძის ასამუშავებლად.

მეორე ჯგუფის ფაქტორებს მიეკუთვნება:

- ხახუნის ძალა ზედა და ქვედა მიმართველი ურიკების სახსრულ კვანძებში;
- ხახუნის ძალა პანტოგრაფის ბერკეტების ზედა და ქვედა მიმართველ ურიკებთან მიერთების სახსრულ კვანძებში;
- ხახუნის ძალა რომბის ბერკეტების შემაერთებელ სახსრულ კვანძებში;
- ძალა, რომელიც აუცილებელია რგოლის საბოლოო გეომეტრიის დამაფიქსირებელი გადამწოდის ასამუშავებლად.

ისევე როგორც პირველ ვარიანტში, აქაც მეორე ჯგუფის ძალები მოქმედებენ პანტოგრაფის გაშლის შემდეგ, როდესაც ადგილი აქვს კონსტრუქციის წინასწარ დაძაბვას, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მის სიხისტეს. ამ შემთხვევაშიც დროის მიხედვით ეს შეადგენს მთელი გაშლის პროცესის 2-3%-ს.

ფიგ. 3.5.5-ზე წარმოდგენილია ძალები, რომლებიც მოქმედებენ ძალოვანი რგოლის ელემენტებში.

კინემატიკური სქემიდან, გეომეტრიული პარამეტრებიდან და გაანგარიშებიდან სიმტკიცეზე გვაქვს:

$$BA_1 = AB_1 = L = 1360\text{მმ} \quad BO_1 = 736\text{მმ} \quad AO_1 = 624\text{მმ}$$

$$OO_1 = \frac{BO_1 \cdot \sin \frac{\varepsilon}{2} + AO_1 \cdot \sin \frac{\varepsilon}{2}}{2} = 572 \text{ მმ}$$

$$\varepsilon = 114^\circ 36'$$

$$N_{\Pi} = N'_A = N'_B = 1,03P$$

$$\Sigma T_N = 0,275P$$

$T_{\text{ბაღ}}$, $T_{\text{სიხ.ტრ.}}$, ΣT_N ძალების ვექტორები პერპენდიკულარულია BA-სი.

განვსაზღვროთ ჩამოთვლილი ფაქტორების სიდიდეები.

პირველი ჯგუფის ფაქტორები

F_2 – ხახუნის ძალა რომბის ბერკეტების შემაერთებელ სახსრულ კვანძებში:

იმის გამო, რომ N_p ძალა შეადგენს მხოლოდ 0,1%-ს პანტოგრაფის ბერკეტებში არსებული ანალოგიური ძალისა, სახსრულ კვანძებში ხახუნის ძალა შეიძლება უგულებელვყოთ.

F_3 – ხახუნის ძალა პანტოგრაფის ბერკეტების შემაერთებელ სახსრულ კვანძებში განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$F_3 = f_1 n_1 \cdot m \cdot \frac{N_{II}}{2} \cdot \frac{r}{L_1}$$

სადაც $f_1 = 0,002$ - სახსრის გორვის ხახუნის

კოეფიციენტი;

$n_1 = 10$ - სახსრების რაოდენობა სექციაში;

$m = 24$ - სექციების რაოდენობა;

$r = 2\text{მმ}$ - გორვის რადიუსი სახსარში.

$$N_{II} = N_A = 1,03P$$

$$L_1 = AO = 624\text{მმ}$$

$$F_3 = 0,002 \cdot 10 \cdot 24 \cdot \frac{1,03P}{2} \cdot \frac{2}{624};$$

$$F_3 = 0,0008P$$

F_4 – ხახუნის ძალა ტროსული სისტემის სახსრულ გორგოლაჭში. განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$F_4 = f_1 \cdot P \cdot \left(1 + \cos \frac{\varepsilon}{2}\right) \cdot \frac{r}{R} \cdot n_2$$

სადაც $R = 5\text{მმ}$ - გორგოლაჭის რადიუსია;

$\varepsilon = 114^\circ 36'$ - კუთხეა პანტოგრაფის ბერკეტებს შორის;

$n_2 = 5$ – გორგოლაჭების რაოდენობა სექციაში

$$F_4 = 0,002 \cdot P \cdot 1,54 \cdot \frac{2}{5} \cdot 5;$$

$$F_4 = 0,00615P$$

F_5 – ხახუნის ძალაა გაშლის სისტემის ტროსის დამხვევ მექანიზმში. მისი სიდიდე მიღებულია პირველ ვარიანტში არსებული ძალის ანალოგიურად.

$$F_5 = 0,104P$$

F_6 – ხახუნის ძალა სისხისტის სისტემის მიმართველ სახსარში. იმის გამო, რომ სახსრის ღერძზე მოქმედებს გადამჭრელი ძალა, რომლის სიდიდე ერთობ მცირეა, F_6 -ის მნიშვნელობა შემდგომ გათვლებში შეიძლება უგულებელვყოთ.

F_7 – სიხისტის სისტემის კოჭას შემაჩერებელი ძალა, რომლის სიდიდე მიღებულია 0,025კგ.

$$F_7 = n_3 \cdot 0,025$$

სადაც $n_3 = 6$ – კოჭათა რიცხვია

$$F_7 = 0,15 \text{ კგ}$$

F_8 – კაბელური სისტემის წინააღმდეგობის ძალები, რაც ანალოგიურია პირველი ვარიანტისა.

$$F_8 = 1,2 \text{ კგ}$$

F_9 – ძალა, რომელიც საჭიროა საბოლოო ფორმის დამაფიქსირებელი ჩამკეტი კვანძისათვის. განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$F_9 = 2n_4 \cdot P_{\text{ბოჭ}} \cdot \text{tg}(\vartheta + \arctg f_2)$$

სადაც $n_4 = 48$ – ჩამკეტი კვანძების რაოდენობაა;

$f_2 = 0,4$ - ხახუნის კოეფიციენტი ფოლადისა ალუმინზე;

$P_{\text{ბოჭ}} = 0,01 \text{ კგ}$ - ხრუტუნა მექანიზმის მიმჭერი ძალა;

$\vartheta = 35^\circ$ - ხრუტუნა მექანიზმისა და ლარტყის საკონტაქტო კუთხე.

$$F_9 = 2 \cdot 48 \cdot 0,01 \text{tg}(35^\circ + 8^\circ 30'), \quad F_9 = 1,45 \text{ კგ}$$

მეორე ჯგუფის ფაქტორები.

F_{10} – ხახუნის ძალა ზედა და ქვედა მიმმართველი ურიკების სახსრულ კვანძებში. განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$F_{10} = f_1 \cdot (\Sigma T_N + T_{\text{ბად}} + T'_{\text{სობ,ს}}) \cdot m$$

სადაც $\Sigma T_N = 0,275P$ – რადიალური ფურცლის დაჭიმულობის ძალაა და აღებულია გაანგარიშებიდან სიმტკიცეზე;

$T_{\text{ბად}} = 0,7 \text{ კგ}$ – ბადის დაჭიმულობის ძალა;

$T'_{\text{სობ,ს}} = (6 \cdot T_{\text{სობ,ს}} \cdot \cos 40,36^\circ) / 24 = 0,025 \text{ კგ}$ – სიხისტის სისტემის ტროსის გაჭიმულობის დაყვანილი ძალა, $T_{\text{სობ,ს}} = 0,1 \text{ კგ}$ – სიხისტის სისტემის ტროსის გაჭიმვის ძალა.

$$F_{10} = 0,02 \cdot (0,275P + 0,7 + 0,025) \cdot 24$$

$$F_{10} = 0,0132P + 0,035 \text{ კგ}$$

F_{11} – ხახუნის ძალა პანტოგრაფის ბერკეტებისა და მიმმართველი ურიკების შემაერთებელ სახსრულ კვანძებში განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით.

$$F_{11} = (f_3 \cdot 2 \cdot (\sum T_N + T_{ბად} + T_{სიხს}) \cdot m) / L_2$$

სადაც $f_3 = 0,1$ – ხახუნის კოეფიციენტი
ფტოროპლასტისა ნახშირპლასტიკატზე;
 $L_2 = OO_1 = 572 \text{ მმ}$

$$F_{11} = 0,1 \cdot 2 \cdot \frac{0,275P + 0,7 + 0,025}{572} \cdot 24$$

$$F_{11} = 0,0023P + 0,006 \text{ კგ}$$

F_{12} – ხახუნის ძალა რომბის ბერკეტების შემაერთებელ სახსრულ კვანძებში განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$F_{12} = (f_3 \cdot 2 \cdot (\sum T_N + T_{ბად} + T_{სიხს}) \cdot m) / L_3 \quad \text{სადაც } L_3 = CC_1 \approx L_2 = 572 \text{ მმ}$$

$$F_{12} = 0,1 \cdot 2 \cdot \frac{0,275P + 0,7 + 0,025}{572} \cdot 24$$

$$F_{12} = 0,0023P + 0,006 \text{ კგ}$$

F_{13} – ძალა, რომელიც აუცილებელია რგოლის საბოლოო გეომეტრიის დამაფიქსირებელი გადამწოდის ასამუშავებლად. მისი სიდიდე მიღებულია ანალოგიურად პირველი ვარიანტისა.

$$F_{13} = 9,6 \text{ კგ}$$

ვსაზღვრავთ დანაკარგების საერთო სიდიდეს:

$$\sum_{\text{დაბ.}} F = 2 \cdot [1,1F_1 + 3F_2 + 3F_3 + 3F_4 + 3F_5 + 3F_6 + 3F_7 + 1,5F_8 + 3F_9 + 3F_{10} + 3F_{11} + 3F_{12} + 1F_{13}]$$

$$\sum_{\text{დაბ.}} F = 2 \cdot [0 + 0 + 3 \cdot 0,0008P + 3 \cdot 0,00615P + 3 \cdot 0,104 + 0 + 3 \cdot 0,15 + 1,5 \cdot 1,2 + 3 \cdot 1,45 + 3 \cdot (0,0132P + 0,035) + 3 \cdot (0,0023P + 0,006) + 3 \cdot (0,0023P + 0,006) + 9,8]$$

$$\sum_{\text{დაბ.}} F = 2 \cdot [0,0743P + 16,85] = 0,15P + 33,7 \text{ კგ}$$

სიხისტეზე გაანგარიშებიდან ვირჩევთ პანტოგრაფის ბერკეტების მოსაჭიმ ძალებს.

$2P' = 21$ კგ, შესაბამისად ბერკეტების მოსაჭიმი ძალები დანაკარგების გათვალისწინებით ტოლია:

$$2P = 2P' + \Sigma F_{\text{დახ}} = 21 + 0,15P + 33,7$$

$$2P = 60 \text{ კგ} \quad P = 30 \text{ კგ}$$

$$\Sigma F_{\text{დახ}} = 39 \text{ კგ}$$

რადიალური ფურცლის დაჭიმულობა გვექნება:

$$T_{\Sigma} = 0,275 \cdot 2P'$$

$$T_{\Sigma} = 5,7 \text{ კგ}$$

ვსაზღვრავთ მომენტს, აღძრულს მმძ-ის ლილვზე:

ტროსის დაჭიმულობის ძალა: $P = 30 \text{ კგ}$

მმძ-ის ლილვზე დამაგრებული კოჭას რადიუსი, $R = 9 \text{ მმ}$

რვა მმძ-ის შერჩევიდან და რგოლზე ტროსის განლაგების სქემიდან

$$M_{\text{მძ}} = \frac{1}{3} P \cdot R \cdot \frac{1}{8} = \frac{P \cdot R}{24} = \frac{30 \cdot 9}{24} = 11,25 \text{ კგ} \cdot \text{მმ}$$

გამომდინარე, მომენტი მმძ-ის ლილვზე ტოლია:

$$M_{\text{მძ}} = 11,25 \text{ კგ} \cdot \text{მმ} (0,116 \text{ მ})$$

3.6. დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის LDR-ის ზედაპირის რეალური გეომეტრიული ფორმის შეფასება

3.6.1. გამოცდის სტრატეგია და ტექნიკური მოთხოვნები

დიდგაბარიტიანი რეფლექტორის თეფშის LDR-1-ის გამოცდის პროგრამა:

- გაშლის განმეორებადობა;
- ზედაპირის სიზუსტე;
- პასიური ინტერმოდულაციის (PIM) გაზომვა (სტაციონარულად უძრავ მდგომარეობაში და მიკროვიბრაციებით);

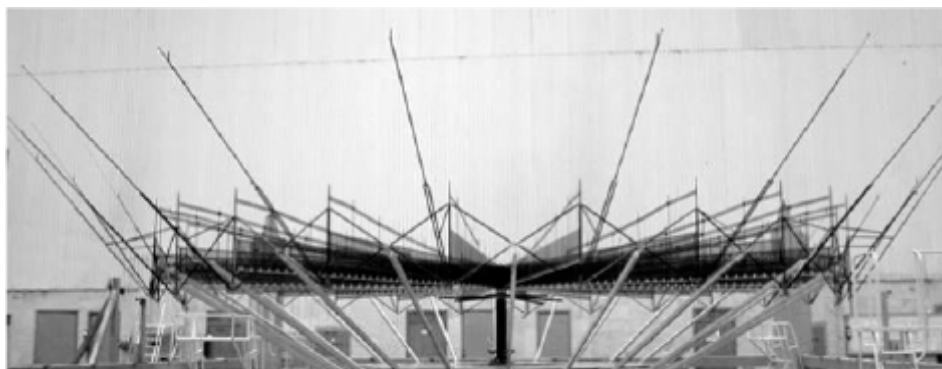
რაც შეეხება ტექნიკურ მოთხოვნებს კონსტრუქციაზე ისინი შემდეგია:

- ოპტიკური სისტემის გეომეტრია:
 - კონფიგურაცია: ოფსეტური პარაბოლური;
 - საპროექტო აპერტურა 12მ, წრიული;
 - თეფშის ზომები: 12 x 14,7 მ, 1,7 სიმაღლე;
 - ფოკალური სიგრძე: 6,3 მ;
 - ოფსეტური წანაცვლება 3,0 მ.
- რეფლექტორის თეფშის ზომები გასაყვან კონფიგურაციაში:
 - დიამეტრი ≤ 0.7 მ;
 - სიგრძე ≤ 3.5 მ.
- თეფშის წონა დამჭერი სისტემის ჩათვლით ≤ 70 კგ;
- გაშლილი თეფშის საერთო სიხისტე > 1.7 Hz;
- ზედაპირის სიზუსტე (RMS-საშუალო კვადრატული გადახრა): $\leq 2,5$ მმ;

- პასიური ინტერმოდულაციის სამუშაო მახასიათებელი ≤ -140 დბ.

3.6.2. რეფლექტორის დამაგრება ანტიგრაფიტაციულ სისტემაზე და მისი გამოცდა მრავალჯერად გაშლა-დაკეცვაზე

თევზის გამოსაცდელად გაშლა-დაკეცვაზე იგი დამაგრებულ იქნა გაუწონადობის სისტემაზე. მიზიდულობის ძალის კომპენსირებისათვის, რეფლექტორის სტრუქტურის ყველა შემადგენელი ნაწილი ერთიანდება სპეციალურად შექმნილ უძრავ საყრდენზე. ამასთანავე ნაპირა საყრდენები გრადუირებულია რათა უზრუნველყოს საჭირო კონფიგურაცია და შესაბამისი დამაბულობა კონსტრუქციის ელემენტებში (ფიგ. 3.6.1. და 3.6.2).

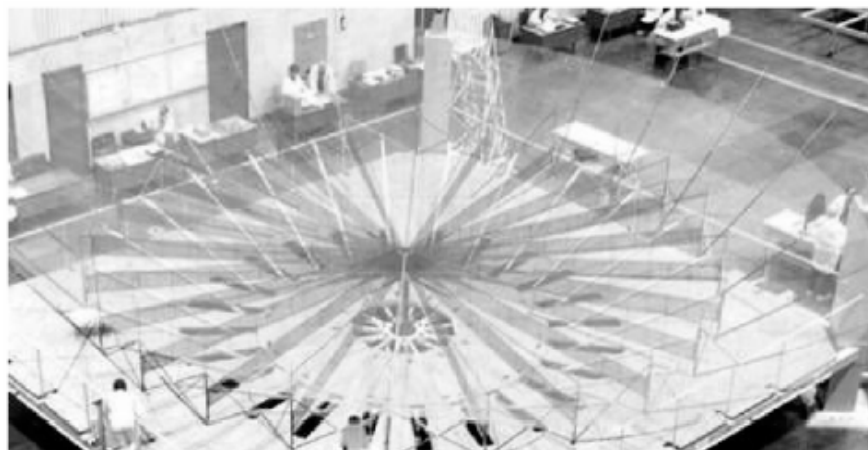


ფიგ. 3.6.1. რეფლექტორის სტრუქტურა ინტეგრირებული გაუწონადობის სპეციალურ სისტემასთან.

ბადის ელემენტები გამოჭრილია კონტურების მიხედვით, რომლებიც გაერთიანებულია და დამაგრებულია ინტერფეისის ელემენტებთან.

ამის შემდეგ ბადე ინტეგრირებულია რეფლექტორისა და გაუწონადობის სტრუქტურასთან.

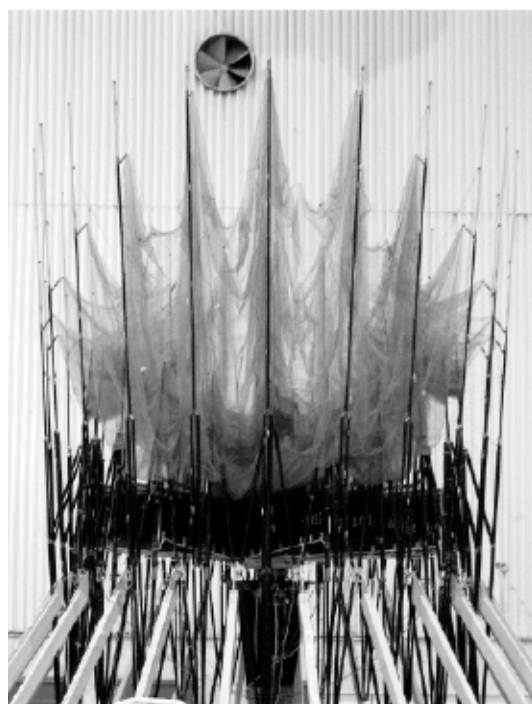
რეფლექტორის ინტეგრაციის ბოლო სტადია არის ბადის დამაგრების წერტილების რეგულირება [25].



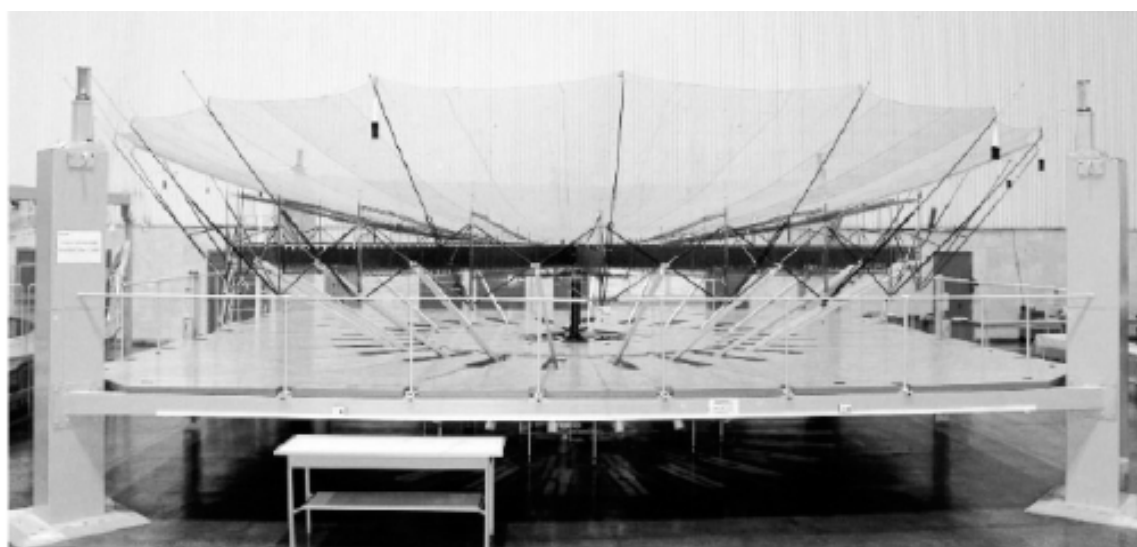
ამის შემდგომ რეფლექტორის თევზში გამოიცადა გაშლა-დაკეცვაზე, რომლის სურათებიც წარმოდგენილია ქვემოთ (ფიგ. 3.6.3, 3.6.4, 3.6.5) [82, 83, 84].



ფიგ. 3.6.3. თევზში დაკეცილ მდგომარეობაში ინტეგრირებული გაუწონადობის სისტემასთან.



ფიგ. 3.6.4. თევზში ნაწილობრივ გაშლილი ინტეგრირებული გაუწონადობის სისტემასთან.



ფიგ. 3.6.5. სრულად გაშლილი თევზში ინტეგრირებული გაუწონადობის

3.6.3. რეალური გეომეტრიული ფორმის შეფასება

გასაშლელი ანტენის ამრეკლი ზედაპირის ფორმის სიზუსტე ზოგადად ნაკლებია, ვიდრე ხისტი რეფლექტორისა და ჩვეულებრივად მისი საშუალო კვადრატული გადახრა არ აღემატება 1-3 მმ-ს. დაბალი სიზუსტის მიზეზია სარეგულირებელი წერტილებიდან ამრეკლი ზედაპირის ფორმის მიღწევის სიძნელე, და ამასთანავე ფორმის ზუსტი განმეორებადობის მიღწევა მრავალჯერადი გაშლა-დაკეცვის შემდგომ. გასაშლელი რეფლექტორების უმრავლესობაში ამრეკლი ზედაპირის ელემენტად არჩეულია ძალიან თხელი ფირი ან მეტალის ბადე, რომელიც არის ძალიან მგრძნობიარე მექანიკური მოძრაობების მიმართ, ამიტომ რეალური ზედაპირის ფორმის განსაზღვრისათვის მიზანშეწონილი იქნებოდა ნაკლებ კონტაქტური გასაზომი ხელსაწყოების გამოყენება.

ამრეკლი ზედაპირის რეალური გეომეტრიული ფორმის შესაფასებლად გაზომვები შესრულებული იქნა - ფოტოგრამეტრიის, ლაზერული სკანირებისა და თეოდოლიტის სისტემების შედარებითი ანალიზით და ტესტირებით [78, 79].

3.6.3.1. ფოტოგრამეტრიის მეთოდები

უახლესი ვიდეოგრამეტრიული სისტემა V-STARS იძლევა ობიექტის გეომეტრიული მახასიეთებლების განსაზღვრის საშუალებას 1:100000 სიზუსტით, მაგრამ ის მოითხოვს ობიექტის ხილვადი არის აუცილებელ მარკირებას. იმდენად, რამდენადაც ასეთი მიდგომა მიუღებელია დიდგაბარიტიანი რეფლექტორის შემთხვევაში, ფოტოგრამეტრიული მეთოდების შესაძლებლობების შესასწავლად გამოყენებული იყო შემდეგი ალტერნატიული ტესტირება:

- სრულიად ციფრული ტექნოლოგია:

ობიექტის გადაღება ჩატარებული იყო გრადუირებული არამეტრული ციფრული კამერით (Sony CyberShot DSC F828, Sony CyberShot DSC F717, Nikon Coolpix 8800, Canon PowerShot G5) ფოტოსურათები დამუშავებული იყო ავტომატური ინტერაქტიული ფოტოგრამეტრიული პროგრამებით. (PHOTOMOD, TALKA და სხვა).

- ტრადიციული ანალიტიკური სტერეოფოტოგრამეტრიული ტექნოლოგია
ობიექტის გადაღება განხორციელებული იყო სპეციალური მეტრიკული არაციფრული კამერით (აეროფოტოკამერა, ფოტოთეოდოლიტი Zeiss Photho 19/1318 ან Zeiss UMK 70) ფორმატით 18X18 სმ; 13X18 სმ. გამოთვლები იყო გაკეთებული მაღალი სიზუსტის ფოტოგრამეტრიული სადგურის მეშვეობით, ფოტოტრიანგულაციის შემდგომი კორექტირებითა და გათანასწორებით. (TRAP სისტემა რომელიც მოიცავს მოწყობილობას და პროგრამულ უზრუნველყოფას).

- კომბინირებული ტექნოლოგიები:
ობიექტის გადაღება განხორციელდა მეტრული კამერით, ფოტოფირებით. ამის შემდეგ ჩატარდა სკანირება მაღალი სიზუსტის ფოტოგრამეტრიული სკანერით - Digital Scanning Workstation 600 და შემდგომი კამერული დამუშავება მოხდა ციფრული საშუალებების გამოყენებით.

3.6.3.2. სკანირების სისტემები

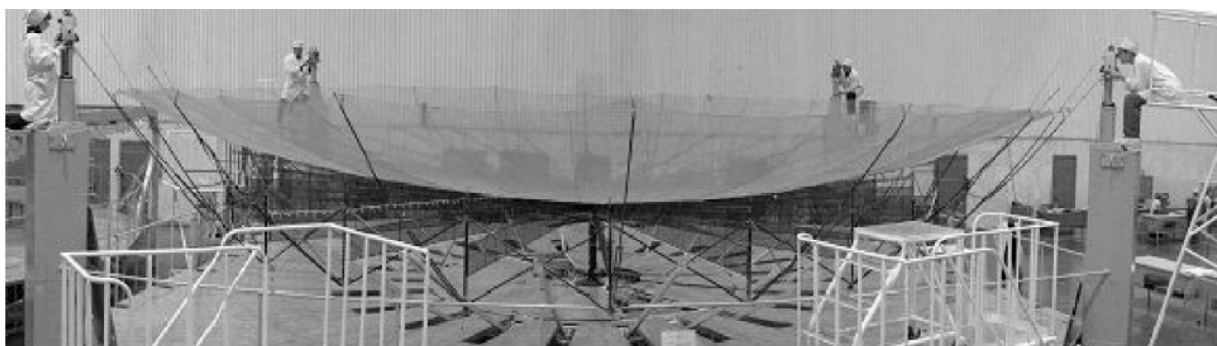
ჩატარებული ტესტები გვიჩვენებენ, რომ “Leica” ინსტრუმენტებს აქვთ შესაძლებლობა ზუსტად გათვალონ მანძილი ბადის ზედაპირამდე. ამ ინსტრუმენტების გამოყენების შესაძლებლობები დამოკიდებულია ბადის უკან განლაგებული ზედაპირით არეკვლილი სიგნალების სიმძლავრეზე. სადგურ Leica TCR 403 Power-ის სპეციალური დამიზნების შემდეგ შესაძლებელი გახდა რეფლექტორის სარეგულირებელი წერტილების ზედაპირის განსაზღვრა 0,3-1,2 მმ სიზუსტით, იქიდან გამომდინარე თუ რა კუთხეა გვერდის ხაზსა და ბადის ზედაპირს შორის. ამრეკლ ბადემდე ან სარეგულირებელ წერტილებამდე მანძილის გამოთვლის შესაძლებლობაზე და ამ გამოთვლის სიზუსტეზე მოქმედებს რამოდენიმე ფაქტორი: დისტანცია ქვედამყოფ ზედაპირამდე, მისი არეკვლის მაჩვენებელი და ლაზერული სხივის ბადის ზედაპირზე ვარდნის კუთხე. ამ ფაქტორების ოპტიმიზაციის უზრუნველყოფა რეფლექტორის მთლიანი

ზედაპირისათვის შეუძლებელია. რაც შეეხება არაამრეკლ ტაქომეტრს ის შეიძლება იყოს გამოყენებული მხოლოდ როგორც დამხმარე გაზომვის ინსტრუმენტი.

3.6.3.3. მულტითეოდოლიტის ტექნოლოგია

კოსმოსური ტექნოლოგიების და საფრენი აპარატების სფეროში ისეთი წამყვანი კომპანიების როგორებიცაა: Boeing, Airbus, Alenia Spazio, მეტროლოგიური განყოფილებები აღჭურვილია მაღალი სიზუსტის მქონე ელექტრონული თეოდოლიტის სისტემებით, დამზადებული Kern (ECDS 3), Karl Zeiss (IMS 100), Leica (XYZ MTM), New River Kinematics (SA) და სხვა კომპანიების მიერ. თეოდოლიტის სისტემა არის საიმედო ინსტრუმენტი, რომელიც გამოიყენება გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან. ამ სისტემების გამოყენების მთავარ სიძნელეს წარმოადგენს გამოსაკვლევი ობიექტის, ჩვენს შემთხვევაში, რეფლექტორის მარკირების შეუძლებლობა.

თეოდოლიტის სისტემის მეშვეობით კოორდინატების განსაზღვრის სიზუსტე პროპორციულია ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კუთხის გამოთვლის სიზუსტისა. ის დამოკიდებულია თეოდოლიტების რაოდენობაზე, გრადუირებული სკალის სიზუსტეზე და სხვა მრავალ ფაქტორზე. გარდა მოწყობილობის შესაძლებლობისა, კუთხის გამოთვლის სიზუსტე, უმეტეს შემთხვევაში დამოკიდებულია დაკვირვების ოპერატორის გამოცდილებაზე, განათებაზე და არჩეული მხედველობითი დიაპაზონის სისწორეზე. სპეციალური მხედველობითი დიაპაზონი გამოიყენება LDR –თან მუშაობის დროს, რაც აძლევს საშუალებას



ფიგ. 3.6.6. მულტითეოდოლიტის სისტემა Leica XYZ MTM, LDR გეომეტრიული პარამეტრების შესწავლის დროს.

გამოცდილ ოპერატორებს გააკეთონ გამოთვლები მაღალი სიზუსტით.

მონაცემთა სიზუსტის გარანტირებისათვის, გამოთვლის პროცედურების დროს ყოველი შემოწმებული წერტილის დაკვირვება უნდა მოხდეს არა ნაკლებ სამი თეოდოლიტის მეშვეობით, გვერდის გადაკვეთის ხაზის ცდომილებით არაუმეტეს 0.1 მმ-ისა. ოთხი თეოდოლიტი (ფიგ. 3.6.6) განლაგებულია ფიქსირებულ საყრდენებზე რეფლექტორის ირგვლივ - წერტილების პოზიციის ნებისმიერ ადგილზე განსაზღვრის სიზუსტის შესამოწმებლად. მუდმივი ტემპერატურისას, ვიბრაციისა და ჰაერის მასების მოძრაობის არარსებობის პირობებში რეფლექტორის ზედაპირის სიზუსტის განსაზღვრის ცდომილება შესამოწმებელ წერტილებში არ აღემატება 0.10-0.15 მმ.

გამოთვლის განმეორების შესაძლებლობა, კონტროლის ხელმისაწვდომი მეთოდები, მუშაობის შესაძლებლობა რეალურ დროში (ზედაპირის დარეგულირების პროცესში), LDR სტრუქტურის დეფორმაციის შესწავლა ტესტირების საშუალებით გვაძლევს საკმარის საფუძველს, რომ მივანიჭოთ უპირატესობა გამოთვლის ამ ტექნოლოგიას რეფლექტორის ზედაპირის ფორმის რეგულირებისა და დეფორმაციის განსაზღვრის დროს.

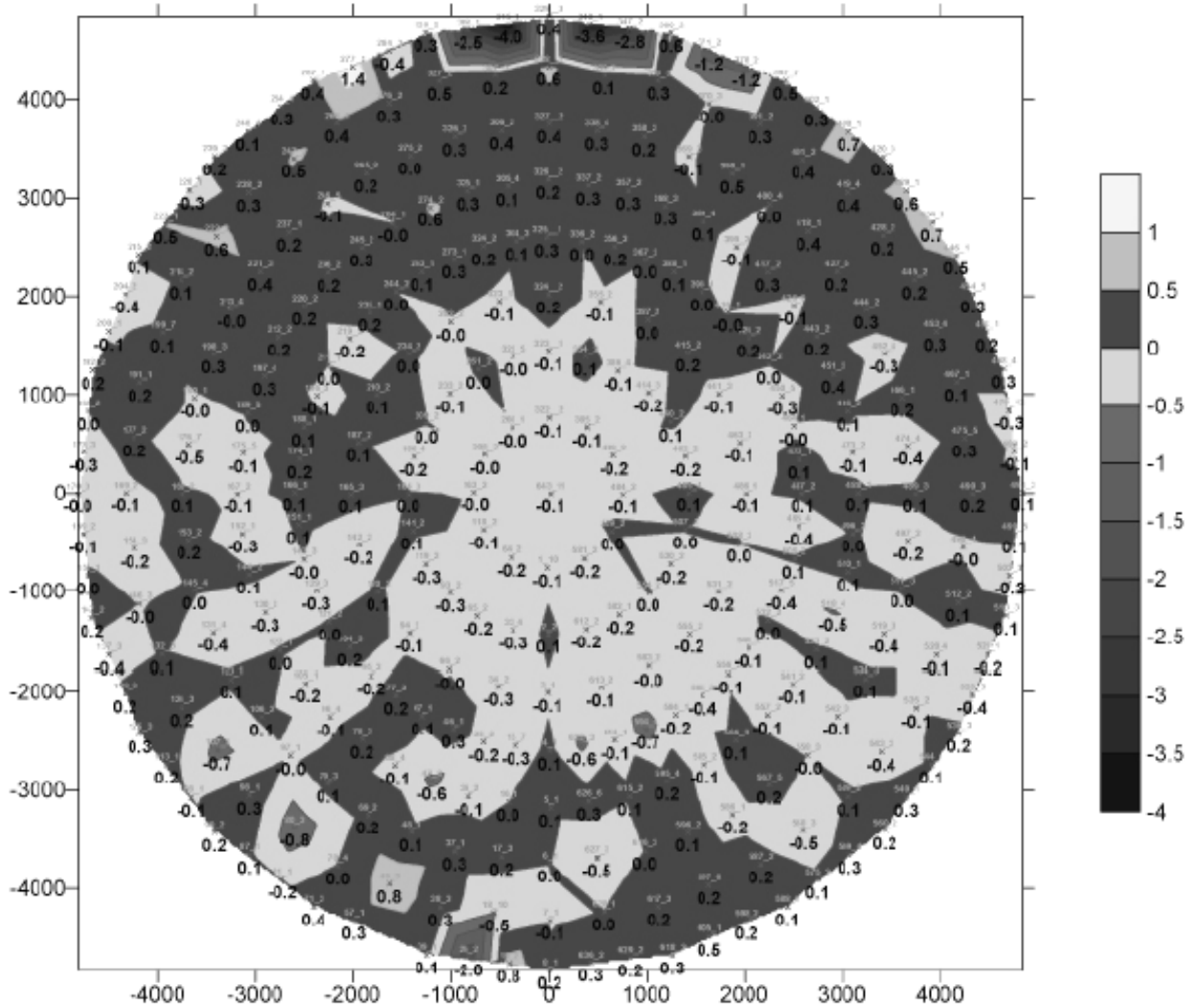
3.6.3.4. ზედაპირის რეგულირება

LDR ამრეკლი ზედაპირის რეგულირების პროცედურა შედგება შემდეგი ღონისძიებებისგან:

1. მოსამზადებელი სამუშაოები:
 - ა) საყრდენი გეოდეზიური ქსელის შექმნა
 - ბ) სარეგულირებელი წერტილების პოზიციაზე ზოგიერთი წერტილის გადანაცვლების ეფექტის შესწავლა.
 - გ) გრავიტაციის ზემოქმედების ქვეშ რეფლექტორის ფორმის მიმდინარე დეფორმაციის შესწავლა.
 - დ) სრული გაშლის და დაკეცვის შემდეგ რეფლექტორის ფორმის შენარჩუნების შესწავლა.

2. რეფლექტორის ზუსტი ზედაპირის განსაზღვრა, სტრუქტურის აწყობის დასრულების შემდეგ.
3. რეალური ზედაპირის პარამეტრების შედარება თეორიული პარაბოლოიდის პარამეტრებთან.
4. რეგულირებადი წერტილების პარამეტრების მიახლოება თეორიული პარაბოლოიდის ზედაპირის პარამეტრებთან.
5. სარეგულირებელი წერტილების გადანაცვლების შემოწმება რეალურ დროში.
6. იმ შემთხვევაში თუ შეუძლებელია ჩატარდეს რეგულირების შემოწმება რეალურ დროში, ხდება ზედაპირის გადახრის შეფასება თეორიულ მოდელთან მიმართებაში.
7. სარეგულირებელ წერტილებში რეფლექტორის ზედაპირის ელასტიური დეფორმაციის და შესაძლო ცდომილების შესწავლა.
8. ფორმის შემოწმება მექანიკური და რადიოტექნიკური (PIM) ტესტირების მეშვეობით.

პანტოგრაფის წრის ნებისმიერ წერტილში იოლად ხდება ზედაპირის რეგულირება. (ფიგ. 3.6.7).



ფიგ. 3.6.7. რეფლექტორის წრეში აღნიშნულია თეორიულ მოდელთან შედარებით ზედაპირის გადახრის ხაზები. გადახრის საშუალო კვადრატული მნიშვნელობა, რომელიც იყო გამოთვლილი შესამოწმებელი წერტილების პოზიციებში უდრის 0.44 მმ.

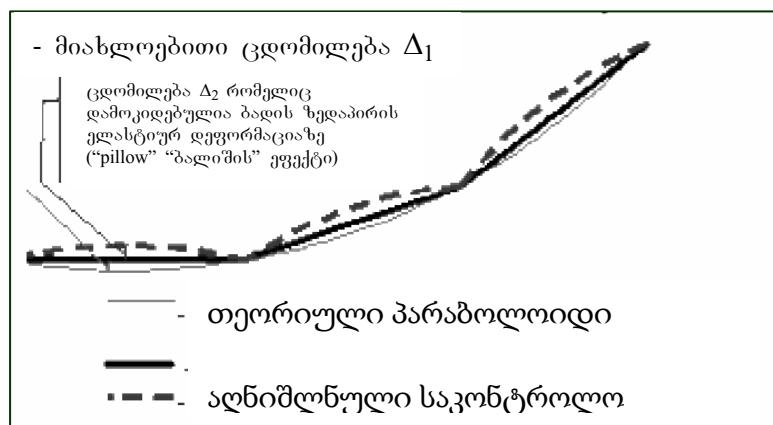
- რეგულირების პროცედურის ცდომილების ანალიზი

გასაშლელი რეფლექტორის ამრეკლი ბადის რეალური ფორმის განსხვავება თეორიულსაგან შეიძლება გამოწვეული იყოს სტრუქტურის თავისებურებებით, რომელიც შეიძლება საკმაოდ ხშირად დიდ იყოს. ცდომილებები შეგვიძლია გამოვყოთ ორი ძირითადი ნიშნით:

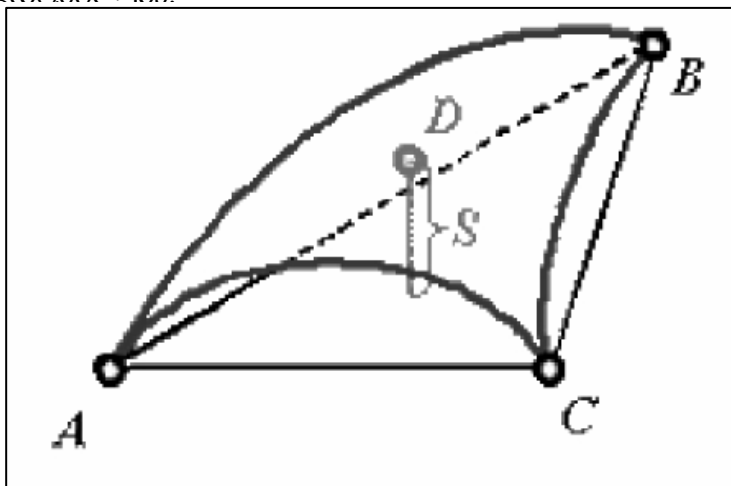
1. Δ_1 - რეფლექტორის რეალური ზედაპირის მიახლოებითი ცდომილება თეორიულ მოდელთან შედარებით (3.6.8);
2. Δ_2 – ბადის ზედაპირის გაჭიმვის დროს ელასტიური დეფორმაციით გამოწვეული ცდომილება (3.6.9).

მიახლოებითი ცდომილებების ალგორითმი განიხილება, როდესაც დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის რეალური ზედაპირის ფორმის ანალიზი გვამძლევს საშუალებას გამოვთვალოთ ზედაპირის გადახრის საშუალო კვადრატული მნიშვნელობა (ერთ წერტილში ან მთლიან ზედაპირზე).

Δ_2 -ის - ზედაპირის ცდომილების მეორე შესაძლო ვარიანტის (ეგრეთ წოდებული “ბალიშის” ეფექტის) მნიშვნელობა (ფიგ. 3.6.9) დამოკიდებულია უამრავ ფაქტორზე, კერძოდ: ბადის ზედაპირის დაჭიმვაზე, შესამოწმებელ წერტილებს შორის მანძილზე, არმირების მასალის დამაბეზაზე, ზედაპირის წირის რადიუსზე და სხვა. თუ ცნობილი იქნება ყველა ფაქტორის მოქმედება შესაძლებელი გახდება რეალური ზედაპირის ანალიზური გზით გამოთვლა. მაგრამ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ზედაპირის პარამეტრები იცვლება მასზე ჩატარებული ტესტირების ზემოქმედების მიხედვით [41].



ფიგ. 3.6.8. რეფლექტორის ბადის ზედაპირის სიზუსტის განსაზღვრის ილომილობა.

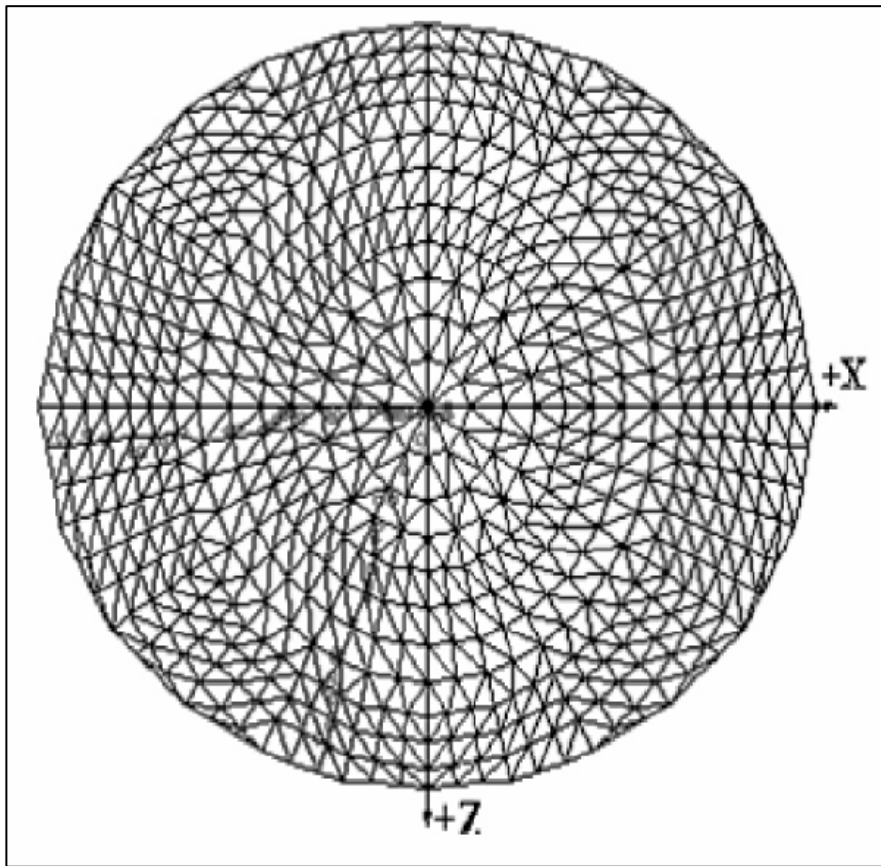


ფიგ. 3.6.9. ბადის ზედაპირის ელასტიური დეფორმაცია.

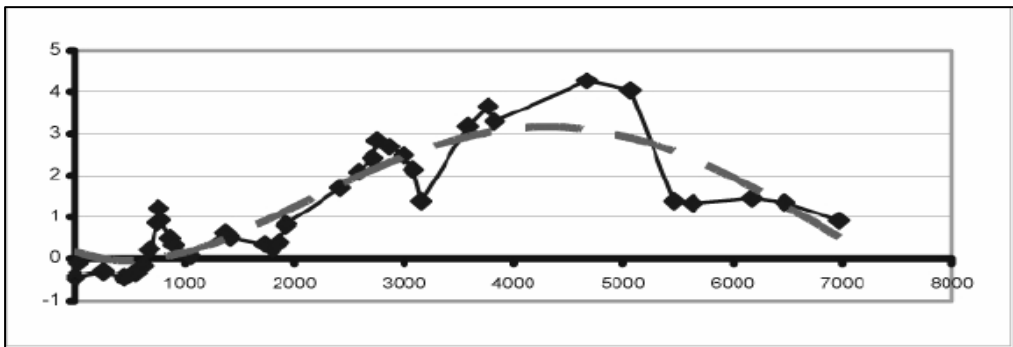
ეს პრობლემა გადაწყვეტილი იქნა მულტითეოდოლიტის სისტემის მეშვეობით. ფოკუსირებული ლაზერული სხივი მიმართული იყო რეფლექტორის ამრეკლ ზედაპირზე ერთ-ერთი თეოდოლიტის ოპტიკური სისტემის გავლით. წარმოქმნილი წერტილი გამოიყენება თეოდოლიტების დამიზნების ნიშნის სახით. მას მერე რაც, ამ გზით განსაზღვრულ იქნა რეფლექტორის ზედაპირზე საჭირო წერტილების პოზიცია, შესაძლებელი გახდა “ბალიშის” ეფექტის მნიშვნელობის გამოთვლა.

ამდაგვარი ანალიზის ჩატარება შესაძლებელი გახდა რეფლექტორის ფორმის საბოლოო დარეგულირების შემდეგ. ასევე აუცილებელი იყო ორი სხვადასხვა სახის ცდომილების გამოყოფა: Δ_2 -ის ცდომილების (რომელიც განისაზღვრება რეფლექტორის ბადის ზედაპირის ელასტიურობით) და ფორმის ცდომილების (რომელიც დამოკიდებულია საკონტროლო წერტილების პოზიციის ცვალებადობაზე). Δ_2 -ის მნიშვნელობა წარმოდგენილია S დისტანციით. რომელიც წარმოადგენს დისტანციას რეფლექტორის რეალურ ზედაპირზე განლაგებული გამოთვლის წერტილებიდან D , იმ სიბრტყემდე, სადაც განლაგებულია სამი საკონტროლო წერტილი A, B, C , (ანუ სამკუთხედის წვეროები საიდანაც ხდებოდა გამოთვლა).

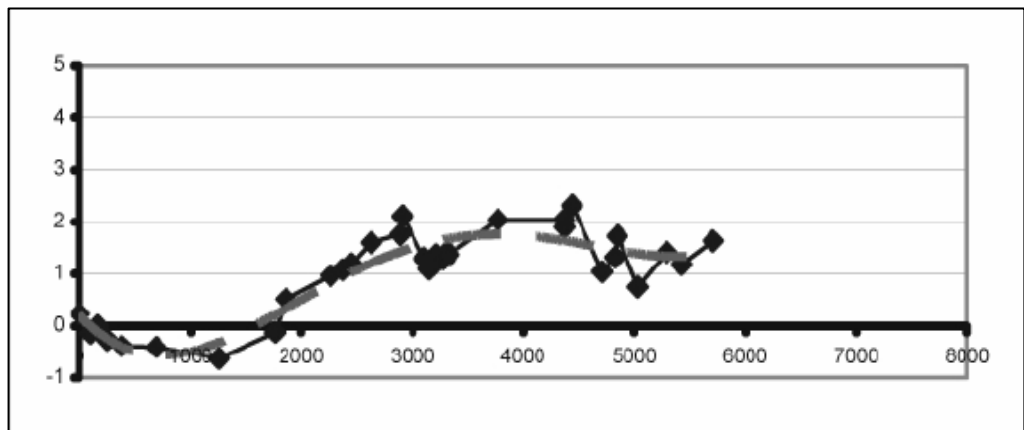
გამოთვლა ჩატარდა ორივე რადიუსის გასწვრივ (ფიგ. 3.6.9). მიღებული შედეგები მოცემულია ორი მრუდის სახით (ფიგ. 3.6.11, 3.6.12), რაც გვიჩვენებს Δ_2 -ის მნიშვნელობის ცვალებადობას, რადიუსის მნიშვნელობიდან გამომდინარე.



ფიგ. 3.6.10. შესწავლილი ფართობის განლაგება დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის ზედაპირზე



ფიგ. 3.6.11. Δ_2 -ის სიდიდე რადიუსთან შედარებით. დიდი ნახევარღერძი.



ფიგ. 3.6.12. Δ_2 -ის სიდიდე რადიუსთან შედარებით. პატარა ნახევარღერძი.

Δ_2 -ის მნიშვნელობა ცენტრალურ ზონაში დაახლოებით ნულის ტოლია და იზრდება წრეწირთან მიახლოებასთან ერთად.

ფორმის სიზუსტე ბადის ინტეგრაციის შემდეგ დადასტურდა **RMS**-ის მაღალი მაჩვენებლით, რომელიც 10 მ დიამეტრის ფარგლებში 1 მმ-ზე ნაკლები იყო. მიუხედავად ამისა მიღებული რიცხვი მაინც მოითხოვს დაზუსტებას, რადგან ჩატარებული გამოთვლები აჩვენებენ ბადის ცვალებად მგრძობიარობას რეფლექტორის პერიფერიულ ნაწილში. საბოლოო დაზუსტებები შესაძლებელია გაკეთდეს გრავიტაციის კომპენსირების პირობებში, გაშლის ტესტების ჩატარების შემდგომ.

3.6.4. პასიური ინტერმოდულაციის (PIM) შემოწმების ღონისძიებები

მოთხოვნილებების მიმდინარე კონტროლი ისეთია, რომ ყოველი პარამეტრი მოწმდება ანალიზით გარდა პასიური ინტერმოდულაციისა, რომელიც შემოწმებული იყო გაზომვებით, წინასწარ შეთანხმებული ყველაზე უარესი შემთხვევის გათვალისწინებით -140დბ, გაშლილ რეფლექტორზე სრული დატვირთვით.

რეფლექტორისთვის PIM-ზე მოთხოვნები შეთანხმებული იყო ESA/ESTEC-თან.

მაქსიმალური PIM დონის უზრუნველსაყოფად თევზის ფოკუსში დამონტაჟდა, L/S დიაპაზონში გამოყენებადი ტიპიური მეხუთე და მეშვიდე დონის ორი სიხშირის წყარო.

გამოსხივების სისტემა შექმნილი იყო იმ მიზნით რათა უზრუნველყო რეფლექტორის ზედაპირი განსაზღვრული ენერგიითა და ნაკადის სიმკვრივით (9,7 დბვტ/მ²) [80, 81].

რეფლექტორის კამერაში განთავსებამდე ჩატარდა სისტემის PIM-ის გამოცდები, რადგან დადგენილიყო, რომ მას თავად ჰქონდა დაბალი ნარჩენი ინტერმოდულაცია და მის ფონზე შესაძლებელი იქნებოდა მოთხოვნილი დონის ინტერმოდულაციის სიგნალების აღმოჩენა. ჩატარდა ორი სახის ტესტირება:

1. Tx/Rx (მიმღები/გადამცემი) კონუსური რუპორებისა და კამერის კედლების გარკვეული ნაწილის (რომლებიც შესაძლებელია მოხვედრილიყვნენ არეკვლილი სხივების ზეგავლენის ქვეშ ანტენის პატამეტრების დადგენისას) მაქსიმალური სიმძლავრით დასასხივებლად გამოყენებული იქნა PIM პარამეტრების არ მქონე ბრყელი რუპორული რეფლექტორი (იხ. ფიგ. 3.6.14).



ფიგ. 3.6.14. ალუმინის ფურცლებით დაფარული იატაკის PIM-ის გაგაზომვა.



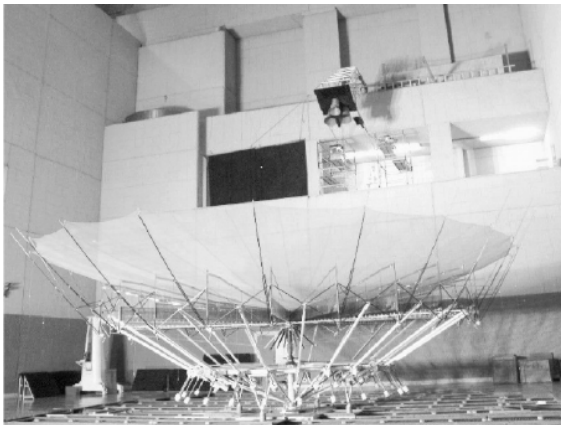
ფიგ. 3.6.15. იატაკის PIM-ის გაგაზომვა.

2. სისტემა ამოქმედებული იყო სრული სიმძლავრით (რეფლექტორის გარეშე იხ. ფიგ. 3.6.15) რათა შემოწმებულიყო, რომ არანაირი არსებითი PIM დონე არ ყოფილიყო გენერირებული, რომელიც შესაძლებელია გამოეწვია რუპორებიდან გამოსხივებულ გაბნეულ (სხივი, რომელიც არ იქნა დაჭერილი ანტენის ზედაპირის მიერ) სხივებს ნებისმიერ ახლომდებარე ინსტრუმენტზე მოხვედრისას.

ჩატარებულმა ტესტებმა ცხადი გახადა, რომ აღმოჩენილი PIM ენერჯის დონე დაბალი იყო სისტემის იატაკის დაბრკოლების მინიმალურ დონეზე (<-150 დბ) ორივე პოლარიზაციისათვის. აქვე აღსანიშნავია, რომ PIM წყაროს არსებობა, რომელიც განთავსებული იყოს კამერაში უმაღლვე იქნა აღმოჩენილი, რაც ადასტურებდა გამოცდის სტენდის მაღალ მგრძობელობას.

ქვემოთ წარმოადგენილია 12 მეტრიანი დიამეტრის რეფლექტორზე კამერაში ჩატარებული პასიური ინტერმოდულაციის (PIM) საწყისი შემოწმების შედეგები [1].

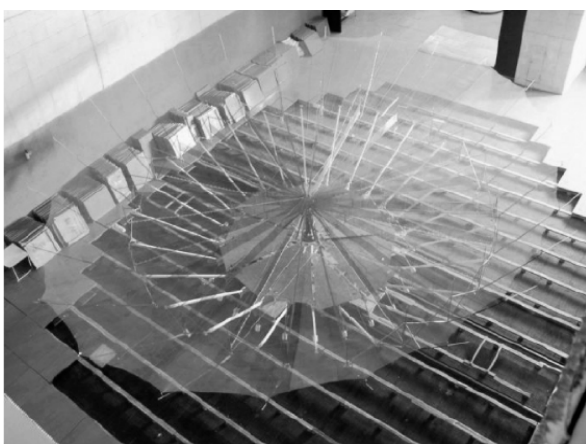
რეფლექტორი გაშლილ მდგომარეობაში დამონტაჟდა კამერაში და თეოდოლიტის გამოყენებით ორიენტირებული იქნა საილუმინაციო სისტემისაკენ ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 3.6.17, 3.6.18 და 3.6.19 სურათებზე.



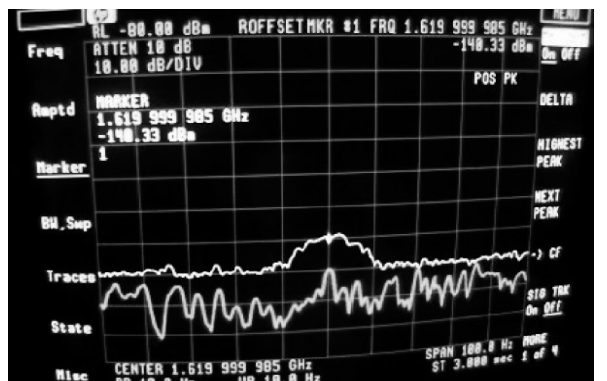
ფიგ. 3.6.17. PIM-ის გაზომვა მარცხნიდან



ფიგ. 3.6.18. PIM-ის გაზომვა მარჯვნიდან



ფიგ. 3.6.19. PIM-ის გაზომვა ზემოდან



ფიგ. 3.6.20. მე-5 დონის PIM-ის მაჩვენებელი კორიზონტალური პოლარიზაციისას

აღსანიშნავია, რომ რეფლექტორზე განახორციელა 5 ხელოვნურად მართული გაშლა სანამ იგი გახდებოდა PIM-ზე შემოწმების ობიექტი.

შემოწმების მიმდინარეობისას გამოცდილ იქნა, რომ გაზომილი PIM-ის მაჩვენებელი მგრძობიარე იყო მოსაზღვრე სურდოკამერაში ობიექტების არსებობასა და მათ განლაგებაზე (იხ. ფიგ. 3.6.13).

როდესაც გარე PIM წყარო კარგად იყო შენიღბული ან საერთოდ მოცილებული, PIM-ის მაჩვენებელი მე-5 დონეზე ორივე პოლარიზაციისთვის აღმოჩნდა -140 დბ-ზე ქვემოთ (ფიგ. 3.6.20).

გამოცდა ჩატარდა ანტენის აპერტურაზე ელექტრომაგნიტური ტალღების სრული სიმძლავრით დასხივებისას ერთი საათის განმავლობაში, რამაც PIM-ის არსებითი ცვლილება არ გამოიწვია.

გაზომილი PIM-ის მაჩვენებელი მე-7 დონისათვის იატაკის ელექტრომაგნიტურ დაბრკოლებაზე დაბალი იყო (-150 დბმ).

შემოწმებამ აჩვენა, რომ რეფლექტორის მიერ გენერირებული PIM-ის მაჩვენებელი, როდესაც იგი დასხივებულია ფოკუსში განთავსებული 16,5 დბ გამაძლიერებელი რუპორებით 166 ვატის სიმძლავრიანი ორი წყაროდან, უფრო დაბალია ვიდრე მე-5 დონის -140 დბმ. ამგვარი დონე სრულად აკმაყოფილებს მოთხოვნებს.

ვინაიდან ამრეკლი ბადისა და ფორმათწარმომქმნელი სტრუქტურის თვალსაზრისით LDR-1 და EVM-2 ვარიანტები დიდად არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, PIM-ის მაჩვენებლები მეორე ვარიანტისთვის მიღებული იქნა პირველის შესაბამისად [113].

ჩატარებული კონსტრუქციული ანალიზის შედეგების შედარებამ გვიჩვენა EVM-2 რეფლექტორის პარამეტრების უპირატესობა LDR-1-თან შედარებით.

მართალია მისი წონა 10 კგ-ით მეტია, მგრამ მისი სიხისტისა და სიზუსტის მაჩვენებლები უფრო მაღალია, რამაც გადამწყვეტი როლი ითამაშა ძირითად ვარიანტად EVM-2 რეფლექტორის არჩევაში.

თავი 4. დიდგაბარიტიანი კოსმოსური რეფლექტორის საბოლოო ვარიანტის კონსტრუირების ლოგიკა და თეორიული ანალიზი

4.1. რგოლური და წიბოვან-ქოლგისებური სისტემების სინთეზის შედეგად მიღებული დიდგაბარიტიანი კოსმოსური რეფლექტორის კონსტრუქცია

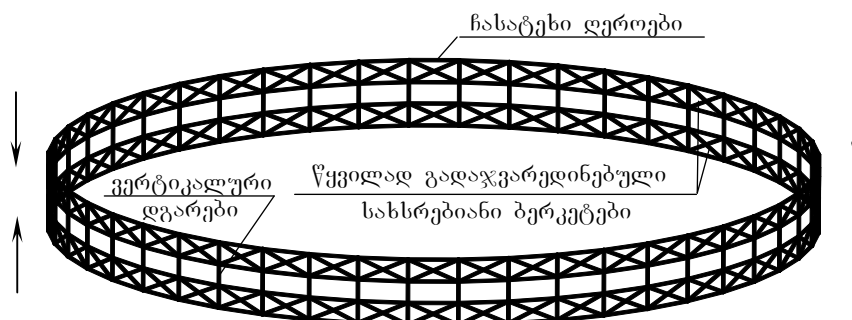
4.1.1. “EVM”-2-ის ეტაპობრივი დახვეწისა და კონსტრუქციების ლოგიკა

დიდგაბარიტიანი კოსმოსური ანტენების, განსხვავებული მიმართულებების რეფლექტორული კონსტრუქციების რეალურად განხორციელებული პროექტების მიუხედავად ოპტიმალური ვარიანტის შექმნა მაინც პრობლემატური რჩება [62].

პირველი თავის ბოლო ქვეთავში წარმოდგენილი წიბოვან-ქოლგისებური და რგოლური სისტემების კონსტრუქციული ნაკლოვანებების ანალიზის შემდგომ ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის პრინციპულად ახალი სქემა “EVM”-2-ის სახით [1, 2].

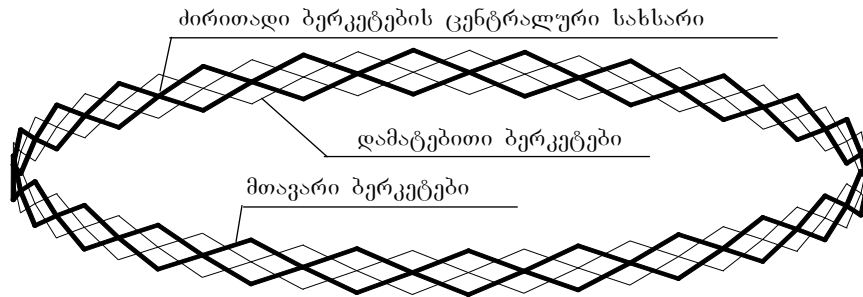
ქვემოთ (ფიგ. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4) წარმოდგენილია საბოლოო ვარიანტის ეტაპობრივი დახვეწის პროცესი, რომელიც დაფუძნებულია საქართველოს კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტში ბოლო 10-15 წლის განმავლობაში ჩატარებული ექსპერიმენტების გამოცდილებაზე.

რეფლექტორული ანტენის საწყის კონსტრუქციად წარმოდგენილია საავტორო მოწმობის 1809935 (CCCP) მიხედვით ცნობილი ამრეკლის გასახსნელი კარკასი, რომლის ძალოვანი ნაწილი შედგება დაწყვილებულად გადაჯვარედინებული და სახსრულად შეერთებული ბერკეტებისაგან, რომლებიც თავის მხრივ დაკავშირებულია ერთმანეთთან ვერტიკალური ღვარებით. კონსტრუქციის მეტი მდგრადობისათვის ყოველ სექციაში ჩაყენებულია ჩასატეხი ღვარები (ფიგ. 4.1) [3, 21].



ფიგ. 4.1. ცილინდრული ძალოვანი ნაწილი
ორი პარალელური რგოლით

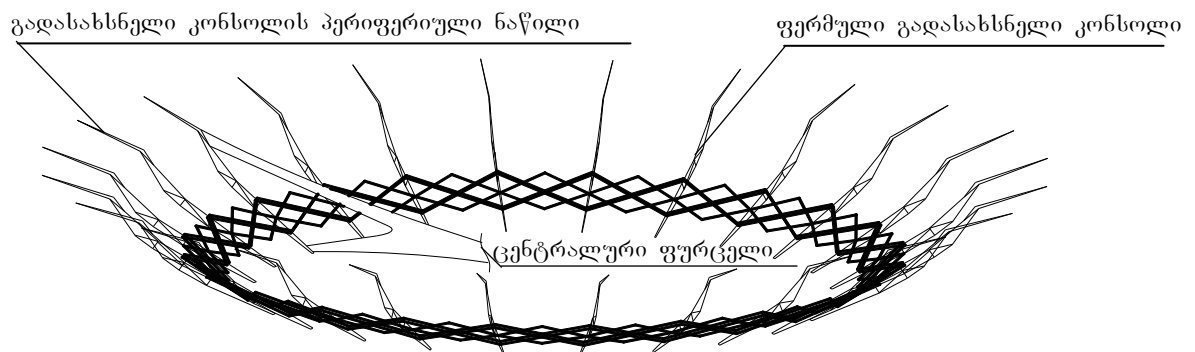
კონსტრუქციული დახვეწის შემდგომი ეტაპისათვის, ვერტიკალური ღვარების გასწვრივ ბერკეტების მაქსიმალური დაახლოების შემთხვევაში მივიღებთ ცილინდრულ ძალოვან ნაწილს მთავარი და დამატებითი ბერკეტებით, სადაც ვერტიკალური ღვარები და ჩასატყვის ღვარები პრაქტიკულად არ არის საჭირო (ფიგ. 4.2) [92].



ფიგ. 4.2. ცილინდრული ძალოვანი ნაწილი მთავარი და დამატებითი ბერკეტებით



ფიგ. 4.3. კონუსური ძალოვანი ნაწილი მთავარი და დამატებითი ბერკეტებით



ფიგ. 4.4. გადასახსნელი კონსოლებისა და ცენტრალური ფურცლების დამაგრება ძალოვან ნაწილზე

ყოველივე ამის შემდგომ შესაძლებელია მთავარი ბერკეტების ცენტრალური სახსრების ერთ-ერთ მხარეს წანაცვლება, რის შედეგადაც ბერკეტების მეორე ნახევრები შესაბამისად დაგრძელდება ან დამოკლდება. კონკრეტულ შემთხვევაში სახსრების წანაცვლება მოხდა ქვემოთ, რის შედეგადაც ზედა ნახევრები დაგრძელდა, ხოლო ქვედა ნახევრები - დამოკლდა. შედეგად მივიღეთ რგოლი, რომლის ზედა პერიმეტრი მეტია ქვედაზე და შესაბამისად მისი

გრანსფორმაცია შედარებით მაღალი სიჩქარით წარმოებს, ხოლო პანგოგრაფის ელემენტები განლაგებულია წარმოსახვითი წესიერი პირამიდის წახნაგებზე. მიღებული რგოლის ცენტრალურ სახსრებზე წარმოსახვითი ცილინდრული ზედაპირისა და გადამჭრელი სიბრტყის გატარებით შევამჩნევთ, რომ წარმოსახვითი სიბრტყის ზემოთ დარჩენილი რგოლის ნაწილი წარმოსახვითი ცილინდრის გარეთაა განთავსებული, ხოლო ქვედა – შიგნით (ფიგ. 4.3).

და ბოლოს, მეზობელ სექციებს შორის ჩასმული ფერმული კონსოლები ძალოვანი რგოლის გახსნისას გადაადგილდებიან რადიალური მიმართულებების გასწვრივ ცენტრიდან პერიფერიისაკენ და ამავდროულად ძალოვან რგოლთან ერთად იხსნებიან ქოლგისებურად (ფიგ. 4.4) [11].

გადასახსნელი ფერმული კონსოლების პერიფერიული ნაწილები სასურველი პარაბოლების აპროქსიმაციებია და რადიალურ ფურცლებთან ერთად წარმოქმნიან მთლიან პარაბოლოიდურ ზედაპირს.

სიახლე მდგომარეობს იმაში, რომ წიბოვან-ქოლგისებური და რგოლური სისტემების შერწყმით მიღწეულია პრინციპულად ახალი ტექნიკური და ტექნოლოგიური ეფექტები, რაც თავის მხრივ უზრუნველყოფს ახალი სისტემის გასაშლელი რეფლექტორის შექმნას, რომელიც დიდი გაბარიტების შემთხვევაშიც კი წარმოადგენს შედარებით ხისტ და მსუბუქ კონსტრუქციას.

4.1.2. კონსტრუქციის განზოგადოებული აღწერა

შესაძლო ვარიანტებთან ერთად

გასაშლელი კოსმოსური რეფლექტორი 1 შეიცავს ამრეკლს 2. ამრეკლი დამაგრებულია მისი გეომეტრიული ფორმის აპროქსიმირებული ზედაპირის წარმომქმნელ გაჭიმულ კარკასზე 3. გაჭიმული კარკასი პერიფერიით, ჩამაგრების კვანძებით 4 ჩამაგრებულია გამშლელ რგოლთან 5. გამშლელ რგოლს გააჩნია გაშლის ადგილობრივი სინქრონიზაციის მექანიზმი 6, გაშლის ადგილობრივი ფიქსაციის მექანიზმი 7 და გაშლის ენერგომექანიკური სისტემა 8. გაჭიმულ კარკასს პერიფერიის გარეთ გადაბმის კვანძებით 9 მიერთებული აქვს გასაშლელი გუმბათის კარკასი 10. გუმბათის კარკასი გაჭიმულ კარკასთან მთლიანობაში ქმნის ამრეკლის დამაგრების აპროქსიმირებულ ზედაპირს, როგორც სიმეტრიული, ასევე არასიმეტრიული, ოფსეტური რეფლექტორებისათვის, რომელთაც გეგმაში გააჩნიათ წრიული, ოვალური და/ან მრავალკუთხა მოხაზულობა. გასაშლელი გუმბათის კარკასი უძრავი კავშირებით 11, მოძრავი კავშირებით 12 და/ან გაჭიმული კარკასის საშუალებით უკავშირდება გამშლელ რგოლს. გამშლელი რგოლის მოპირდაპირე, განაპირა კონტურების მოხაზულობის გაბარიტები გაშლის პროცესში სიდიდით ერთმანეთის ტოლია ან განსხვავდებიან მუდმივი ან ცვლადი სიდიდით.

გაჭიმული კარკასი ჩამაგრების კვანძებით და მოძრავი კვანძებით 13 ჩამაგრებულია ან მხოლოდ მოძრავი კვანძებით 13 მიმაგრებულია გამშლელ რგოლთან. გაჭიმული კარკასი აღჭურვილია გაშლის ერთიანი სინქრონიზაციის სისტემით 14 და გაშლის ერთიანი სტაბილიზაციის სისტემით 15 ან გაშლის ერთიანი ორიენტაციის სისტემით 16 (ფიგ. 4.5).

გასაშლელი კოსმოსური რეფლექტორი "E.V.M."-2 შეიცავს მთლიანი ფორმით ან ცალკეული ფორმის მქონე ნაწილებისაგან შედგენილ ჭიმვად ან ელასტიურ ბადეს ან მემბრანას.

გაჭიმული კარკასი შედგება ბრტყელი წიბოებისაგან 17 (ფიგ. 4.6). ბრტყელი წიბოები მთლიანად არიან დამზადებული დახვევის და/ან დაკეცვის უნარის მქონე ფურცლებისაგან ან მემბრანებისაგან. ბრტყელი წიბოების პერიფერიალურ ბოლოებში დამაგრებულია პერიფერიალური განმბრჯენები 18. პერიფერიული განმბრჯენები დამზადებულია ხისტი ღეროებისაგან. მათ აქვთ ერთმანეთის გოლი და/ან განსხვავებული სიგრძეები. ისინი გაჭიმულ კარკასში ერთმანეთის მიმართ პარალელურად ან დახრილად არიან განლაგებულნი (ფიგ. 4.7, 4.8).

ბრტყელი წიბოები, როგორც გაჭიმული კარკასის შემადგენელი, ცალკეულად წარმოქმნიან ამრეკლის დამაგრების კონტურს 19 და მის მოპირდაპირე კონტურს 20. ამრეკლის დამაგრების კონტურს და მის მოპირდაპირე კონტურს ცალკეულ ბრტყელ წიბოში 17 აქვთ ერთიანი ან განსხვავებული მოხაზულობები, ერთმანეთის გოლი ან განსხვავებული სიგრძეები. ამრეკლის დამაგრების კონტური და მისი მოპირდაპირე კონტური ერთმანეთს ეხებიან (ფიგ. 4.9) ან არ ეხებიან.

გაჭიმული კარკასის ბრტყელი წიბოები 17 სივრცეში ურთიერთ განლაგებით წარმოქმნიან ამრეკლის დამაგრების კონტურების რადიალურ (ფიგ. 4.10), რადიალურ-რგოლურ (ფიგ. 4.11), პარალელურ (ფიგ. 4.12), სამკუთხა (ფიგ. 4.13), ოთკუთხა (ფიგ. 4.14) და/ან ექვსკუთხა (ფიგ. 4.15) სქემებს.

ბრტყელ წიბოებზე 17 (ფიგ. 4.15 და ფიგ. 4.16) ან მათი გადაკვეთის ხაზზე (ფიგ. 4.18) მაგრდება სიხისგის შუალედური განმბრჯენები 21.

სივრცეში ურთიერთის მიმართ ბრტყელი წიბოების რადიალური (ფიგ. 4.19) ან რადიალურ-რგოლური (ფიგ. 4.20) სქემით განლაგებისას, ბრტყელი წიბოები გაერთიანებული არიან ცენტრალურ კვანძში 22.

ფურცლებისაგან ან მემბრანებისაგან დამზადებულ წიბოებს აქვთ ამონაჭრები 23 (ფიგ. 4.21 და ფიგ. 4.22) ან პერფორაციები 24 (ფიგ. 4.23 და ფიგ. 4.24).

ბრტყელი წიბოებისაგან შემდგარი, სივრცეში ერთმანეთის მიმართ რადიალური სქემით განლაგებული გაჭიმული კარკასის გაშლის ერთიანი სინქრონიზაციის სისტემა ეწყობა ცენტრალურ კვანძზე ამრეკლი კონტურის მოპირდაპირე მხარეზე ღერძების ირგვლივ

მბრუნავი გრძელი ლილვების 25 ჩამაგრებით, რომლებიც ცენტრალურ კვანძზე ბრტყელი წიბოების დახვევის მიმართულების მართობულად არიან განლაგებულნი (ფიგ. 4.25).

გაშლის ერთიანი სტაბილიზაციის სისტემის შესაქმნელად მბრუნავ ლილვებზე მონაცვლეობით მაგრდება კბილანებიანი 26 და ჩაღრმავებული უჯრებიანი 27 ლოლები, რომელთა შორის ცენტრალურ კვანძებზე დახვეული ბრტყელი წიბოების გამოგარების დროს კანონზომიერად ხდება წიბოებზე დატანილი პერფორირებული უჯრების 28 გამოგარება.

გაჭიმული კარკასი არამარტო ბრტყელი წიბოებით შეიძლება იყოს შესრულებული, არამედ სხვა კონსტრუქციისაგანაც. ასეთ შემთხვევაში გაჭიმული კარკასი შედგება ამრეკლის ფორმის აპროქსიმირებული ზედაპირის წარმომქმნელი ამრეკლის კარკასისაგან 29 და საყრდენი კარკასისაგან 30, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულნი არიან ღეროვანი კავშირებით 31 და რომელთა ბოლოებში დამაგრებულია ხისტი ღეროებისაგან დამზადებული სიგრძეებით ერთმანეთის გოლი ან განსხვავებული პერიფერიული განმბრჯენები 18, რომლებიც გაჭიმულ კარკასში ერთმანეთის მიმართ პარალელურად ან დახრილად არიან განლაგებულნი (ფიგ. 4.26 და ფიგ. 4.27).

ამრეკლის კარკასს და საყრდენ კარკასს, რომლებიც ერთმანეთს უშუალოდ არ ეხებიან (ფიგ. 4.28) ან ერთმანეთს ეხებიან (ფიგ. 4.29), აქვთ ერთნაირი ან განსხვავებული მოხაზულობები, ერთმანეთის გოლი ან განსხვავებული გაბარიტები გეგმაში.

ღეროვანი კავშირები შედგება ღვარებსა 32 და/ან ირიბნებისაგან 33 ისე, რომ ირიბნების ბოლოები უკავშირდება ღვარების და/ან ირიბნების ბოლოებს, ხოლო განაპირა ღვარი და/ან განაპირა ირიბანა ერთი ბოლოთი უკავშირდება პერიფერიულ განმბრჯენს.

ამრეკლის კარკასი, მასთან ღეროვანი კავშირებით დაკავშირებული საყრდენი კარკასი ღეროვან კავშირებთან ერთად განლაგებულნი არიან სიბრტყეში და/ან სივრცულად და გეგმაში წარმოქმნიან რადიალურ (ფიგ. 4.30), რადიალურ-რგოლურ (ფიგ. 4.31 და ფიგ. 4.32), რადიალურ ბადისებრ (ფიგ. 4.33 და ფიგ. 4.34), პარალელურ (ფიგ. 4.35), ოთკუთხა (ფიგ. 4.36 და ფიგ. 4.37), სამკუთხა (ფიგ. 4.38) ან ექვსკუთხა (ფიგ. 4.39) სქემებს და/ან ჩამოთვლილი სქემების შეთავსებულ სქემებს (ფიგ. 4.40).

ამრეკლის კარკასი და საყრდენი კარკასი დამზადებულია ფურცლებისაგან, მემბრანებისაგან, მოქნილი ღეროებისაგან და/ან ხისტი ღეროებისაგან, ხოლო ღეროვანი კავშირები – მოქნილი და/ან ხისტი ღეროებისაგან და/ან ფურცლებისაგან და/ან მემბრანებისაგან (ფიგ. 34.41); (ფიგ. 4.42); (ფიგ. 4.43); (ფიგ. 4.44); (ფიგ. 4.45); (ფიგ. 4.46); (ფიგ. 4.47) და (ფიგ. 4.48).

ამრეკლის კარკასის და საყრდენი კარკასის ხისტი ღეროები ღვარების, ირიბნების და/ან პერიფერიული განმბრჯენის ბოლოებთან ჩამაგრებულია სახსრული კვანძებით 34 და, ამასთან ერთად, სახსრულ კვანძებს შორის გააჩნიათ "ჩასაგები" შუალედური სახსრული კვანძები 35.

ამრეკლის კარკასის, საყრდენი კარკასის და მათი ღეროვანი კავშირების რადიალური, რადიალურ-რგოლური, რადიალურ-ბადისებრი და შეთავსებული განლაგებების სქემის დროს აღნიშნული კარკასები იკრიბებიან ცენტრალურ გამაერთიანებელ კვანძში 22 (ფიგ. 4.49); (ფიგ. 4.50); (ფიგ. 4.51); (ფიგ. 4.52) და (ფიგ. 4.53).

გაჭიმულ კარკასში ბრტყელ წიბოებს ან ამრეკლის კარკასს, საყრდენ კარკასს და/ან მათ ღეროვან კავშირებს შორის მოწყობილია დამატებითი კარკასი 36 (ფიგ. 4.54).

დამატებითი კარკასი შედგება ამრეკლის დამატებითი კარკასისა 37 და 38 ან სიხისგის დამატებითი კარკასისაგან 39.

დამატებითი კარკასის განლაგება გაჭიმულ კარკასში არის განხორციელებული ისე, რომ იგი ქმნის რგოლურ, რადიალურ, რადიალურ-რგოლურ, რადიალურ-ბადისებრ და/ან რგოლურ-ბადისებრ სქემებს (ფიგ. 4.55 და ფიგ. 4.56).

გაჭიმული კარკასის რადიალურად განლაგებული ბრტყელი წიბოების ან ამრეკლი კარკასის შემაერთებელი დამატებითი კარკასის ელემენტები გეგმაში განლაგებიან კონცენტრული წრეებით ან ოვალებით შემოხაზული მრავალკუთხედის სქემით ან ექსცენტრულად განლაგებული წრეებით ან ოვალებით შემოხაზული მრავალკუთხედის სქემით (ფიგ. 4.57), რის დროსაც ექსცენტრულად განლაგებული ცალკეული მრავალკუთხედის წვეროები თანაბრად არიან დაცილებული ამრეკლის განაპირა კონტურზე გამავალი სიბრტყიდან.

დამატებითი კარკასი შესრულებულია მოქნილი ღეროებით, ხისგი ღეროებით, ფურცლებით და/ან მემბრანებით და/ან მათი კომბინაციებით (ფიგ. 4.58).

გაჭიმული კარკასის ბრტყელ წიბოებს, ამრეკლის კარკასს, საყრდენ კარკასს და დამატებით კარკასს გააჩნიათ გემპერაგურული ლეფორმაციებისათვის ლემფერები 40 (ფიგ. 4.59).

გამშლელი რგოლი შედგენილია წესიერი პრიზმის ან წაკვეთილი პირამიდის გვერდითი წიბოების სიბრტყეზე 41 განლაგებული, ერთმანეთთან ცილინდრული კვანძებით 42 დაკავშირებული, ურთიერთის მიმართ "მაკრაგლის" სქემათა სისტემით განლაგებული ხისგი ღეროებით 43, რომელთა ბოლოები ჩამაგრების კვანძებით 44 და/ან მოძრავი კვანძებით 45 ჩამაგრებულია და/ან მიმაგრებულია გაჭიმული კარკასის განაპირა ღეროვან განმბრჯენთან, რომლებიც გეომეტრიულად აღნიშნული პრიზმის ან წაკვეთილი პირამიდის გვერდით წახნაგებზე მდებარეობენ (ფიგ. 4.60 და ფიგ. 4.61).

წესიერი პრიზმის ან წაკვეთილი პირამიდის გვერდითი წახნაგის სიბრტყეზე განლაგებული გამშლელი რგოლის ღეროების ბოლოები მემბრულ გვერდითი წიბოების სიბრტყეებზე განლაგებულ გამშლელი რგოლის ღეროების ბოლოებს უკავშირდებიან

ცილინდრული კვანძებით 46 (ფიგ. 4.62) ან ცილინდრული კვანძებით შედგენილი კარდანული კვანძებით (ფიგ. 4.63).

კარდანული კვანძები შესრულებულია ასევე სამი ცილინდრული კვანძისაგან, რომელთაგან ორი განაპირა მოსრიალე ცილინდრული სახსარია, მესამე კი შუალედური დრეკალ-ცილინდრული სახსარი 47 (ფიგ. 4.64).

ცალკეული წახნაგების სიბრტყეზე განლაგებული ცილინდრული კვანძებით ერთმანეთთან დაკავშირებული ღეროები ქმნიან ერთმაგი "მაკრაგლის" სქემას (ფიგ. 56 და ფიგ. 57) ან ორმაგი "მაკრაგლის" სქემას (ფიგ. 4.65 და ფიგ. 4.66).

გარდა აღნიშნული სქემებისა ერთმაგი "მაკრაგლის" სქემის შემადგენელ ცალკეულ ღეროებს დამატებითი ცილინდრული კვანძებით 48 ემაგრება გვერდითი წახნაგის სიბრტყეში განლაგებული დამატებითი ღეროები 49, რომლებიც ერთმანეთთან ბოლოებით, დამატებითი ცილინდრული სახსრებით 50 არიან დაკავშირებულნი და ქმნიან ოთკუთხა სქემებს ისე, რომ ოთკუთხა სქემების ორი წვერო ცალ-ცალკე მემობელ წიბოებზე განლაგებულ ოთკუთხა სქემების წვეროებთან ცილინდრული ან კარდანული კვანძებით არიან დაკავშირებულნი (ფიგ. 4.67 და ფიგ. 4.68), ხოლო დანარჩენი ორი წვერო "მაკრაგლის" ცილინდრულ კვანძს უკავშირდებიან ერთიანი ღეროთი 51, რომელზეც მოთავსებულია წვეროების "მაკრაგლის" ცილინდრული კვანძის მიმართ უკუსვლის შემზღუდავი ფიქსატორები 52 და, ამასთან ერთად, ერთიანი ღერო შესრულებულია მთლიანი ან გელესკოპური 53 სახით (ფიგ. 4.69 და ფიგ. 4.70).

"მაკრაგლის" სქემათა სისტემით განლაგებული ხისტი ღეროები და დამატებითი ოთხკუთხა სქემით განლაგებული დამატებითი ღეროები ბოლოებით პერიფერიულ განმბრჯენზე ჩამაგრებულია ჩამაგრების კვანძებით და/ან მიემაგრება მოძრავი კვანძებით ისე, რომ პერიფერიული განმბრჯენები შეიცავენ დემჟფერებს 54 და გადაადგილების გარკვეული სიდიდის შემდეგ მის შემზღუდავ მისაბრჯენებს 55 (ფიგ. 4.71).

გამშლელი რგოლის ენერგომექანიკური სისტემა შესრულებულია ძალოვანი ბაგირისაგან 56, რომელიც კომპენსატორით 57 ჩამაგრებულია "მაკრაგლის" შემადგენელი ღეროს ბოლოში და მისი რომელიმე ღეროს გაყოლებით, გორგოლაჭებით 58 შემოტარებულია პანტოგრაფზე (ფიგ. 4.72).

წესიერი პრიზმის გვერდითი წახნაგების სიბრტყეზე განლაგებული გამშლელი რგოლის "მაკრაგლის" სქემათა სისტემით ერთმანეთთან დაკავშირებული ღეროების ბოლოების დაშორება "მაკრაგლის" ცილინდრული კვანძიდან ერთმანეთის გოლია (ფიგ. 4.73) ან წაკვეთილი პირამიდის გვერდითი წახნაგების სიბრტყეზე განლაგებული გამშლელი რგოლის "მაკრაგლის" სქემათა სისტემით ერთმანეთთან დაკავშირებული ღეროების ბოლოების დაშორება "მაკრაგლის" ცილინდრული კვანძიდან სხვადასხვა სიდიდისაა (ფიგ. 4.74).

გასაშლელი გუმბათის კარკასის შესრულება ხორციელდება სხვადასხვა კონსტრუქციული სქემებით.

გაჭიმული კარკასის პერიფერიული განმბრჯენის ამრეკლის მხარეზე მდებარე ბოლოზე გადაბმის კვანძებით ხისგად მიერთებულია გასაშლელი გუმბათის კარკასის კონსოლური ელემენტი 60, რომელსაც გააჩნია ამრეკლის დამაგრებისათვის მისი ფორმის აპროქსიმირებული ზედაპირის კონტური (ფიგ. 4.75).

საჭიროების შემთხვევაში კონსოლური ელემენტი დამზადებულია ღრეკალი მასალისაგან, რომელიც იძლევა მისი დახვევის (ფიგ. 4.76), გადაბმის კვანძში პერიფერიული განმბრჯენის მიმართ ღუნვის (ფიგ. 4.77) და/ან კონსოლური ელემენტის ბოლოს მოღუნვის (ფიგ. 4.78) საშუალებას.

სხვა შემთხვევაში კონსოლური ელემენტი გაჭიმული კარკასის პერიფერიულ განმბრჯენებთან მიერთებულია გადაბმის კვანძით სახსრულად, რომლის მიმართ მისი მობრუნება ხდება გამშლელ რგოლთან მოწყობილი უძრავი და/ან მოძრავი კავშირებით, რომლებიც შესრულებულია სახსრულ ბერკეტოვანი ღეროვანი სისტემით 61 და რომელიც ასევე მიერთებულია პერიფერიულ განმბრჯენზე (ფიგ. 4.79). ასეთი სქემით შედგენილი რეფლექტორის დაკეცილი კონსტრუქციის პაკეტი გამოსახულია ფიგ. 4.80-ზე.

გუმბათის კარკასის ამრეკლის ფორმის აპროქსიმირებული კონტურის წარმომქმნელი ელემენტები წარმოადგენენ სათანადო პროფილის მქონე მოქნილ ელემენტებს, რომელთა გაჭიმვა, ფორმის მიღწევა და ფორმის ფიქსაცია პერიფერიული განმბრჯენის ამრეკლის მხარის მოპირდაპირე ბოლოში სახსრულად ჩამაგრებული 62 ხისტი გამშლელის 63 მიერ ხორციელდება, რომლის გადახსნას დაკეცილი მდგომარეობიდან უმრუნველყოფს გამშლელი რგოლი მასთან დაკავშირებული უძრავი და/ან მოძრავი კავშირებით, რომლებიც სახსრულ-ბერკეტოვან სისტემას წარმოადგენენ (ფიგ. 4.81). ასეთი კონსტრუქციის დაკეცილი პაკეტის სქემა წარმოდგენილია ფიგ. 4.82-ზე.

საჭიროების შემთხვევაში რადიალურად განლაგებულ გუმბათის კარკასის კონსოლებს მეტი სიხისტისათვის გააჩნიათ სამკუთხა სქემით განლაგებული მოქნილი მჭიმები 64 (ფიგ. 4.83).

გუმბათის კარკასის ამრეკლის ფორმის აპროქსიმირებული კონტურის წარმომქმნელი მოქნილი ელემენტის გაჭიმვა და ფორმის მინიჭება განისაზღვრება პერიფერიული განმბრჯენის ამრეკლის მხარის მოპირდაპირე ბოლოში სახსრულად ჩამაგრებული ღრეკალი ღეროთი 65, რომლის დაკეცილი მდგომარეობიდან გადახსნას უზრუნველყოფს გამშლელი რგოლი მასთან დაკავშირებული უძრავი ან მოძრავი კავშირებით შედგენილი სახსრულ-ბერკეტოვანი სისტემით და რომელიც ფორმის პერიფერიულ ბოლოში ჩამაგრებით და მასთან გუმბათის

კარკასის მოქნილი ირიბნების 66 საშუალებით, დრეკალობის ძალით წარმოქმნის კონსოლურ კომბინირებულ წინასწარღობაბულ ფერმას 67 (ფიგ. 4.84).

სხვა შემთხვევაში გუმბათის კარკასის ამრეკლის ფორმის აპროქსიმირებული კონგურის წარმომქმნელი ხისტი ელემენტი პერიფერიული განმბრჯენის ბოლოსთან გადაბმის კვანძით მიერთებულია სახსრულად და მისი ორიენტირება ფიქსირდება მასთან სახსრულად მიერთებული და პერიფერიული განმბრჯენის მეორე ბოლოსთან ასევე სახსრით ჩამაგრებული ხისტი ღეროთი 68, რომელიც გამშლელ რგოლთან დაკავშირებული სახსრულ ბერკეტოვანი სისტემით, ხისტი ელემენტზე მოწყობილი დამატებითი ჩამკეციანი სახსრით 69 უზრუნველყოფს მის გაშლას და საპროექციო ფორმის ფიქსაციას (ფიგ. 4.85). აღნიშნული კონსტრუქციის დაკეცილი პაკეტის სქემა წარმოდგენილია ფიგ. 4.86-ზე.

გაჭიმული კარკასის პერიფერიული განმბრჯენი და მისი ამრეკლის მხარის ბოლოზე გადაბმის კვანძით მასთან ხისტი მიერთებული გასაშლელი გუმბათის კარკასის (ფიგ. 4.87) კონსოლური ელემენტი ერთიანობაში შესრულებულია სივრცითი ღეროვან-ფერმული სტრუქტურით 70, რომლის სარკველები 71, ღვარები 72 და ირიბნები 73 დამზადებულია ხისტი ღეროებისაგან და დაჭიმული მოქნილი ღეროებისაგან (ფიგ. 4.88 ა, ბ).

გაჭიმული კარკასის პერიფერიული განმბრჯენები, ჩამაგრების კვანძებით და მოძრავი კვანძებით და/ან მოძრავი კვანძებით ჩამაგრებულია და/ან მიმაგრებულია გასაშლელ რგოლთან სივრცითი ღეროვან-ფერმული სტრუქტურის სარკველების საშუალებით.

კონკრეტულ შემთხვევაში გამშლელი რგოლის დაკეცილი პაკეტის სასურველი ფორმის მისაღებად პრიზმის და წაკვეთილი პირამიდის გვერდითი წახნაგების სიბრტყეზე განლაგებული გამშლელი რგოლის ღეროების ბოლოები, მემობელ გვერდითი წიბოების სიბრტყეზე განლაგებული გამშლელი რგოლის ღეროებს უკავშირდებიან ცილინდრულ სახსრებზე არსებული კონსტრუქციული ჩანამატებით 74 (ფიგ. 4.89).

გაჭიმული კარკასის წიბოები გაერთიანებული არიან ცენტრალურ კვანძში, რომელიც ბაზისურ კვანძში 75 ჩაემაგრება უძრავად ან მბრუნავი მექანიზმით 76, რომლებსაც გააჩნიათ ბრუნვის შემზღუდავი ფიქსაციორები 77 (ფიგ. 4.88 ა, ბ).

ბაზისურ კვანძში ჩამკეცი სახსრით 78 ჩამაგრებულია გაშლის ერთიანი ორიენტირების სისტემა 16 (იხ. ფიგ. 4.5) გადასახსნელი ხისტი მიმართველის 79 სახით, რომელიც მოსრიალე კვანძებით 80 უკავშირდება პერიფერიული განმბრჯენების და/ან სიხისტის განმბრჯენების და/ან ღვარების ქვედა ბოლოებს (ფიგ. 4.90 ა, ბ, გ). მოცემული გადაწყვეტა უზრუნველყოფს გაშლის დროს ერთიანი ორიენტირების სისტემის ხისტი მიმართველის გადახსნას გამშლელი რგოლის გაშლის საშუალებით.

რეფლექტორის საერთო სიხისტე გრეხვაზე გაძლიერებულია ბაზისურ კვანძსა და რგოლს შორის დაჭიმული ბაგირებით (ფიგ. 4.87).

რეფლექტორის კონსტრუქციის სიმარტივის შენარჩუნებით მისი დაკეცილი პაკეტის გაბარიტებში ჩატვივების დაკეცილ მდგომარეობაში გამშლელ რგოლს აქვს წაკვეთილი პირამიდის გვერდითი წახნაგების ფორმა ისე, რომ მის მიხედვით აგებული პირამიდის წვერო ამრეკლის მხარეზე მდებარეობს (ფიგ. 4.91 ა, ბ).

გასაშლელი გუმბათის კონსოლურ ელემენტს, შესრულებულს სივრცითი ღეროვან-ფერმული სტრუქტურით, ძვიდით ამრეკლის კონტურის შესაქმნელად და ამრეკლის დასამაგრებლად მოწყობილი აქვს ფურცლოვანი გახისგებული კონტური 83 (ფიგ. 4.92).

ფურცლოვანი გახისგებული კონტური, ბრტყელი წიბოების ან ფურცლებისაგან დამზადებული ამრეკლის კარკასი, ამრეკლის დამაგრების მხარეს, საპროექტო მოხაზულობასთან 84 შედარებით დამზადებულია ნამეგით, რომელიც რეფლექტორის დამზადების საბოლოო ეტაპზე, მასზე ამრეკლის დამაგრების წინ, ამრეკლის კონტურის ეტალონური შაბლონების 85 (ფიგ. 4.93) საკონტროლო მიმდგრებით ჩამოიჭრება (ფიგ. 94) ისეთ მდგომარეობაში, როდესაც რეფლექტორის კონსტრუქცია იმყოფება საექსპლუატაციო დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაში (ფიგ. 4.95).

დედამიწის პირობებში, რეფლექტორის საექსპლუატაციო დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა მიიღწევა მისი უწონადობის იმიტაციის პირობებით 86 და გამშლელი რგოლის გაშლით სათანადო კლიმატომეტეოროლოგიურ გარემოში, როდესაც რეფლექტორზე მოდებულია იმ სიდიდის და მიმართულების ძალები 87, რომლებიც წარმოადგენენ იმიტაციას ამრეკლის რეფლექტორის აპროქსიმირებული გედაპირის კონტურებზე დამაგრებით გადმოცემული ძალებისა და მათი მიმართულებისა (ფიგ. 4.96).

რეფლექტორზე გაჭიმული ამრეკლის მიერ გადაცემული ძალოვანი ფაქტორების იმიტაციის ძალების სიდიდის და მიმართულების განსაზღვრა მიიღწევა ერთიანი ამრეკლის გედაპირზე, მათი რეფლექტორზე ჩამაგრების ადგილებში ისეთი სიდიდის და მიმართულების ძალების მოდებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამრეკლის გაჭიმულ მდგომარეობაში საპროექტო მოხაზულობას და რომლებიც მოწმდება ამრეკლის კონტურის ეტალონური შაბლონებით.

გასაშლელი გუმბათის კარკასის და გაჭიმული კარკასის მიერ ამრეკლის ფორმის აპროქსიმირებული გედაპირის კონტურებს გაჭიმულ მდგომარეობაში მყოფი ამრეკლი ეწეება 88, მიეკერება 89 და/ან ჩაებმება გარკვეული ბიჯით განლაგებულ წერტილებში 90 (ფიგ. 4.97).

წაკვეთილი პირამიდის გვერდითი წახნაგების სიბრტყეზე განლაგებული გამშლელი რგოლის დაწყვილებული ან ერთმაგი ღეროების ბოლოებზე წახნაგის სიბრტყის ორივე მხრიდან, პარალელურ სიბრტყეებში კეთდება ოვალური კონტურის მქონე დაბოლოებები 91 (ფიგ. 4. 98), რომლებიც ძვიდით შემოხელ წახნაგზე განლაგებული გამშლელი რგოლის

ღეროების ანალოგიურ ბოლოებზე გაკეთებულ ანალოგიური ოვალების ძგიდეს ებჯინება ისე, რომ მათი მიბჯენის მუდმივი კონტაქტი შენარჩუნებულია რგოლის გაშლის მთელს პროცესში.

ღაბოლოებების ოვალები განლაგებული წაკვეთილი პირამიდის გვერდითი წახნაგების შიგნით (ფიგ. 4.99) წაგრძელებულნი არიან გამშლელი რგოლის ღეროების გრძივი მიმართველებით, ხოლო მოპირდაპირე სიბრტყეზე განლაგებული ოვალების კონტურები წაგრძელებულნი არიან გამშლელი რგოლის ღეროების განივი მიმართველებით (ფიგ. 4.100). ამასთან ერთად, ოვალების ძგიდეებს აქვთ გლუვი ზედაპირები 92, რითაც იქმნება რგოლის გაშლის ადგილობრივი სინქრონიზაციის სისტემა.

გამშლელი რგოლის ღეროებს და ღამაგებით ღეროებს მოწყობილი აქვთ ტემპერატურული დეფორმაციების დემჟფერები 94 (ფიგ. 4.99 და ფიგ. 4.100).

4.1.3. “EVM”-2-ის უპირატესობები ამრეკლის სიზუსტის უზრუნველყოფის მხრივ

“EVM”-2-ის ტექნიკური და ტექნოლოგიური შედეგია გასაშლელი რგოლიანი სისტემების სიხისტის და შესაბამისად სიზუსტის მომაგება, გამშლელი რგოლის გაშლილ მდგომარეობაში საპროექტო ფორმიდან გადახრების შემოქმედების მოხსნა ამრეკლის ფორმის დამახინჯებაზე და, რაც მთავარია, გასაშლელი რგოლიანი სისტემების და წიბოვან-ქოლგისებრი, გუმბათიანი სისტემების სინთეზით ანუ გასაშლელი რგოლის ბაზაზე გაჭიმული კარკასისა და წიბოვან-ქოლგისებრი გუმბათის კარკასის სინთეზით ახალი დამაგებითი პრინციპული ტექნიკური და ტექნოლოგიური ეფექტის მიღწევა, რომელიც განაპირობებს ისეთი ახალი სისტემის გასაშლელი რეფლექტორის შექმნას, რომელსაც დიდი ზომის შემთხვევაში ექნება მცირე წონა, დიდი სიზუსტე, მაღალი სიხისტე, დამზადების გამარტივებული ტექნოლოგია და კოსმოსურ აპარატთან მიმაგრების სქემათა ვარიანტების მეტი რაოდენობა ისე, რომ უზრუნველყოფილი იქნება გაშლის საერთო სტაბილიზაცია, სინქრონიზაცია და ორიენტაცია. ამასთან რეფლექტორის სქემა შეთავსებული იქნება სიმეტრიული და არასიმეტრიული ოფსეტური რეფლექტორების მოთხოვნებთან.

გასაშლელი კოსმოსური რეფლექტორი “EVM”-2, მისი კონსტრუქციული სქემის ძირითადი პრინციპებიდან გამომდინარე და ამ პრინციპების აღწერილ მასალებში მოყვანილი კონკრეტული გადაწყვეტილებებით, უზრუნველყოფს:

- გაშლის საიმედოობას და სიმარტივეს;
- დიდ სიხისტეს;
- სიმსუბუქეს;
- საგრანსპორტო პაკეტის ოპტიმალურ ფორმასა და სიხისტეს;

- კონსტრუქციის დამზადების ტექნიკურ და ტექნოლოგიურ გამარტივებას
და, რაც უმთავრესია
- რეფლექტორის ამრეკლის გეომეტრიული ფორმის ღიდ სიზუსტეს;
- კონსტრუქციის მრავალჯერადი გაშლის შემდეგ ამრეკლის ზედაპირის ფორმის განმეორებადობას.

ყოველივე ამასთან ერთად

- რეფლექტორის მუშა ზედაპირის ღიდ ზომებს;
- რეფლექტორის კონსტრუქციის შესაბამისობას რეფლექტორის ოფსეკურობისადმი;
- კოსმოსურ აპარატთან მიმაგრების ვარიანტების სიმრავლეს.

აღნიშნული თვისებების უზრუნველყოფა განხორციელებულია როგორც რეფლექტორის საერთო პრინციპული სქემით, ასევე კონკრეტული გადაწყვეტილებებით, რომლებიც მოცემულია აღწერაში. მიუხედავად ამისა, თავისი მნიშვნელობიდან გამომდინარე, მოგვყავს დამატებითი განმარტებები წარმოდგენილი რეფლექტორის მიერ ამრეკლის სიზუსტის უზრუნველყოფის მხრივ.

როგორც აღწერიდან ჩანს რეფლექტორის გაჭიმული კარკასი კონკრეტულ შემთხვევაში შეიძლება დამზადდეს არამარტო ფურცლებისაგან და მემბრანებისაგან, არამედ მოქნილი ღეროებისაგანაც. აქვე უნდა იქნას განმარტებული ის, რომ იმ კონკრეტულ შემთხვევაში, სადაც გამოყენებულია მოქნილი ღეროები, გაჭიმულ კარკასში და გასაშლელი გუმბათის კარკასშიც საგრძნობლად მცირეა კონსტრუქციის სიხისტე, გართულებულია მისი დამზადების ტექნოლოგია და, ასევე, შემცირებულია ამრეკლის დამაგრებისათვის შექმნილი აპროქსიმირებული ზედაპირის კონტურების როგორც მთლიანი, ასევე ადგილობრივი სიზუსტეებიც. ადგილობრივი სიზუსტის დარღვევა ხდება მოქნილი ღეროების ადგილობრივი ამომხეცვით, რასაც იწვევს გაჭიმული ამრეკლიდან მასზე გადაცემული ძალები. ამას ემატება ამრეკლის დამაგრების სირთულეებიც მოქნილ ღეროებზე. მოქნილ ღეროებს, შესრულებულს მავთულების, ძაფების, ტროსების და ლენტების სახით, აქვთ ერთმანეთზე გადახლართვის თვისება, რაც გასაშლელ კონსტრუქციებში მეტად საშიშია, განსაკუთრებით კი იმ შემთხვევაში, როდესაც კარკასებს შორის მოწყობილი კავშირები ხისტი ღეროებით ხორციელდება.

ამდენად უნდა აღინიშნოს, რომ გასაშლელი კოსმოსური რეფლექტორი “EVM”-2 თავის უპირატესობებს ამჟღავნებს იმ შემთხვევაში, როდესაც გაჭიმული კარკასი შესრულებულია ბრტყელი წიბოების ან ისეთი ამრეკლის კარკასისა და საყრდენი კარკასისაგან, რომლებიც ფურცლებით ან მემბრანებით არიან შესრულებულნი.

გაჭიმულ მდგომარეობაში ბრტყელ წიბოებს, ამრეკლის კარკასს და საყრდენ კარკასს თავისი განლაგების სიბრტყეში გაჭიმულ მდგომარეობაში გააჩნიათ ძალიან ღიდი

სიხისგე. ამით განპირობებულია აპროქსიმირებული გედაპირის მაღალი სიზუსტის მიღწევის ტექნოლოგიურობა, ღამზალების სიმარტივე და, რაც მთავარია, გაჭიმული კარკასის მიერ ამრეკლის დამაგრებისათვის შექმნილი კონტურების დიდი გეომეტრიული სიზუსტე და სიზუსტის განმეორებალობა, მათი მრავალჯერადი გაშლის და გაჭიმვის დროს.

უფრო მეტიც, გაჭიმული კარკასის წიბოებს ან მის შედგენილ კარკასს თავის სიბრტყეში ისეთი სიხისგე გააჩნიათ, რომ ისინი თავიანთი საპროექტო მდგომარეობის დაკავებისათვის ძალოვანი ზემოქმედებით გამშლელი რგოლის იძულებითი დეფორმაციით "აიძულებს" მას დაიკავოს საპროექტო მდგომარეობა მიუხედავად გამშლელი რგოლის ღამზალებისას გეომეტრიული ზომების დარღვევის წარმოშობის შემთხვევაში.

გასაშლელი კოსმოსური რეფლექტორის "EVM"-2-ის გამშლელი რგოლის გეომეტრიული უზრუნველყოფის მოხსნა ამრეკლის სიზუსტეზე ზემოქმედებისაგან უდიდესი შედეგის მომცემია. ამით ანულირდება რგოლური გასაშლელი რეფლექტორების ყველა არსებული უმთავრესი უარყოფითი თვისება. ეს დაღებითი შედეგი გასაშლელი კოსმოსური რეფლექტორ "EVM"-2-ში ძლიერდება იმით, რომ გაჭიმული კარკასის პერიფერიული განმბრჯენის მიმართ რგოლთან კავშირი მხოლოდ მოძრავი კვანძებითაც შეიძლება განხორციელდეს, ეს კი არამზუსტად ღამზალებულ გამშლელ რგოლს აძლევს საშუალებას, გაჭიმული კარკასის გადაძაბვის და დეფორმირების გარეშე დაიკავოს მისი ბუნებრივი მდგომარეობა და უზრუნველყოს გაჭიმული კარკასის სიზუსტისათვის მხოლოდ ერთი საჭირო პირობა - მისი გაჭიმვა.

გასაშლელ კოსმოსურ რეფლექტორ "EVM"-2-ში გამშლელ რგოლს ორმაგი ფუნქცია აკისრია. მას შეთავსებული აქვს ფუნქცია იმისა, რომ ყოველგვარი კონსტრუქციული დანაშაგების და გართულების გარეშე გაშალოს არამარტო გაჭიმული კარკასი, არამედ გასაშლელი გუმბათის კარკასიც და შეუნარჩუნოს მას ფორმა.

გასაშლელი გუმბათის გეომეტრიული მდებარეობის სიზუსტე აღწერილი კონკრეტული კონსტრუქციული გადაწყვეტებით დამოკიდებულია გაჭიმული კარკასის სიზუსტეზე და არ არის დამოკიდებული გამშლელი რგოლის გეომეტრიული პარამეტრების სიზუსტეზე.

გასაშლელ კოსმოსურ რეფლექტორ "EVM"-2-ში გადაწყვეტილია პრობლემა მაღალი სიზუსტის და სიხისგის მიღწევისა და მისი შენარჩუნებისა საბაზო კვანძიდან რეფლექტორის ამრეკლის ფორმის აპროქსიმირებული კონტურის ნებისმიერ წერტილამდე, რადგანაც აპროქსიმირებული კონტურის ნებისმიერი წერტილის სიზუსტე გეომეტრიულად უცვლელი კონსტრუქციული სქემით და კონსტრუქციული გადაწყვეტით ურთიერთ კავშირშია და იგი კონსტრუქციულად იმართება და კონტროლირდება საბაზო კვანძიდან,

რომელიც მიერთებულია კოსმოსურ აპარატთან, მაკავშირებელი კონსტრუქციის მეშვეობით.

რეფლექტორის ამრეკლის დამაგრების კონსტრუქციის მაღალი სიზუსტე განპირობებულია არამარტო კონსტრუქციის გადაწყვეტით მიღებული სათანადო დაძაბულ-დეფორმირებადი სურათით, არამედ თვით კონსტრუქციული გადაწყვეტის ტექნოლოგიურობით და ამ მხრივ კონსტრუქციის დამზადების ბოლო ეტაპზე დამზადების დროს წარმოშობილი ყველა გეომეტრიული უზუსტობების გამოსწორების საშუალებით. ამის საშუალებას იძლევა საექსპლოატაციო დაძაბულ-დეფორმირებად მდგომარეობაში მყოფი რეფლექტორის კონსტრუქცია, რომლის ამრეკლის კონსტრუქციის დამაგრების კონსტრუქციებს, შესრულებულს ფურცლებისაგან ან მემბრანებისაგან ამრეკლის ფორმის ეტალონური შაბლონების კონტროლით და გამოყენებით შეიძლება ჩამოჭრით ჩამოსცილდეს წინასწარ დაგოვებული ნამატი, რომლის მოცილებით მიიღწევა საპროექტო მოხაზულობის კონსტრუქცია.

თუ გავითვალისწინებთ იმასაც, რომ გაჭიმულ კარკასს სიზუსტის მომატებისათვის და სიხისტის გამრღისათვის გააჩნია დამატებითი კარკასი, რომელთა ადგილობრივი სიხისტეც გაჭიმულ მდგომარეობაში მაღალია, მაშინ გასაგებია ის ხელსაყრელი კონსტრუქციული პირობა, რომელიც რეფლექტორის დამაგრებისათვის და ზუსტი ფორმის მიღწევისათვის იქმნება გასაშლელ კოსმოსურ რეფლექტორ "EVM"-2-ში.

მნიშვნელოვანია ისიც, რომ გასაშლელ კოსმოსურ რეფლექტორ "EVM"-2-ში კონკრეტული გადაწყვეტების სახით შემოთავაზებულია ამრეკლის დაწებება აპროექსირებულ კონსტრუქციაზე, რაც აადვილებს ტექნოლოგიას და ზრდის ამრეკლის დამაგრების ადგილობრივ სიზუსტეს [10].

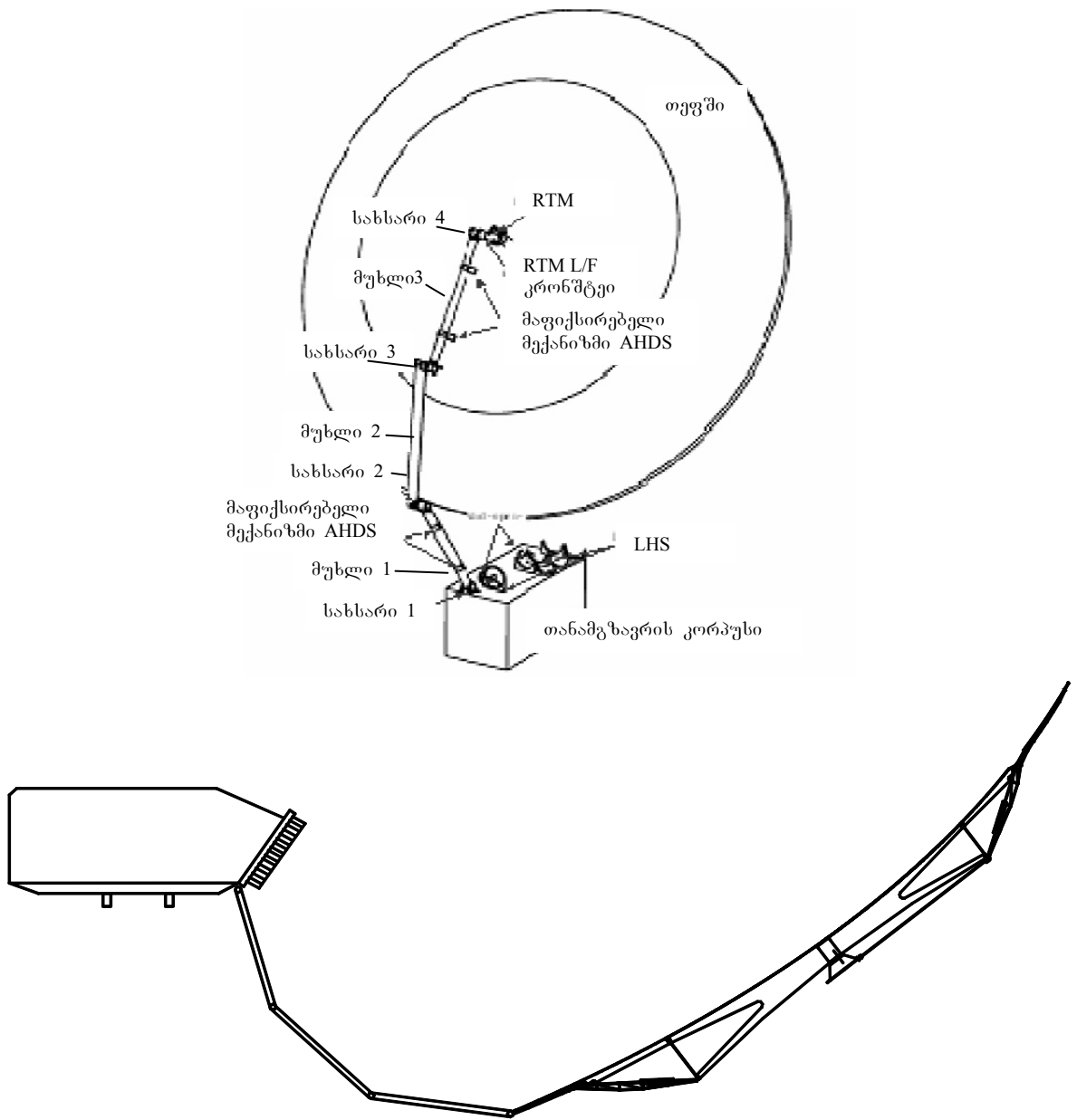
4.1.4. ოფსეტური რეფლექტორების თანამგზავრთან

მიერთებისა და ორიენტაციის სქემები

რეფლექტორის კოსმოსურ აპარატთან მიმაგრება, რეფლექტორის გაშლის პროცესის პროგნოზირებადობის, გეგმავლობის, მართვის, გაშლილ მდგომარეობაში დიდი სიხისტის და კონსტრუქციული თავისებურებების გამო, არავითარ სირთულეებს არ ქმნის როგორც ძალოვანი, ასევე სიხისტის ფაქტორების მხრივ.

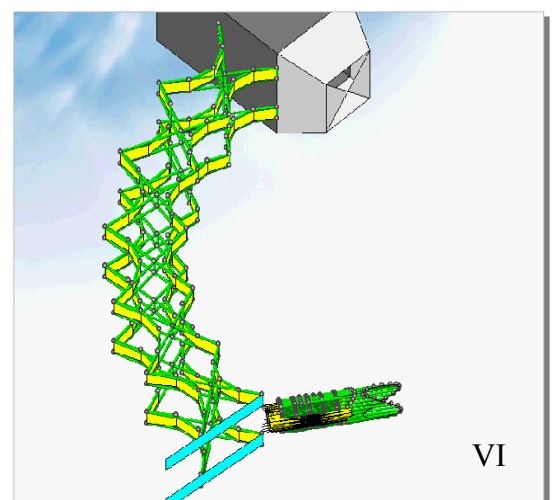
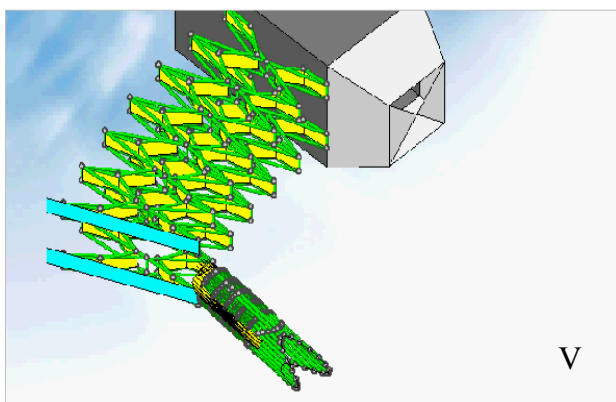
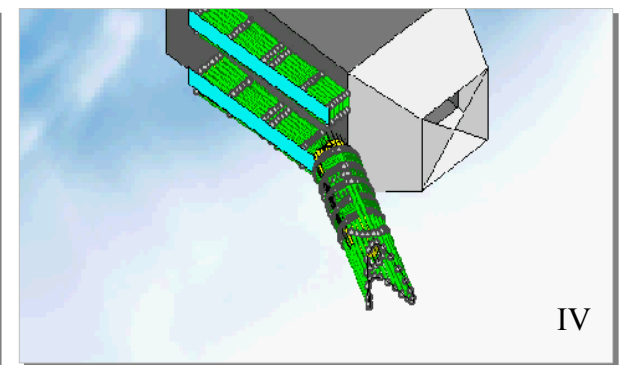
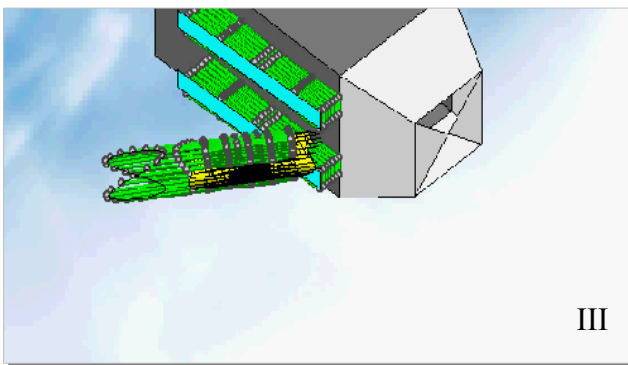
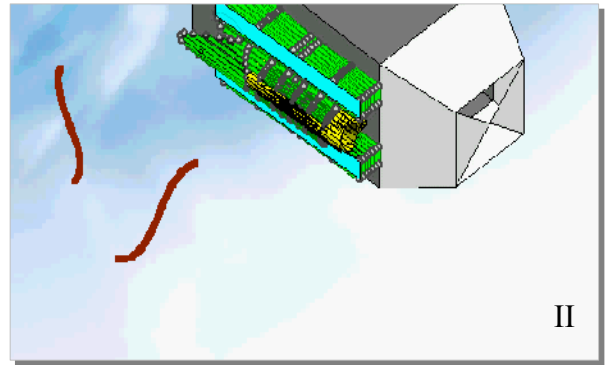
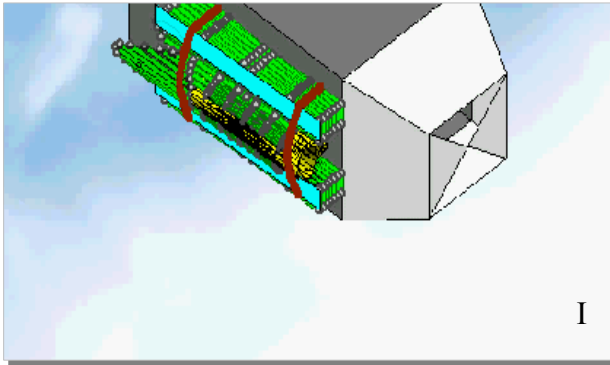
კოსმოსური რეფლექტორის “EVM”-2-ის დაკეცილი მდგომარეობიდან გახსნას, კარკასის გაჭიმვასა და ფორმათწარმოქმნელი სტრუქტურის ფორმის სბოლოო შენარჩუნებას უზრუნველყოფს ძალოვანი რგოლის გაშლა, საპროექტო მდგომარეობის მიღწევითა და შენარჩუნებით. გამშლელი რგოლის კონსტრუქციული სქემა კონკრეტულ შემთხვევაში განლაგებულია წესიერი წაკვეთილი პირამიდის გვერდითი წახნაგების სიბრტყეებზე.

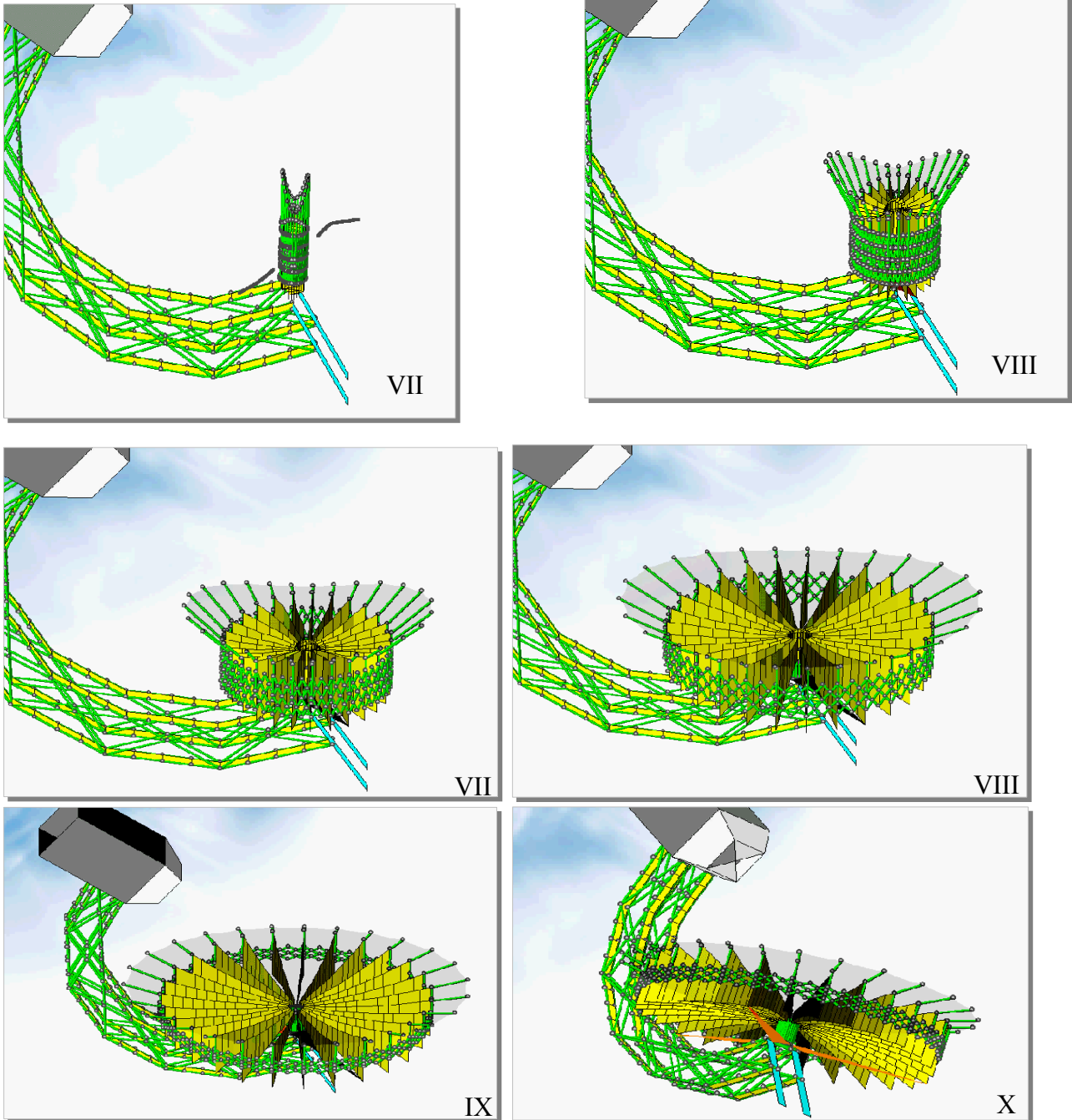
ქვემოთ წარმოდგენილია დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის EVM-2-ის თანამგზავრის კორპუსთან ცენტრალურად და პერიფერიულად მიმაგრების კონფიგურაციები (ფიგ. 4.101, 4.102).



ფიგ. 4.102. დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის კონფიგურაცია პერიფერიული მიმაგრებით.

ერთიანი სისტემის სიხისტის გასაზრდელად დამუშავებულ იქნა რკალურ-პანტოგრაფიანი ფეხის კონსტრუქცია ცენტრალური მიმაგრებით, რომლის გახსნის ეტაპები ერთიან კომპლექსთან მიმართებაში ნაჩვენებია ქვემოთ (ფიგ. 4.103).





ფიგ. 4.103. ერთიანი რადიოკომპლექსის გახსნის ეტაპები რკალურ-პანტოგრაფიანი ფეხით ცენტრალური მიმაგრების შემთხვევაში.

იმისათვის რომ დიდი დიამეტრის მქონე ანტენების სისტემა შეესაბამებოდეს სატელიტური კომუნიკაციების მომავლის მოთხოვნებს და ტექნოლოგია გამყარდეს

ევროპის სტრატეგიულ ბაზარზე, LDA-ს განვითარების პროცესში აუცილებელია ახალი მოწინავე მოწყობილობების შესაძლებლობების შესწავლა.

დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის შესწავლასთან დაკავშირებული საკითხები გადანაწილდა რამოდენიმე კომპანიას შორის:

- NPO(EGS) (რუსეთი-საქართველო) დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის განვითარება და გაუმჯობესება;
- Alenia Spazio (იტალია) სისტემის კონსტრუირება, რადიოტექნიკური კომპლექსის მთლიანი დიზაინი;
- SENER (ესპანეთი) რეფლექტორის დამიზნების სისტემის განვითარება და გაუმჯობესობა;
- HTS (შვეიცარია) რეფლექტორის ფეხის სახსრების, და ფეხის მუხლების მილისებრი ელემენტების განვითარება და გაუმჯობესობა.
- MAGNA (ავსტრია) ანტენის მაფიქსირებელი მექანიზმის (AHD) განვითარება და გაუმჯობესობა.

აღნიშნულ შემთხვევაშიც ანტენის გეომეტრია წარმოადგენს პარაბოლოიდს, 12 მეტრიანი დიამეტრის მქონე მრგვალი ფორმის აპერტურით; 6,3 მ ფოკუსური სიგრძით და 3 მ ოფსეტური გადახრით.

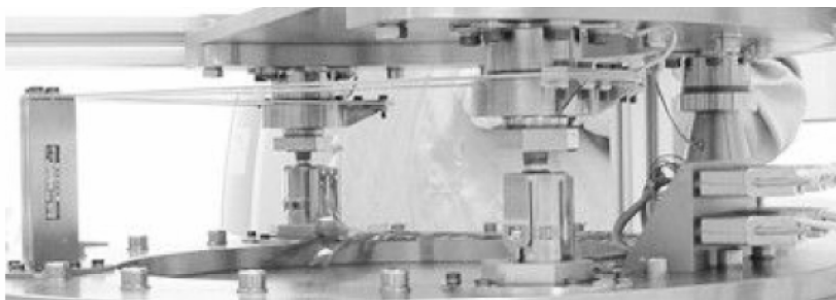
ფიგ. 4.101-ზე რეფლექტორი შეერთებულია თანამგზავრის კორპუსთან ფეხის მეშვეობით, რომელიც შედგება ოთხი მუხლისაგან ასევე სახსრებისგან და დამიზნების მექანიზმისაგან. ფეხის მუხლებში იგულისხმება სამი სახსრის მეშვეობით გაერთიანებული CFRP მილისებური ელემენტები. მეოთხე სახსარი აერთიანებს პირველ მუხლს თანამგზავრის კორპუსთან. ოთხსახსრიანი მექანიზმი უზრუნველყოფს ოთხივე მუხლის ერთდროულ გაშლას. გაშლის მოძრაობის დასრულებისთანავე ხდება დეტალების ავტომატური ფიქსირება, რათა შენარჩუნებული იყოს საჭირო კუთხის პოზიცია და სიხისტის მოთხოვნები.



ფიგ. 4.104. სახსარი და მუხლის ფრაგმენტი.



ფიგ. 4.105. ფეხის მაფიქსირებელი მექანიზმი.



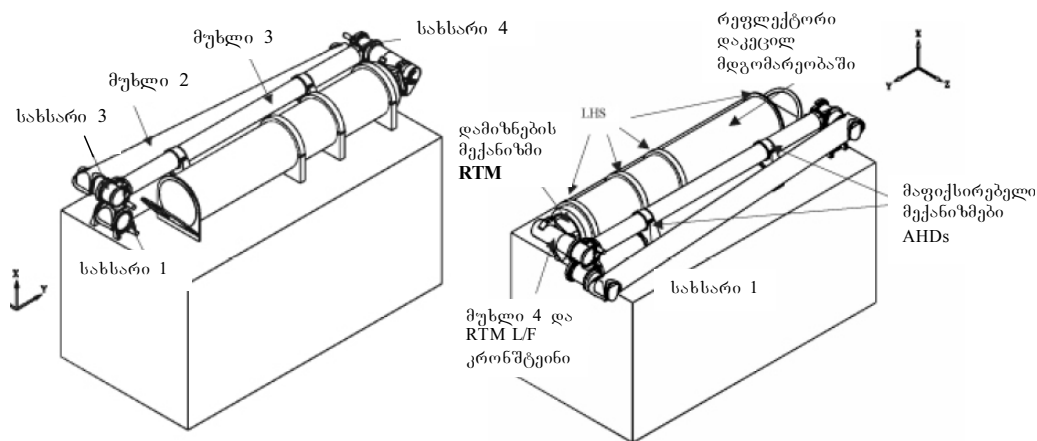
ფიგ. 4.106 დამიზნების მექანიზმი.

ფიგ. 4.104, 4.105, 4.106-ზე წარმოდგენილია ფეხის მუხლების შემაერთებელი სახსარი, ფეხის თანამგზავრთან მაფიქსირებელი მექანიზმი და დამიზნების მექანიზმი (RTM) [86, 87, 88].

გამლის დროს ფეხის მოწყობილობა შეერთებულია თანამგზავრის კორპუსთან ორი მაფიქსირებელი მექანიზმით.

პაკეტის კონფიგურაცია მუხლებით ცენტრალური მიმაგრების შემთხვევაში ნაჩვენებია ფიგ. 4.108-ზე, რომელიც დაპროექტებულია POTION-ის და ARIANE-ის მოცულობის გათვალისწინებით ამიტომ დასაშვები საწყისი დიამეტრი შეადგენს დაახლოებით 3.65 მ და თანამგზავრის გვერდითი კედელი შეადგენს 1,05 მ.

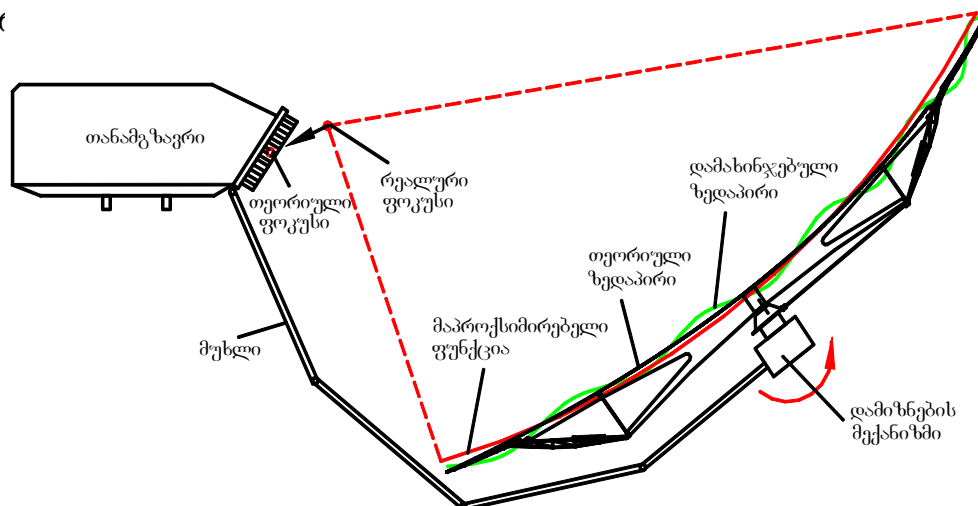
დაკეცილი პაკეტის ზომებია: 4.3 მ სიგრძეში (გაზლის მიმართულებით), 1.4 მ. სიმაღლეში, 0.7 მ სიგანეში (თანამგზავრის კედლის პერპინდიკულარულად) [89].



ფიგ. 4.108 დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორის კონფიგურაცია დაკეცილ მდგომარეობაში.

დამიზნების მექანიზმი (ფიგ. 4.106) გამოიყენება რეფლექტორის თეფშისა და ფეხის გაერთიანებისათვის და ფოკუსის კორექტირებისათვის. მექანიზმი გამძლეა ორბიტაზე ტემპერატურული დეფორმაციების მიმართ.

ორბიტაზე რადიოკომპლექსის გახსნის შემდგომ თეორიული ზედაპირის მიღწევა აბსოლუტური სიზუსტით პრაქტიკულად შეუძლებელია, ანუ რეალურად ამრეკლი ზედაპირი მახინჯდება სხვადასხვა გარე ფაქტორების ზემოქმედებით. სწორედ ასეთ შემთხვევაში საჭიროა მაპროქსიმირებელი ზედაპირის - “best fit” შუალედური პარაბოლოიდის მოძებნა და რეალური ფოკუსის პარამეტრების განსაზღვრა



ფიგ. 4.109. კოსმოსურ აპარატთან ცენტრალური კვანძით მიერთებისა და ფოკუსის კორექტირების სქემა

ფიგ. 4.109-ზე ნაჩვენებია კოსმოსურ აპარატთან რეფლექტორის ცენტრალური კვანძით მიერთებისა და ფოკუსის კორექტირების სქემა. უტრირებულად ნაჩვენებია დამახინჯებული ზედაპირი, მაპროქსიმირებელი ფუნქცია თავისი ფოკუსით და დამიზნების მექანიზმი. სამუშაო სქემა შემდეგია: ტელემეტრული სენსორებით დამახინჯებული ზედაპირის სამგანზომილებიანი სკანირება, კომპიუტერული პროგრამით მონაცემების დამუშავება და ახალი პარამეტრების დადგენა, დამიზნების მექანიზმით ფოკუსის კორექტირება.

მაპროქსიმირებელი ფუნქციის განსასაზღვრად და მისი პარამეტრების დასადგენად გამოყენებულია უმცირესი კვადრატების მეთოდი. დამუშავებულია მათემატიკური მოდელი, რომელიც რეალიზებულია კომპიუტერული პროგრამის სახით (პარაგრაფი 4.3).

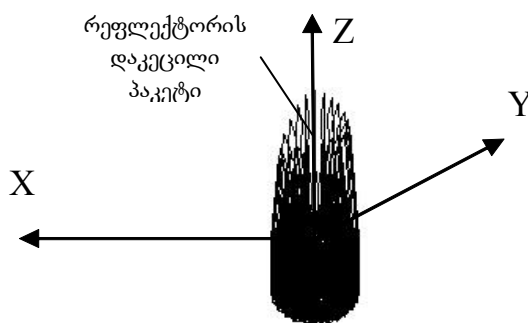
4.2. “EVM”-2-ის თეორიული ანალიზი

4.2.1 გაშლის პროცესის ანალიზი

4.2.1.1. რეფლექტორის გაშლის პროცესის მათემატიკური მოდელი

მოცემულ სტრუქტურულ კონფიგურაციაზე დაყრდნობით შეიქმნა რეფლექტორის გაშლის პროცესის მათემატიკური მოდელი. მოდელი შექმნილ იქნა გაშლის პროცესში რეფლექტორის სტრუქტურული ელემენტების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობების გასაანგარიშებლად, როგორც იდეალური შემთხვევისათვის ასევე სხვადასხვა გაუთვალისწინებელი ვარიანტებისთვისაც [31].

მოდელის შესაქმნელად გამოყენებულია დეკარტულ კოორდინატთა სისტემა, რომლის სათავე განთავსებულია რეფლექტორის გეომეტრიულ ცენტრში. X და Y ღერძები განთავსებულია გამშლელი რგოლის სიბრტყეში, Z ღერძი - მიმართულია დოლის ბრუნვის ღერძის გასწვრივ, რომელზეც დახვეულია რადიალური ფურცლები (ფიგ. 4.2.1).



ფიგ. 4.2.1. გლობალურ კოორდინატთა სისტემა

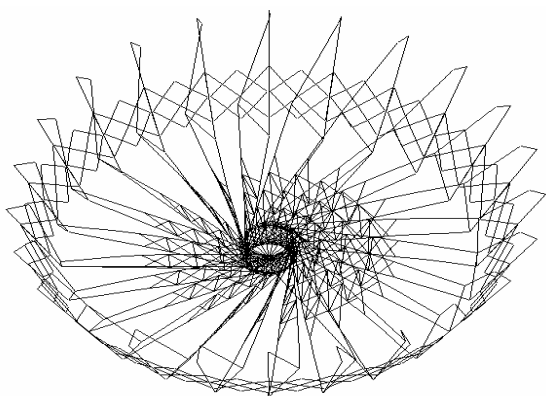
რეფლექტორის მათემატიკური მოდელის შექმნისას მიღებულია შემდეგი დაშვებები:

- პანტოგრაფის ძირითადი ბერკეტები და სხვა ღეროვანი ელემენტები მოდელირებულია, როგორც რგოლის შესაბამისი სტრუქტურული კომპონენტების შემადგენელი ელემენტარული ღეროები, მომუშავე კუმშვაზე გაჭიმვასა და ღუნვაზე (გრეხვა უგულვებელყოფილია) [30];
- რეფლექტორის ცენტრი მიღებულია როგორც ფიქსირებული წერტილი, რომელშიც განთავსებულია დოლი მასზე დახვეული რადიალური ფურცლებით (დახვევის სისქე უგულვებელყოფილია);

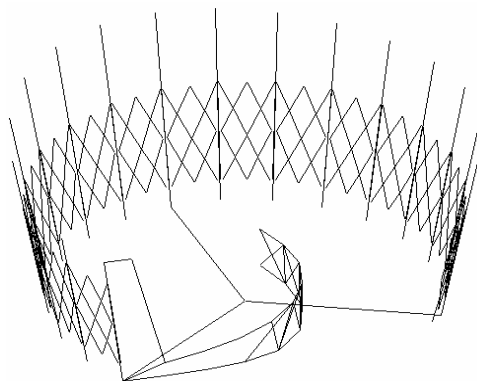
- კონსტრუქციის მთელი მასა ითვლება კონცენტრირებულად საანგარიშო კვანძებში.

ამ დაშვებების გათვალისწინებით შექმნილია კონსტრუქციის გაშლის არაწრფივი სასრულ-ელემენტოვანი მოდელი (ფიგ. 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4), სადაც რეფლექტორის მთელი მოდელი დაყოფილია შემდეგ კომპონენტებად [104, 106]:

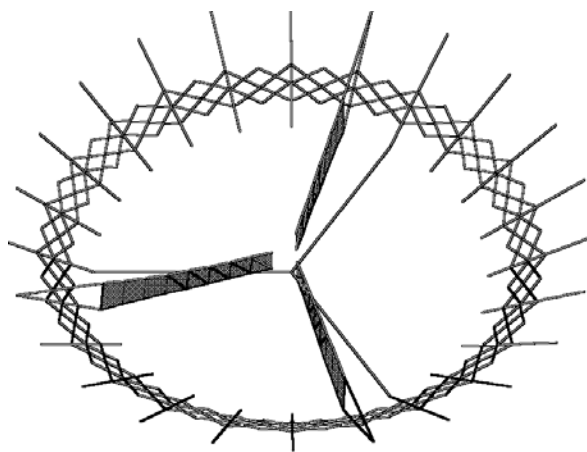
- ორმაგი პანტოგრაფისაგან შედგენილი გამშლელი რგოლი, რომლის ბერკეტები შედგებიან განსხვავებული სიგრძის ნაწილებისაგან;
- რადიალური ფურცლები, რომელთაგან თითოეული აპროქსიმირებულია მისი ზედა და ქვედა კონტურების გასწვრივ განლაგებული თანმიმდევრულად შეერთებული ღეროვანი ელემენტებით;
- რადიალური ფურცლის განშტოებების შემაერთებელი ვერტიკალური დგარები;
- კონსოლების მიმმართველები, რომლებიც ასევე ასრულებენ დგარის ფუნქციას პანტოგრაფის მომიჯნავე სექციებისთვის;
- გაშლის მასტაბილიზირებელი სამი მიმმართველი, რომლებიც ეწინააღმდეგებიან გამშლელი რგოლის ბრუნვას.



ფიგ. 4.2.2. გაშლის მათემატიკური მოდელი



ფიგ. 4.2.3. გაშლის მათემატიკური მოდელი (ნაჩვენებია რგოლის ფრაგმენტი და ერთი ფურცელი)



ფიგ. 4.2.4. გაშლილი
მდგომარეობა; (თვალსაჩინოებისათვის
მხოლოდ სამი ფურცელია ნაჩვენები)

მოდელი შედგება 898 კვანძისა და 4096 ელემენტისაგან. შედგენილია მოძრაობის დიფერენციალური განტოლებები და სხვაობითი სქემა, რომლის ამოხსნა მიიღებულია ბიჯური ინტეგრირებით. მოდელი რელიზებულია პროგრამული ენით “დელფი”. შედეგად მიღებულია რეფლექტორის ყველა კვანძის ტრაექტორიები და კოორდინატები დროსთან მიმართებაში და შესაბამისად რეზულტატების სახით დადგენილია ელემენტებში მოქმედი ძალოვანი ფაქტორები. ამასთანავე, ამ ფაქტორების გათვალისწინებით მიღებულია რეფლექტორის გაშლის სურათი ანიმაციის სახით.

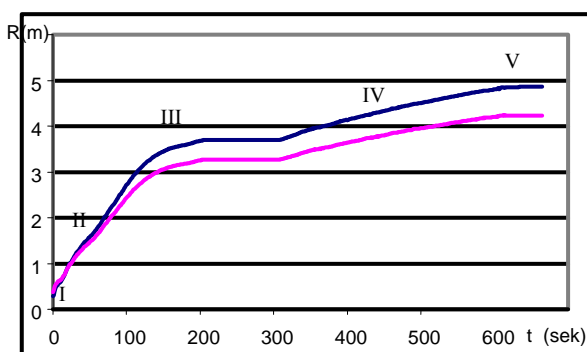
4.2.1.2. გაშლის პროცესის ანალიზის შედეგები

დიდგაბარიტიანი რეფლექტორის გაშლის პროცესის ანალიზის შედეგები

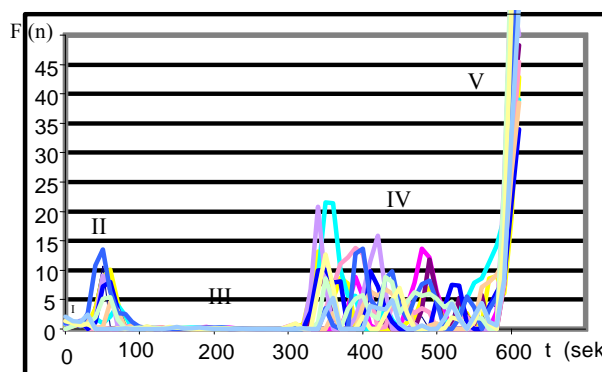
ნაჩვენებია 4.2.5-4.2.9 ფიგურებზე.

- გაშლის საწყის ეტაპზე პირველი 4-5 წამის განმავლობაში, ცენტრალურ დოლზე დახვეული რადიალური ფურცლები თავიანთი ღუნვის სიხისტის ხარზე დაგროვილი ენერგიით გამოთავისუფლდებიან და რეფლექტორი თავისთავად იშლება.
- ამის შემდგომ – გაშლის მეორე ეტაპზე მოქმედებაში ერთვებიან ელექტრული ძრავები და აჩქარებას ანიჭებენ მთელ სისტემას.

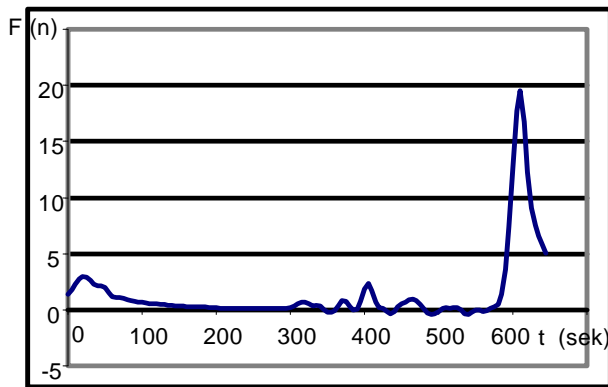
- გაშლის მესამე ეტაპზე სისტემა, მიღებული აჩქარების გამო, თავისი გაშლის სიჩქარით უსწრებს გამშლელი მექანიზმის მოქმედების სიჩქარეს და ტროსი ეშვება, ამიტომ სტრუქტურა გარკვეული დროის განმავლობაში განიცდის ტრანსფორმაციას ინერციით, ვიდრე გამშლელი ბაგირები ძრავების მუშაობის შედეგად ხელახლა არ დაიჭიმებიან.
- გარკვეული დროის შემდგომ – მეოთხე ეტაპზე, სისტემაში არსებული ხახუნის გამო გაშლის სიჩქარე თანდათანობით მცირდება და ელექტროძრავები ხელახლა, უკვე გაცილებით მცირე სიმძლავრეებით, კვლავ ერთვებიან მუშაობაში
- გაშლის საბოლოო მეხუთე ეტაპზე რადიალური ფურცლები იჭიმება და იმავდროულად გადადიან ვერტიკალურ მდგომარეობაში.



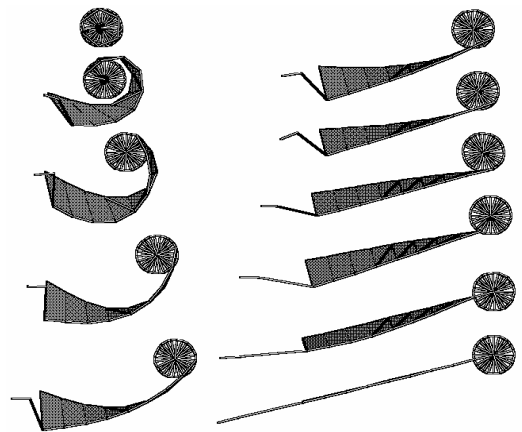
ფიგ. 4.2.5. ფუნქციონალური დამოკიდებულება რგოლის ზედა და ქვედა წერტილების გაშლის რადიუსებსა და დროს შორის.



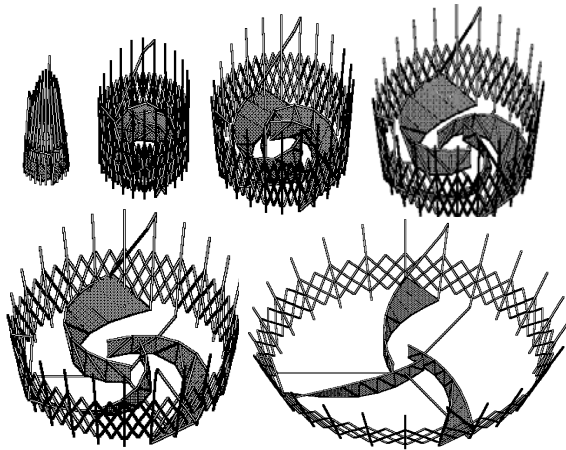
ფიგ. 4.2.6. ფუნქციონალური დამოკიდებულება რადიალური ფურცლების დამჭიმაჟ ძალებსა და დროს შორის.



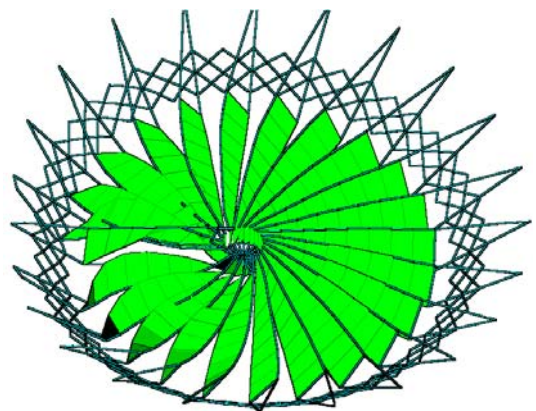
ფიგ. 4.2.7. ფუნქციონალური დამოკიდებულება გაშლის მასტაბილიზირებულ ერთ-ერთ დეროზე მოქმედ განივ ძალასა და დროს შორის



ფიგ. 4.2.8 რადიალური ფურცლის გაშლის სტადიები (ხედხედი)



ფიგ. 4.2.9. რეფლექტორის გაშლის სტადიები (თვალსაჩინოებისათვის მხოლოდ სამი ფურცელია ნაჩვენები).



ფიგ. 4.2.10. რადიალური ფურცლის ნაწილის გამოდგება ცენტრალურ დოლზე.

მოდელში შესაძლებელია დაშვებული და აღრიცხულ იქნას სხვადასხვა სახის გაუთვალისწინებული სიტუაციებიც, რომელთა წარმოშობა შესაძლებელია რეფლექტორის გაშლის პროცესში, მაგალითად რადიალური ფურცლის გარკვეული ნაწილის მოჭიდება ცენტრალურ დოლზე (ფიგ. 4.2.10), რადიალური ფურცლების ერთმანეთზე მოდება, ძრავების გარკვეული ნაწილის მწყობრიდან გამოსვლა და სხვა ამდაგვარი.

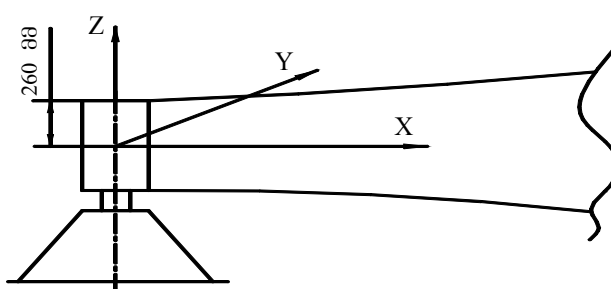
4.2.2. დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზი

4.2.2.1. დიდგაზარტიანი გასაშლელი რეფლექტორის

მათემატიკური მოდელი

წარმოდგენილი სტრუქტურული კონფიგურაციის შესაბამისად შედგენილია რეფლექტორის მათემატიკური მოდელი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია შესრულდეს ანგარიში რეფლექტორის სტრუქტურული ელემენტების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის დასდგენად სხვადასხვა დატვირთვების დროს, როგორცაა წინასწარი დაძაბვა, ტემპერატურა და სხვა. სასრულ-ელემენტთა მოდელი შედგენილია საანგარიშო პროგრამებში ANSYS-სა და NASTRAN-ში პარალელურად [4].

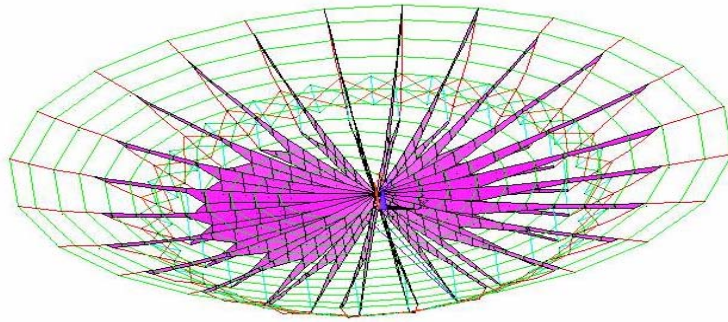
გლობალურ კოორდინატთა სისტემა ცილინდრულია, რომლის ცენტრი განთავსებულია რეფლექტორის სიმეტრიის ღერძზე და დაშორებულია ამრეკლი ზედაპირის ცენტრიდან 260 მილიმეტრით (ფიგ. 4.2.11). X ღერძი რეფლექტორის ელიპტიკური კონტურის დიდი ღერძის პარალელურია და მიმართულია ცენტრიდან პერიფერიისკენ.



ფიგ. 4.2.11. რეფლექტორის გლობალური ცილინდრული კოორდინატთა სისტემის ადგილმდებარეობა

ყოველი 24 სექციისთვის განსაზღვრულ იქნა დამატებით ორი - დეკარტული ლოკალურ კოორდინატთა სისტემა. სექციების შემადგენელი ყველა კვანძის მოძრაობა ასახულია აღნიშნულ დამატებით სისტემებში რაც განპირობებულია

კვანძების მოძრაობის სირთულით სივრცეში. სწორედ ამიტომ სხვადასხვა სახის სახსრების მოდელირებისათვის გამოყენებულია დიდი რაოდენობით ლოკალური ღერძები, მაგალითად მათი გადაადგილებისათვის მიმართველებზე, მათი გადაადგილებისათვის რადიალური ან ვერტიკალური მიმართულებით და ა. შ.



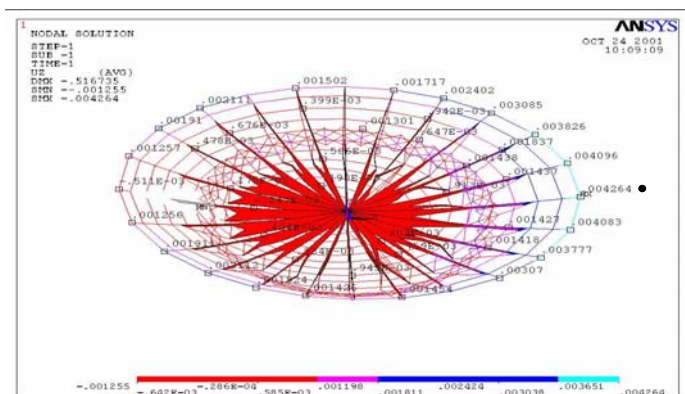
ფიგ. 4.2.12. რეფლექტორის მათემატიკური მოდელი ANSYS-ში

რეფლექტორის მათემატიკური მოდელის ძირითადი ელემენტები მოიცავს უსასრულოდ დიდი სიხისტის მქონე “RIGID” ელემენტებს, კოჭის, გარსის და ფერმულ ელემენტებს. რეფლექტორის მათემატიკური მოდელი, რომელიც აგებულია ANSYS-ში წარმოდგენილია ნახაზზე (ფიგ. 4.2.12).

4.2.2.2. რეფლექტორის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზის შედეგები

რეფლექტორის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზმა აჩვენა შემდეგი შედეგები:

1. მაქსიმალური გადაადგილება Z ღერძის გასწვრივ აღინიშნება პერიფერიულ ნაწილში და ტოლია 0.004264 მ-ის (მონიშნულია წერტილით) (ფიგ. 4.2.13);
2. პანტოგრაფის ძირითად ბერკეტებში მაქსიმალური მკუმშავი ძალის მნიშვნელობა $P_x = -301.44$ ნიუტონს;
3. რომბების ელემენტებში მაქსიმალური მკუმშავი ძალის მნიშვნელობა $P_x = -59.171$ ნიუტონს;



ფიგ. 4.2.13. დეფორმაციები სტრუქტურის წინასწარი დაძაბვით და კვანძების გადაადგილებები Z ღერძის გასწვრივ

4. რადიალური ფურცლის განშტოებების შემაერთებელ ვერტიკალურ დგარებში მაქსიმალური მკუმშავი ძალის მნიშვნელობა $P_x = -16.485$ ნიუტონს;
5. სიხისტის სისტემაში, რომელიც ზრდის მთელი სისტემის მბრუნავ სიხისტეს და შედგება სამი წყვილი ბაგირისაგან, მაქსიმალური გამჭიმავი ძალის მნიშვნელობა ტოლია 11.08 ნიუტონის;
6. გამჭიმავი ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც მოქმედებს რეფლექტორის ცენტრალურ ნაწილში რადიალური ფურცლების განივი კვეთის ცენტრში რადიალური მიმართულებით ტოლია $S_x = 0.566 \cdot 10^7$ ნ/მ², მაგრამ ეს მნიშვნელობა მცირდება $0.29 \cdot 10^7$ ნ/მ² და $0.118 \cdot 10^7$ ნ/მ²-მდე შესაბამისად ფურცლის განივი კვეთის ზედა და ქვედა ნაწილებში. ძაბვების აღნიშნული მნიშვნელობების შესაბამისი რადიალური ფურცლის გამჭიმავი ძალის სიდიდე მერყეობს 90-110 ნიუტონის ფარგლებში.

4.2.2.3. დასკვნები რეფლექტორის დინამიკურ მახასიათებლებზე

წარმოდგენილი ანალიზის მიზანია განისაზღვროს რეფლექტორის საკუთარი რხევის სიხშირეები და ფორმები მის სამუშაო მდგომარეობაში [93].

რეფლექტორის დინამიკური მათემატიკური მოდელის გამოყენებით განისაზღვრა საკუთარი რხევის სიხშირის 15 ფორმა [59].

4.2.1 ცხრილში მოცემულია საკუთარი რხევის სიხშირის პირველი 10 ფორმა მიღებული ANSYS-ში და საკუთარი რხევის სიხშირის პირველი 5 ფორმა მიღებული NASTRAN-ში [33].

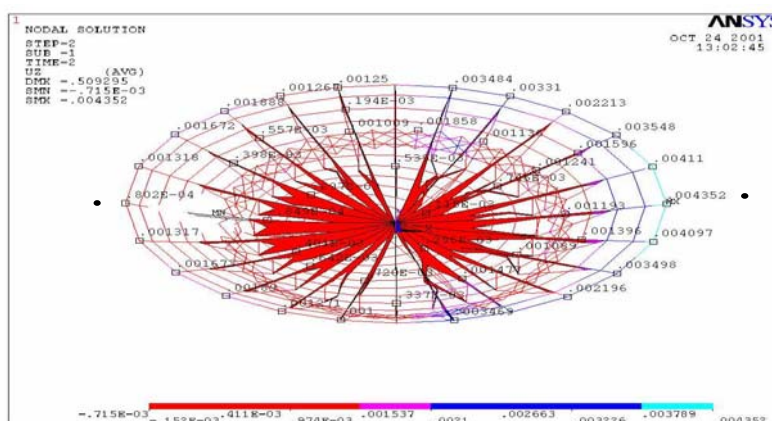
ცხრილი 4.2.1 საკუთარი რხევის სიხშირეები						ცხრილი 4.2.1 (გაგრძელება)					
პროგრამული ზრუნველყოფა	საკუთარი რხევის ფორმები ჰც.					პროგრამული ზრუნველყოფა	საკუთარი რხევის ფორმები ჰც.				
	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10
ANSYS	1.445	3.489	4.059	4.200	4.275	ANSYS	4.392	4.472	4.588	4.603	4.719
NASTRAN	1.451	3.593	3.982	4.198	4.202	NASTRAN	-	-	-	-	-

საკუთარი რხევის სიხშირეების მნიშვნელობების შედარებით, რომლებიც მიღებულია ANSYS-ში და NASTRAN-ში ვრწმუნდებით რეზულტატების საკმაო მიახლოებით თანხვედრაში.

4.2.2.4. დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შედეგები ტემპერატურული დატვირთვების ზემოქმედებისას

წარმოდგენილი ანალიზის მიზანია, გაშლილ მდგომარეობაში რეფლექტორის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრა ტემპერატურული დატვირთვების ზემოქმედებისას [63].

აღნიშნულ შემთხვევაში მათემატიკური მოდელი დაიყო ორ ნაწილად. რეფლექტორის ერთი ნახევარი იმყოფებოდა +150°C ტემპერატურული დატვირთვის ზემოქმედების ქვეშ, ხოლო მეორე კი -150°C.



ფიგ. 4.2.14. დეფორმაციები და კვანძების გადაადგილებები Z დერძის გასწვრივ, როდესაც რეფლექტორის სტრუქტურის ერთ ნახევარზე მოდებულია -150°C დატვირთვა, ხოლო მეორეზე კი +150°C დატვირთვა.

ნახ. 4.2.14-ზე ნაჩვენებია ტემპერატურული დატვირთვების ზემოქმედებისას წინასწარ და

მაბული რეფლექტორის სტრუქტურის დეფორმირებული მდგომარეობა, რომელიც ასახავს გადაადგილებებს Z ღერძის გასწვრივ.

მინიმალური გადაადგილება აღინიშნება რეფლექტორის მარცხენა პერიფერიულ ნაწილში და ტოლია $0.802 \cdot 10^{-4}$ მ-ის, ხოლო მაქსიმალური – მოპირდაპირე პერიფერიულ ნაწილში და ტოლია 0.004352 მ-ის.

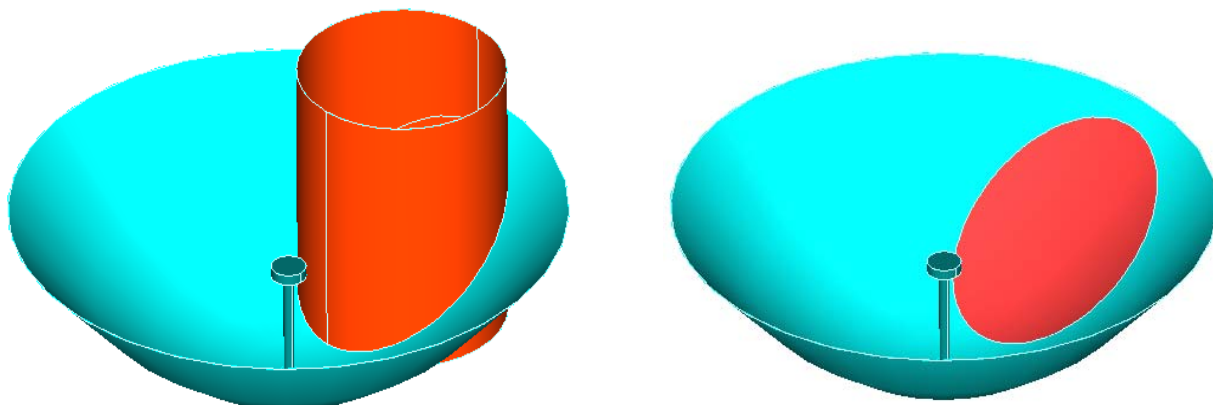
რადიალური ფურცლების სისტემა ტემპერატურული დატვირთვების ზემოქმედებისას რჩება დაჭიმულ მდგომარეობაში. ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღინიშნება რეფლექტორის ცენტრთან ახლოს მდებარე ფურცლის განივი კვეთის ქვედა ნაწილში და ტოლია $0.5662 \cdot 10^7$ ნ/მ²-ის, $0.299 \cdot 10^7$ ნ/მ²-ის მის შუა ნაწილში და $0.3818 \cdot 10^6$ ნ/მ²-ის ფურცლის ზედა ნაწილში. ძალა, რომელიც შეესაბამება აღნიშნულ ძაბვებს მერყეობს 120—140 ნ-ის ფარგლებში.

მაქსიმალური მკუმშავი ძალა პანტოგრაფის ბერკეტებში არის 304.1 ნ. ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა კი $\sigma = -0.477 \cdot 10^8$ ნ/მ². შესაბამისად, რომლის ელემენტებში მაქსიმალური მკუმშავი ძალაა 59.17 ნ. ხოლო ძაბვა კი $\sigma = -0.3179 \cdot 10^7$ ნ/მ².

4.3. ოფსეტური რეფლექტორის ელექტრომაგნიტური ტალღების მიღება-გადაცემის პარამეტრების განსაზღვრისათვის ამრეკლი ზედაპირის სიზუსტის შეფასება

4.3.1. თეორიულად განსაზღვრული ოფსეტური ზედაპირის მათემატიკური ანალიზი

ანგენის ბელაპირი წარმოადგენს პარაბოლოიდის ნაწილს, რომელიც მიიღება პარაბოლოიდისა და ცენტრიდან წანაცვლებული ცილინდრის თანაკვეთით (ფიგ.4.110) [218].

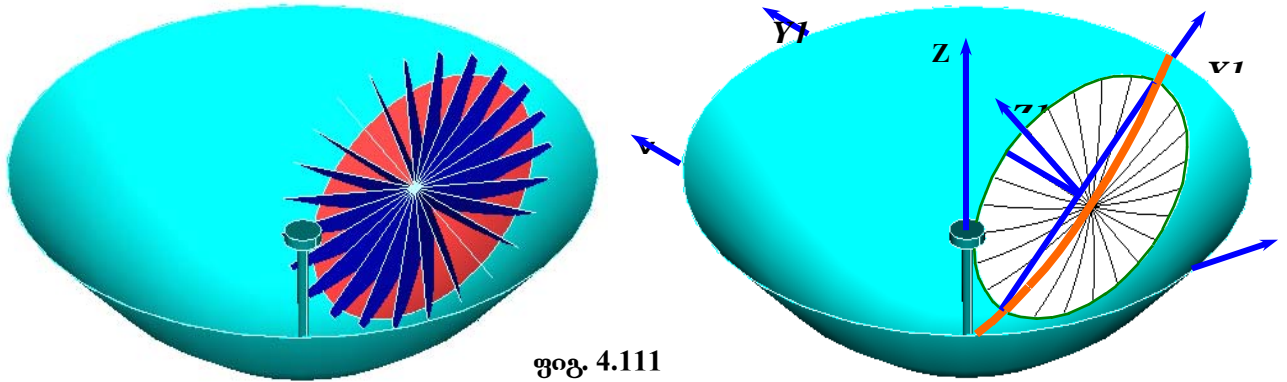


ფიგ.4.110

წანაცვლება საჭიროა ამრეკლი ბელაპირის სრული გამოყენების მიზნით. მართლაც ფოკალური ღერძის პარალელურად დაცემული სხივების შემთხვევაში ადვილი წარმოსადგენია, რომ პარაბოლოიდის ცენტრალური ნაწილი დაჩრდილულია ფოკალური კონკეინერით და მისი საყრდენით, ხოლო ჩვენთვის საჭირო წანაცვლებული ბელაპირი არანაირ დაჩრდილვას არ განიცდის და თავს უყრის არეკვლილ სხივებს მის მიმართ ფარლობითად წანაცვლებულ ფოკალურ კონკეინერში. მიღებულ ბელაპირს დავარქვათ ოფსეტური ბელაპირი.

დიდგაბარიტიანი გასაშლელი რეფლექტორებით თეორიული ბელაპირის შექმნა პრაქტიკულად შეუძლებელია, რადგანაც ბელაპირის მიღება ხდება ფორმათწარმოქმნელ სტრუქტურაზე ანუ ჩვენს შემთხვევაში, რადიალურად დაჭიმულ წიბოებზე ამრეკლი ლითონის ბადის გადაჭიმვით, რომელიც უკუამობერვის ანუ ქოლგური ეფექტის გამო წიბოების რაოდენობის საკმაოდ გაზრდის შემთხვევაშიც კი ვერ იმეორებს თეორიულ პარაბოლოიდს. სწორედ ამიტომ რადიალური წიბოების ოპტიმალური რაოდენობის დასადგენად საჭიროა მოცემული ტალღის სიგრძისათვის ბელაპირის სიზუსტის შეფასება.

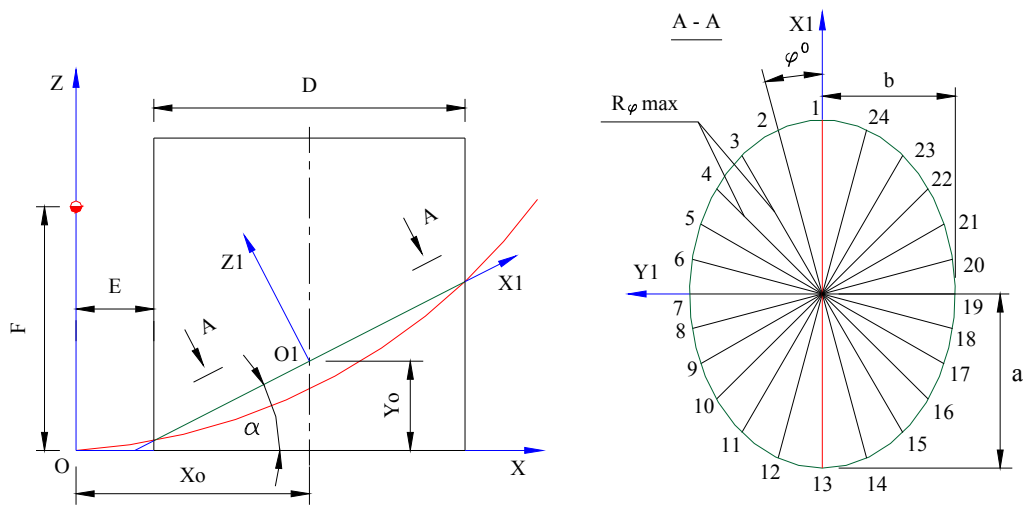
ოფსეტური ბელაპირის თანაკვეთა რადიალური წიბოების რაოდენობის შესაბამის მართობულ სიბრტყეებთან გეომეტრიულად ნაჩვენებია ნახაზზე (ფიგ. 4.111).



ფიგ. 4.111

ჩვენს შემთხვევაში რადიალური წიბოების საბაზო რაოდენობაა ოცდათხი. მოცემული სიბრტყეებისა და ოსტეკური ბელაპირის თანაკვეთით მიიღება წირები, რომლებიც წარმოადგენენ ჩვენთვის საჭირო რადიალური წიბოების გეომეტრიას (ფიგ. 4.111).

ოსტეკური ბელაპირისა და მისი შემადგენელი წირების ანალიზურად ჩასაწერად გავატაროთ ძირითადი XYZ და ლოკალური X1Y1Z1 კოორდინატთა სისტემები. მეტი სიზუსტისათვის გამოვხაზოთ სიბრტყეზე ZOY და X1O1Y1 ხელები (ფიგ. 4.112).



ფიგ. 4.112

სადაც:

- E – მანძილი პარაბოლოიდის ცენტრიდან მკვეთ ცილინდრამდე;
- F – პარაბოლოიდის ფოკუსური მანძილი;
- D – მკვეთი ცილინდრის დიამეტრი.

პარაბოლოიდის და ცილინდრის კვეთის წირი ელიფსია, რომლის O1 ცენტრის კოორდინატები XYZ კოორდინატთა სისტემაში განისაზღვრება ფორმულებით:

$$\begin{aligned} X_0 &= E + \frac{D}{2} \\ Z_0 &= \frac{(E + D)^2 + E^2}{8 \cdot F} \end{aligned} \quad (4.3.1)$$

ელიფსის მცირე ნახევარღერძი

$$b = \frac{D}{2}$$

ღიდი

$$a = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot E \cdot D + D^2}{4 \cdot F}\right)^2 + D^2} \quad (4.3.2)$$

კოორდინატების გადასაანგარიშებელ ფორმულებს XYZ კოორდინატთა სისტემიდან X1Y1Z1-ში და პირიქით აქვთ შემდეგი სახე:

$$\begin{cases} X1 = (X - X_0) \cdot \cos(\alpha) + (Z - Z_0) \cdot \sin(\alpha) \\ Y1 = Y \\ Z1 = (Z - Z_0) \cdot \cos(\alpha) - (X - X_0) \cdot \sin(\alpha) \end{cases} \quad \begin{cases} X = X_0 + X1 \cdot \cos(\alpha) - Z1 \cdot \sin(\alpha) \\ Y = Y1 \\ Z = Z_0 + X1 \cdot \sin(\alpha) + Z1 \cdot \cos(\alpha) \end{cases} \quad (4.3.3)$$

სადაც

$$\cos(\alpha) = \frac{2 \cdot F}{\sqrt{\left(E + \frac{D}{2}\right)^2 + 4 \cdot F^2}} \quad \text{და} \quad \sin(\alpha) = \frac{E + \frac{D}{2}}{\sqrt{\left(E + \frac{D}{2}\right)^2 + 4 \cdot F^2}} \quad (4.3.4)$$

მოცემული ფორმულების გამოყენებით პარაბოლოიდის განტოლება ჩაეწეროს $X_1Y_1Z_1$ კოორდინატთა სისტემაში. XYZ კოორდინატთა სისტემაში პარაბოლოიდის ფორმულას აქვს სახე:

$$Z = \frac{X^2 + Y^2}{4 \cdot F} \quad (4.3.5)$$

მოცემულ ფორმულაში მე-3 ფორმულებიდან X -ის, Y -ის და Z -ის შესაბამისი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Z_0 + X_1 \cdot \sin(\alpha) + Z_1 \cdot \cos(\alpha) = \frac{(X_0 + X_1 \cdot \cos(\alpha) - Z_1 \cdot \sin(\alpha))^2 + (Y_1)^2}{4 \cdot F} \quad (4.3.6)$$

მიღებული განტოლების ამოხსნით Z_1 -მიმართ მივიღებთ კვადრატულ განტოლებას, Z_{1_1} და Z_{1_2} ამონახსნებით. ჩვენთვის საჭირო ფესვია Z_{1_2} რომელიც გვლია:

$$Z_{1_2} := \frac{2 \cdot X_0 \cdot \sin(\alpha) + X_1 \cdot \sin(2 \cdot \alpha) + 4 \cdot F \cdot \cos(\alpha) - 2 \cdot \sqrt{2 \cdot F \cdot X_0 \cdot \sin(2 \cdot \alpha) + 4 \cdot F \cdot X_1 \cdot \sin(\alpha) + 4 \cdot F^2 \cdot \cos^2(\alpha) + 4 \cdot F \cdot Z_0 \cdot \sin(\alpha)^2 - Y_1^2 \cdot \sin(\alpha)^2}}{2 \cdot \sin(\alpha)^2} \quad (4.3.7) *$$

სადაც:

X_0 – ლოკალური კოორდინატთა სისტემის სათავის აბსცისა XYZ კოორდინატთა სისტემაში;

Z_0 – ლოკალური კოორდინატთა სისტემის სათავის აპლიკატი XYZ კოორდინატთა სისტემაში;

α – დახრის კუთხე გლობალურ და ლოკალურ კოორდინატთა სისტემების X და X_1 ღერძებს შორის (ფიგ. 4.112);

F – პარაბოლოიდის ფოკუსური მანძილი.

მიღებული გამოსახულება წარმოადგენს პარაბოლოიდის განტოლებას $X_1Y_1Z_1$ კოორდინატთა სისტემაში. მისი მეშვეობით ჩვენ შეგვიძლია ოფსეტური ზედაპირის შემადგენელი ოცდამეცხევი წირის გეომეტრიის დადგენა (იხ. ფიგ. 4.111) თუ მას ჩაეწეროს

ცილინდრული კოორდინატებით. ამისათვის საჭიროა (7) ფორმულაში Y1-ისა და X1-ის ნაცვლად შევიგანოთ შესაბამისი $R_{\phi}\sin(\phi)$ და $R_{\phi}\cos(\phi)$ მნიშვნელობები, სადაც R_{ϕ} და ϕ რადიუსების და მობრუნების კუთხეების პოლარული კოორდინატებია ლოკალური კოორდინატთა სისტემის X1O1Y1 სიბრტყეში.

წიბოების ნუმერაცია დაიწყოთ X1 ღერძიდან საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით (ფიგ. 4.112). რადგანაც პარაბოლოიდი მიიღება $Z=X^2/4F$ პარაბოლის გრიალით (იხ. ფიგ. 4.111) და აქედან გამომდინარე ოფსეტური ზედაპირი სიმეტრიულია ZOX სიბრტყის მიმართ, საკმარისია მისი ერთი ნახევრის შემადგენელი წირების გომეტრიის დადგენა, რაც ჩვენს შემთხვევაში განისაზღვრება 1-დან 13-ის ჩათვლით. ანუ 24 წიბოს შემთხვევაში ϕ იცვლება $0^{\circ} < \phi < 180^{\circ}$ ფარგლებში 15° -ის ბიჯით.

ცილინდრისა და პარაბოლოიდის თანაკვეთის შედეგად მიღებული ოფსეტური ზედაპირის პერიმეტრის განმსაზღვრელი ელიფსი ბრტყელი წირია, რომელიც X1O1Y1 სიბრტყეში დევს ანუ მისი შემადგენელი ყველა წერტილის აპლიკატები ლოკალურ კოორდინატთა სისტემაში თანაბარია ყოველი ϕ კუთხის შესაბამის $R_{\phi\max}$ -ზე, სადაც $R_{\phi\max}$ ელიფსის რადიუსებია. გამომდინარე აქედან თანაკვეთის ზედაპირისათვის R_{ϕ} კოორდინატები იცვლება $0 < R_{\phi} < R_{\phi\max}$ არეებში ანუ:

$$0 < R_{\phi} < \frac{a \cdot b}{\sqrt{b^2 \cdot \cos(\phi)^2 + a^2 \cdot \sin(\phi)^2}} \quad (4.3.8)$$

სადაც a და b – ელიფსის ნახევარღერძებია.

საბოლოოდ 4.3.7 ფორმულა X1Y1Z1 ლოკალურ სისტემაში ცილინდრულ კოორდინატებში გადაყვანით დებულობს სახეს:

$$Z1 = \frac{\sqrt{2 \cdot F \cdot X0 \sin(2 \cdot \alpha) + 4 \cdot \cos(\alpha)^2 \cdot F^2 + \sin(\alpha)^2 \cdot (R_{\phi}^2 \cdot \cos(\phi)^2 + 4 \cdot Z0 \cdot F - R_{\phi}^2) + 4 \cdot R_{\phi} \cdot \cos(\phi) \cdot \sin(\alpha) \cdot F - X0 \sin(\alpha) - 2 \cdot \cos(\alpha) \cdot F - \frac{R_{\phi} \cdot \cos(\phi) \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}{2}}{-\sin(\alpha)^2} \quad (4.3.9)$$

სადაც:

XO – ლოკალური კოორდინატთა სისტემის სათავის აბსცისა XYZ

კოორდინატთა სისტემაში;

ZO – ლოკალური კოორდინატთა სისტემის სათავის აპლიკატი XYZ

- კოორდინატთა სისტემაში;
- α – დახრის კუთხე გლობალურ და ლოკალურ კოორდინატთა სისტემების X და X1 ღერძებს შორის;
- F – პარაბოლოიდის ფოკუსური მანძილი
- R Φ და Φ – პარაბოლოიდის ცილინდრული კოორდინატებია X1Y1Z1 ლოკალურ კოორდინატთა სისტემაში ანუ პოლარული კოორდინატები X1O1Y1 სიბრტყეში (იხ. ფიგ. 4.112)

კონკრეტული მაგალითისათვის მე-9 ფორმულით რადიალური წიბოების გეომეტრიის რიცხვითი მნიშვნელობების გამოსათვლელად ანგარიშები ჩაგარდა პარაბოლოიდური ზელაპირის ცხრილში მოცემული საბაზო პარამეტრებისათვის (იხ. ცხრ. №4.3.1).

კონსტრუქციული მოსაზრებიდან გამომდინარე ლოკალური კოორდინატთა სისტემის სათავე ოვალის ცენტრიდან გადაადგილებულია 0.25მ-ით Z1 ღერძის გასწვრივ უარყოფითი მიმართულებით. გათვლები ჩაგარებულია აღნიშნულ სისტემაში და შედეგები შეგიძლიათ იხილოთ დახართში.

ცხრ. № 4.3.1

პარამეტრი	აღნიშვნა	მნიშვნელობა
პარაბოლოიდის ფოკუსური მანძილი	F	6.3
მკვეთი ცილინდრის წანაცვლება	E	3
მკვეთი ცილინდრის დიამეტრი	D	12
ლოკალური კოორდინატთა სისტემის სათავეს აბსცისა XYZ კოორდინატთა სისტემაში	Xo	9.81262724900226
ლოკალური კოორდინატთა სისტემის სათავეს აპლიკატი XYZ კოორდინატთა სისტემაში	Zo	3.50517899425395
დახრის კუთხე ლოკალურ და გლობალურ კოორდინატთა სისტემის X1 და X ღერძებს შორის	α^0	35.537677919744

4.3.2 წარმოსახვითი მაპროქსიმირებელი ფუნქციის პარამეტრების განსაზღვრა უმცირესი კვადრატების მეთოდით

რეფლექტორის ზედაპირი რეალურ კოსმოსურ პირობებში მუშაობის დროს განიცდის დეფორმაციას, ანუ მისი შემადგენელი ყველა წერტილი სივრცეში გადაადგილდება X , Y და Z მიმართულებით. გამომდინარე აქედან დამახინჯებული ზედაპირის ფოკუსიც შესაბამისად საჭიროებს გარკვეულ კორექციას რაც უმცირესი კვადრატების მეთოდით მაპროქსიმირებელი ფუნქციის პარამეტრების დადგენით ხორციელდება [34, 35].

დაუშვათ მაპროქსიმირებელი ფუნქციის სახე ცნობილია და განისაზღვრება ფორმულით:

$$f(x, y) = f(x, y, b_0, b_1, b_2, \dots, b_k) \quad (4.3.10)$$

პარამეტრების $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ შერჩევა აღნიშნულ ფუნქციაში უმცირესი კვადრატების მეთოდით წარმოებს იმდგვარად, რომ სხვაობის კვადრატების ჯამი დასაკვირვებელი მნიშვნელობების Z_i გადახრებსა და მაპროქსიმირებელი ფუნქციის აპლიკატებს შორის იყოს მინიმალური, ანუ

$$S = \sum_{i=1}^n (e_i)^2 = \sum_{i=1}^n (z_i - f(x_i, y_i, b_0, b_1, b_2, \dots, b_k))^2 = \min \quad (4.3.11)$$

ამოცანა, რომლითაც განისაზღვრება $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ პარამეტრები, რომელთათვისაც ფუნქცია $S(b_0, b_1, b_2, \dots, b_k)$ აღწევს მინიმუმს დაიყვანება ქვემოთ მოცემული კერძო წარმოებულების განტოლებათა სისტემის ამოხსნამდე:

$$\frac{dS}{db_0} = 0, \quad \frac{dS}{db_1} = 0, \quad \dots, \quad \frac{dS}{db_k} = 0 \quad (4.3.12)$$

განვიხილოთ ჩვენთვის საჭირო კვადრატული მაპროქსიმირებელი ფუნქციის პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდიკა უმცირესი კვადრატების მეთოდით [5].

წარმოსახვითი მაპროქსიმირებელი ფუნქცია პარაბოლოიდია, რომელიც მიიღება შემდეგნაირად:

თეორიულ პარაბოლოიდს აქვს სახე

$$z = a \cdot (x^2 + y^2)$$

თუ წინასწარ დაენიშნავთ მაპროქსიმირებელი პარაბოლოიდის სათავეს ახალ კოორდინატებს და ნაზრდების სახით შევიყვანთ მოცემულ ფორმულაში მივიღებთ:

$$z = a \cdot [(X + X_0)^2 + (Y + Y_0)^2] + C$$

საიდანაც

$$z = a \cdot X^2 + a \cdot Y^2 + 2 \cdot a \cdot X_0 \cdot X + 2 \cdot a \cdot Y_0 \cdot Y + a \cdot (X_0)^2 + a \cdot (Y_0)^2 + C$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები

$$b_0 = a \cdot (X_0)^2 + a \cdot (Y_0)^2 + C$$

$$b_1 = 2 \cdot a \cdot X_0 \cdot X$$

$$b_2 = 2 \cdot a \cdot Y_0 \cdot Y$$

$$b_3 = a$$

რის შედეგადაც საძიებელი პარაბოლოიდი მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$z = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot y + b_3(x^2 + y^2) \quad (4.3.13)$$

ნაზრდები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$X_0 = \frac{-b_1}{2 \cdot b_3}$$

$$Y_0 = \frac{-b_2}{2 \cdot b_3}$$

$$Z_0 = \frac{4 \cdot b_0 \cdot b_3 - (b_1)^2 - (b_2)^2}{4 \cdot b_3}$$

შევარჩიოთ 4.3.13 განტოლების პარამეტრები b_0, b_1, b_2, b_3 ისე, რომ გადახრების კვადრატების ჯამი Z და მაპროექსიმირებელ $f(x,y)$ ფუნქციებს შორის იყოს მინიმალური

$$S = \sum_{i=1}^n (e_i)^2 = \sum_{i=1}^n \left[z_i - b_0 - b_1 \cdot x_i - b_2 \cdot y_i - b_3 \cdot \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] \right]^2 \quad (4.3.14)$$

კერძო წარმოებულების $S'_{b_0}, S'_{b_1}, S'_{b_2}, S'_{b_3}$ ნულთან გაგოლებით მივიღებთ:

$$\frac{dS}{db_0} = 0, \quad \frac{dS}{db_1} = 0, \quad \frac{dS}{db_2} = 0, \quad \frac{dS}{db_3} = 0. \quad (4.3.15)$$

გაწარმოების შედეგად მივიღებთ:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \left[2 \cdot \left[z_i - b_0 - b_1 \cdot x_i - b_2 \cdot y_i - b_3 \cdot \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] \right] \cdot (-1) \right] = 0 \\ \sum \left[2 \cdot \left[z_i - b_0 - b_1 \cdot x_i - b_2 \cdot y_i - b_3 \cdot \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] \right] \cdot (-x_i) \right] = 0 \\ \sum \left[2 \cdot \left[z_i - b_0 - b_1 \cdot x_i - b_2 \cdot y_i - b_3 \cdot \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] \right] \cdot (-y_i) \right] = 0 \\ \sum \left[2 \cdot \left[z_i - b_0 - b_1 \cdot x_i - b_2 \cdot y_i - b_3 \cdot \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] \right] \cdot \left[-\left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] \right] \right] = 0 \end{array} \right. \quad (4.3.16)$$

ანუ

$$\left\{ \begin{array}{l} b_0 \cdot n + b_1 \cdot \sum x_i + b_2 \cdot \sum y_i + b_3 \cdot \sum \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] = \sum z_i \\ b_0 \cdot \sum x_i + b_1 \cdot \sum (x_i)^2 + b_2 \cdot \sum x_i \cdot y_i + b_3 \cdot \sum \left[(x_i)^3 + x_i \cdot (y_i)^2 \right] = \sum x_i \cdot z_i \\ b_0 \cdot \sum y_i + b_1 \cdot \sum x_i \cdot y_i + b_2 \cdot \sum (y_i)^2 + b_3 \cdot \sum \left[(x_i)^2 \cdot y_i + (y_i)^3 \right] = \sum y_i \cdot z_i \\ b_0 \cdot \sum \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] + b_1 \cdot \sum \left[(x_i)^3 + x_i \cdot (y_i)^2 \right] + b_2 \cdot \sum \left[(x_i)^2 \cdot y_i + (y_i)^3 \right] + b_3 \cdot \sum \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right]^2 = \sum \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] \cdot z_i \end{array} \right. \quad (4.3.17)$$

განგოლებათა სისტემის ამოხსნით ვპოულობთ საძიებელი პარაბოლოიდური მაპროქსიმირებელი ფუნქციის (4.3.13) b_0 , b_1 , b_2 და b_3 კოეფიციენტებს.

მოხერხებულობისათვის შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$b_0 = X \quad b_1 = Y \quad b_2 = Z \quad b_3 = U$$

$$\sum x_i = b_1 \quad \sum y_i = c_1 \quad \sum z_i = h_1 \quad \sum x_i \cdot y_i = c_2$$

$$\sum x_i \cdot z_i = h_2 \quad \sum y_i \cdot z_i = h_3 \quad \sum (x_i)^2 = b_2 \quad \sum (y_i)^2 = c_3$$

$$\sum [(x_i)^2 + (y_i)^2] = d_1 \quad \sum [(x_i)^2 + (y_i)^2] \cdot z_i = h_4$$

$$\sum [(x_i)^3 + x_i \cdot (y_i)^2] = d_2 \quad \sum [(x_i)^2 + (y_i)^2]^2 = d_4$$

$$\sum [(x_i)^2 \cdot y_i + (y_i)^3] = d_3$$

რის შედეგად 4.3.17 განგოლებათა სისტემა მიიღებს სახეს:

$$\begin{cases} X \cdot a_1 + Y \cdot b_1 + Z \cdot c_1 + U \cdot d_1 = h_1 \\ X \cdot b_1 + Y \cdot b_2 + Z \cdot c_2 + U \cdot d_2 = h_2 \\ X \cdot c_1 + Y \cdot c_2 + Z \cdot c_3 + U \cdot d_3 = h_3 \\ X \cdot d_1 + Y \cdot d_2 + Z \cdot d_3 + U \cdot d_4 = h_4 \end{cases} \quad (4.3.18)$$

სადაც X , Y , Z და U მაპროქსიმირებელი ფუნქციის საძიებელი კოეფიციენტებია. სისტემის ამონახსნს აქვს შემდეგი სახე:

$$X=D_X/D, \quad Y=D_Y/D, \quad Z=D_Z/D, \quad U=D_U/D \quad (4.3.19)$$

სადაც

$$D= a_1 \cdot A_1 + b_1 \cdot B_1 + c_1 \cdot C_1 + d_1 \cdot D_1$$

რომლისთვისაც:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 = b_2 \cdot c_3 \cdot d_4 - b_2 \cdot (d_3)^2 + c_2 \cdot d_3 \cdot d_2 - d_4 \cdot (c_2)^2 + c_2 \cdot d_2 \cdot d_3 - c_3 \cdot (d_2)^2 \\ B_1 = -[b_1 \cdot c_3 \cdot d_4 - b_1 \cdot (d_3)^2 + c_2 \cdot d_1 \cdot d_3 - c_1 \cdot c_2 \cdot d_4 + c_1 \cdot d_2 \cdot d_3 - c_3 \cdot d_1 \cdot d_2] \\ C_1 = b_1 \cdot c_2 \cdot d_4 + b_2 \cdot d_1 \cdot d_3 + c_1 \cdot (d_2)^2 - d_1 \cdot c_2 \cdot d_2 - c_1 \cdot b_2 \cdot d_4 - d_2 \cdot d_3 \cdot b_1 \\ D_1 = -[b_1 \cdot c_2 \cdot d_3 + b_2 \cdot c_3 \cdot d_1 + c_1 \cdot c_2 \cdot d_2 - d_1 \cdot (c_2)^2 - b_1 \cdot d_2 \cdot c_3 - d_3 \cdot c_1 \cdot b_2] \end{array} \right.$$

$$D_X= h_1 \cdot A_2 + b_1 \cdot B_2 + c_1 \cdot C_2 + d_1 \cdot D_2$$

რომლისთვისაც:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_2 = b_2 \cdot c_3 \cdot d_4 + 2 \cdot d_2 \cdot d_3 \cdot c_2 - c_3 \cdot (d_2)^2 - b_2 \cdot (d_3)^2 - d_4 \cdot (c_2)^2 \\ B_2 = -[h_2 \cdot c_3 \cdot d_4 + h_4 \cdot d_3 \cdot c_2 + h_3 \cdot d_2 \cdot d_3 - h_4 \cdot c_3 \cdot d_2 - d_4 \cdot h_3 \cdot c_2 - h_2 \cdot (d_3)^2] \\ C_2 = h_2 \cdot c_2 \cdot d_4 + h_4 \cdot b_2 \cdot d_3 + h_3 \cdot (d_2)^2 - h_4 \cdot c_2 \cdot d_2 - h_2 \cdot d_2 \cdot d_3 - d_4 \cdot h_3 \cdot b_2 \\ D_2 = -[h_2 \cdot c_2 \cdot d_3 + h_4 \cdot c_3 \cdot b_2 + c_2 \cdot h_3 \cdot d_2 - h_4 \cdot (c_2)^2 - d_3 \cdot h_3 \cdot b_2 - h_2 \cdot d_2 \cdot c_3] \end{array} \right.$$

$$D_Y= a_1 \cdot A_3 + h_1 \cdot B_3 + c_1 \cdot C_3 + d_1 \cdot D_3$$

რომლისთვისაც:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_3 = h_2 \cdot c_3 \cdot d_4 + h_3 \cdot d_2 \cdot d_3 + c_2 \cdot h_4 \cdot d_3 - h_4 \cdot c_3 \cdot d_2 - d_4 \cdot h_3 \cdot c_2 - h_2 \cdot (d_3)^2 \\ B_3 = -[b_1 \cdot c_3 \cdot d_4 + c_2 \cdot d_1 \cdot d_3 + c_1 \cdot d_2 \cdot d_3 - c_3 \cdot d_1 \cdot d_2 - d_4 \cdot c_1 \cdot c_2 - b_1 \cdot (d_3)^2] \\ C_3 = b_1 \cdot h_3 \cdot d_4 + d_2 \cdot c_1 \cdot h_4 + h_2 \cdot d_1 \cdot d_3 - h_3 \cdot d_1 \cdot d_2 - d_4 \cdot c_1 \cdot h_2 - b_1 \cdot h_4 \cdot d_3 \\ D_3 = -(b_1 \cdot h_3 \cdot d_3 + h_4 \cdot c_1 \cdot c_2 + d_1 \cdot h_2 \cdot c_3 - d_1 \cdot h_3 \cdot c_2 - d_3 \cdot c_1 \cdot h_2 - b_1 \cdot h_4 \cdot c_3) \end{array} \right.$$

$$D_Z = a_1 \cdot A_4 + b_1 \cdot B_4 + h_1 \cdot C_4 + d_1 \cdot D_4$$

რომლისთვისაც:

$$\begin{cases} A_4 = b_2 \cdot h_3 \cdot d_4 + d_2 \cdot c_2 \cdot h_4 + d_2 \cdot d_3 \cdot h_2 - h_3 \cdot (d_2)^2 - d_4 \cdot c_2 \cdot h_2 - b_2 \cdot h_4 \cdot d_3 \\ B_4 = -(b_1 \cdot h_3 \cdot d_4 + h_2 \cdot d_1 \cdot d_3 + d_2 \cdot c_1 \cdot h_4 - h_3 \cdot d_1 \cdot d_2 - d_4 \cdot c_1 \cdot h_2 - b_1 \cdot h_4 \cdot d_3) \\ C_4 = b_1 \cdot c_2 \cdot d_4 + b_2 \cdot d_1 \cdot d_3 + c_1 \cdot (d_2)^2 - c_2 \cdot d_1 \cdot d_2 - d_4 \cdot c_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \\ D_4 = -(b_1 \cdot c_2 \cdot h_4 + h_2 \cdot c_1 \cdot d_2 + d_1 \cdot b_2 \cdot h_3 - d_1 \cdot c_2 \cdot h_2 - h_4 \cdot c_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot d_2 \cdot h_3) \end{cases}$$

და

$$D_U = a_1 \cdot A_5 + b_1 \cdot B_5 + c_1 \cdot C_5 + h_1 \cdot D_5$$

რომლისთვისაც:

$$\begin{cases} A_5 = b_2 \cdot c_3 \cdot h_4 + d_2 \cdot c_2 \cdot h_3 + h_2 \cdot c_2 \cdot d_3 - d_2 \cdot c_3 \cdot h_2 - h_4 \cdot (c_2)^2 - b_2 \cdot d_3 \cdot h_3 \\ B_5 = -(b_1 \cdot c_3 \cdot h_4 + h_2 \cdot c_1 \cdot d_3 + d_1 \cdot c_2 \cdot h_3 - d_1 \cdot c_3 \cdot h_2 - h_4 \cdot c_1 \cdot c_2 - b_1 \cdot d_3 \cdot h_3) \\ C_5 = b_1 \cdot c_2 \cdot h_4 + d_1 \cdot b_2 \cdot h_3 + h_2 \cdot c_1 \cdot d_2 - d_1 \cdot c_2 \cdot h_2 - h_4 \cdot c_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot d_2 \cdot h_3 \\ D_5 = -[b_1 \cdot c_2 \cdot d_3 + c_2 \cdot c_1 \cdot d_2 + d_1 \cdot b_2 \cdot c_3 - d_1 \cdot (c_2)^2 - d_3 \cdot c_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot d_2 \cdot c_3] \end{cases}$$

X, Y, Z და U-ს მნიშვნელობების პოვნით შესაბამისად ვღებულობთ საძიებელ b_0 , b_1 , b_2 და b_3 კოეფიციენტებს მაპროქსიმირებელი ფუნქციისა

$$z = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot y + b_3(x^2 + y^2)$$

რომელსაც გააჩნია საკუთარი ფოკუსური მანძილი F_A და მისი სათავე გლობალურ XYZ კოორდინატთა სისტემაში თეორიული პარაბოლოიდის სათავესაგან წანაცვლებულია X_A , Y_A ,

და Z_A კოორდინატებით. ახალი პარამეტრების მნიშვნელობები გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით:

$$F_A = \frac{1}{|4 \cdot b_3|}, \quad X_A = \frac{-b_1}{2 \cdot b_3}, \quad Y_A = \frac{-b_2}{2 \cdot b_3}, \quad Z_A = \frac{4 \cdot b_0 \cdot b_3 - (b_1)^2 - (b_2)^2}{4 \cdot b_3}. \quad (4.3.20)$$

შესაბამისად მაპროექსიმირებელი ფუნქციის ფოკუსის კოორდინატები X_{FA} , Y_{FA} , და Z_{FA} XYZ გლობალურ კოორდინატთა სისტემაში იქნება:

$$F_A \left[\left(\frac{-b_1}{2 \cdot b_3} \right), \frac{-b_2}{2 \cdot b_3}, \frac{4 \cdot b_0 \cdot b_3 - (b_1)^2 - (b_2)^2}{4 \cdot b_3} + \frac{1}{|4 \cdot b_3|} \right]$$

საბოლოოდ (4.3.12) განტოლებათა სისტემის გამოყენებით X_{FA} , Y_{FA} , და Z_{FA} კოორდინატების გადაყვანით ლოკალურ $X_1Y_1Z_1$ კოორდინატთა სისტემაში მივიღებთ თეორიული პარაბოლოიდის ფოკუსის კოორდინატებისაგან X_{1F} , Y_{1F} , Z_{1F} წანაცვლებულ მაპროექსიმირებელი ფუნქციის ფოკუსის საბიებელ X_{1FA} , Y_{1FA} , Z_{1FA} კოორდინატებს.

$X_1Y_1Z_1$ ლოკალურ კოორდინატთა სისტემაში თეორიული პარაბოლოიდის ფოკუსის კოორდინატებია:

$$\begin{cases} X_{1F} = (Z_F - Z_0) \cdot \sin(\alpha) - X_0 \cdot \cos(\alpha) \\ Y_{1F} = 0 \\ Z_{1F} = (Z_F - Z_0) \cdot \cos(\alpha) + X_0 \cdot \sin(\alpha) \end{cases} \quad (4.3.21)$$

იმავე კოორდინატთა სისტემაში თეორიული პარაბოლოიდისაგან წანაცვლებული მაპროექსიმირებელი პარაბოლოიდის ფოკუსის კოორდინატებია:

$$\begin{cases} X_{1FA} = \left(\frac{-b_1}{2 \cdot b_3} - X_0 \right) \cdot \cos(\alpha) + \left[\frac{4 \cdot b_0 \cdot b_3 - (b_1)^2 - (b_2)^2}{4 \cdot b_3} + \frac{1}{|4 \cdot b_3|} - Z_0 \right] \cdot \sin(\alpha) \\ Y_{1FA} = \frac{-b_2}{2 \cdot b_3} \\ Z_{1FA} = \left[\frac{4 \cdot b_0 \cdot b_3 - (b_1)^2 - (b_2)^2}{4 \cdot b_3} + \frac{1}{|4 \cdot b_3|} - Z_0 \right] \cdot \cos(\alpha) - \left(\frac{-b_1}{2 \cdot b_3} - X_0 \right) \cdot \sin(\alpha) \end{cases}$$

მაპროქსიმირებელი ფუნქციის პონის გემოთ მოყვანილი მეთოდიკის გესტირებისათვის დასაკვირვებელი წერტილები შერჩეულ იქნა თხუთმეტმეტრიანი ოფსეტური რეფლექტორისთვის. წერტილების შერჩევა განხორციელებულ იქნა შესაბამისი დაშვებებით, კერძოდ სიმეტრიულად XOZ სიბრტყის მიმართ რადიალური ფურცლების რაოდენობა ადებულ იქნა 24 ცალი. ამოცანა რეალიზებულ იქნა პროგრამულად.

რემულტატები შემოწმებულ იქნა პირობით

$$\sum_{i=1}^n \left[z_i - b_0 - b_1 \cdot x_i - b_2 \cdot y_i - b_3 \cdot \left[(x_i)^2 + (y_i)^2 \right] \right] = 0, \quad (4.3.22)$$

რომ დასაკვირვებელი წერტილების Z_i აპლიკატების გადახრების ჯამი მაპროქსიმირებელი ფუნქციის შესაბამისი $f(X_i, Y_i)$ მნიშვნელობების მიმართ უნდა იყოს ნულის გოლი (იხ. დანართი).

4.3.3. ოფსეტური ანგენის ბადის გელაპირის საშუალო კვადრატული

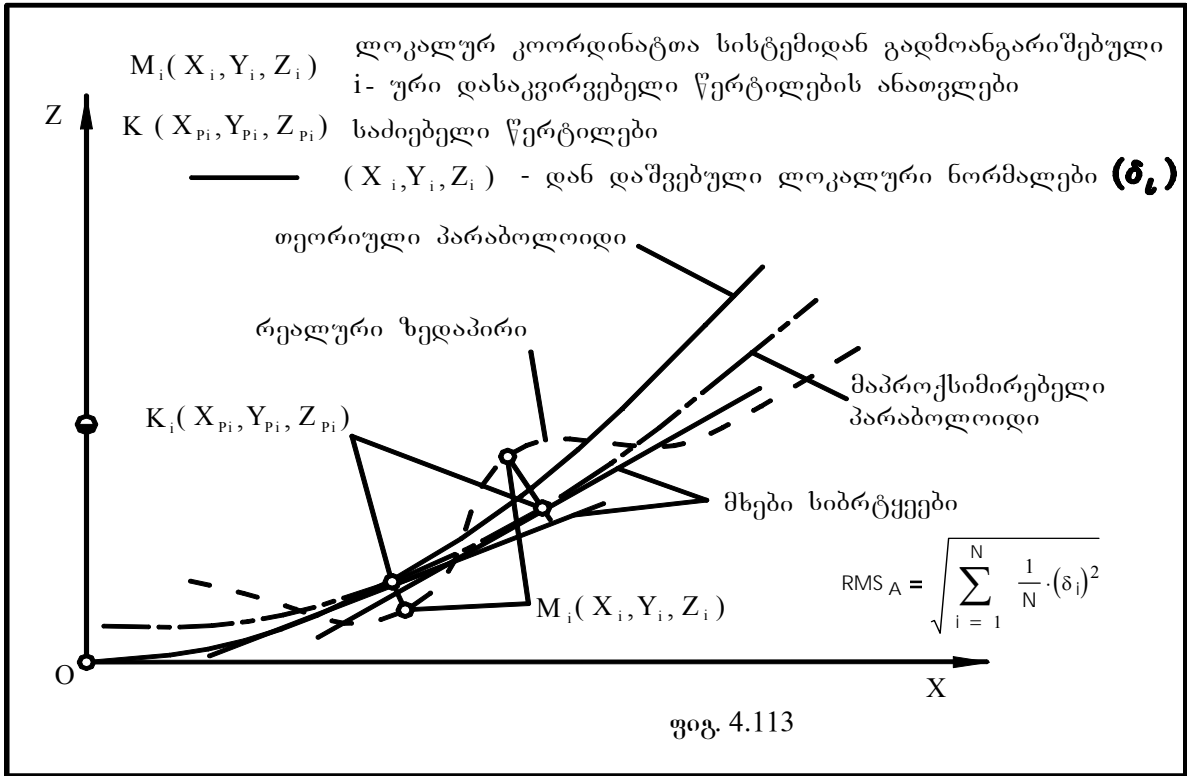
გადახრების გაანგარიშება წარმოსახვითი და თეორიული

პარაბოლოიდების მიმართ

რეალური გელაპირის წარმოსახვითი მაპროქსიმირებელი ფუნქციის დადგენით ჩვენ მაქსიმალურად მივუახლოვდით იდეალურ პარაბოლოიდს, რომლის მიმართაც საჭიროა საშუალო კვადრატული გადახრის (RMS) გამოთვლა. ის განსხვავდება თეორიული პარაბოლოიდისგან იმით, რომ უზრუნველყოფს პარაბოლოიდური ფორმისაგან რეალური გელაპირის მინიმალურ საშუალო კვადრატულ გადახრას შესაძლო საუკეთესო მიახლოებით.

ქვემოთ მოცემულ ნახაზზე უტრირებულად ნაჩვენებია თეორიული, რეალური და მაპროქსიმირებელი გელაპირების შესაძლო ურთიერთ განლაგება. ამასთან მოყვანილია ფორმულა, რომლითაც იანგარიშება საშუალო კვადრატული გადახრა მაპროქსიმირებელი გელაპირის მიმართ [8].

რეალური გელაპირის ანუ ექსპერიმენტული (X_{1i} , Y_{1i} , Z_{1i}) წერტილების ანათელები (დაუშვათ 200 წერტილი) ლოკალური კოორდინატთა სისტემიდან გადაიანგარიშება გლობალურში, რის შემდეგაც აღნიშნული წერტილებიდან დაიშვება მართობები მაპროქსიმირებელ პარაბოლოიდზე (ფიგ.4.113).



ფიგ. 4.113

გლობალურ კოორდინატთა სისტემაში მაკროქსიმირებელ პარაბოლოიდზე დაშვებული ლოკალური ნორმალის განტოლებას აქვს სახე:

$$\frac{X_0 - X_1}{b_1 + 2 \cdot b_3 \cdot X_1} = \frac{Y_0 - Y_1}{b_2 + 2 \cdot b_3 \cdot Y_1} = \frac{Z_0 - Z_1}{-1} \tag{4.3.23}$$

სადაც (X_0, Y_0, Z_0) -ით და (X_1, Y_1, Z_1) -ით შესაბამისად დასაკვირვებელი და საძიებელი წერტილების კოორდინატებია აღნიშნული. შევადგინოთ განტოლებათა სისტემა [36, 38]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{X_0 - X_1}{b_1 + 2 \cdot b_3 \cdot X_1} = \frac{Y_0 - Y_1}{b_2 + 2 \cdot b_3 \cdot Y_1} \\ \frac{X_0 - X_1}{b_1 + 2 \cdot b_3 \cdot X_1} = \frac{Z_0 - Z_1}{-1} \\ Z_1 = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot Y_1 + b_3 \cdot (X_1^2 + Y_1^2) \end{array} \right. \tag{4.3.24}$$

მოცემული სისტემის მეორე განტოლებაში მესამედან Z_1 მნიშვნელობის ჩასმით და მიღებული კვადრატული განტოლების ამოხსნით Y_1 -ის მამართ მივიღებთ ჩვენთვის საჭირო საძიებელი წერტილის ორდინატის ორივე ფესვს:

$$Y1 := \frac{1}{S1} \cdot (S2 + \sqrt{S3 + S4 + S5 + S6}) \quad (4.3.25)$$

$$Y1 := \frac{1}{S1} \cdot (S2 - \sqrt{S3 + S4 + S5 + S6})$$

სადაც

$$\left\{ \begin{array}{l} S1 := 2 \cdot (b3 \cdot b1 + 2 \cdot b3^2 \cdot X1) \\ S2 := -b2 \cdot b1 - 2 \cdot b2 \cdot b3 \cdot X1 \\ S3 := b2^2 \cdot b1^2 + 4 \cdot b2^2 \cdot b1 \cdot b3 \cdot X1 + 4 \cdot b2^2 \cdot b3^2 \cdot X1^2 + 4 \cdot b3 \cdot b1 \cdot X0 \\ S4 := -4 \cdot b1 \cdot b3 \cdot X1 + 4 \cdot b3 \cdot b1^2 \cdot Z0 + 16 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot Z0 \cdot X1 - 4 \cdot b3 \cdot b1^2 \cdot b0 \\ S5 := -16 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot b0 \cdot X1 - 4 \cdot b3 \cdot b1^3 \cdot X1 - 20 \cdot b3^2 \cdot b1^2 \cdot X1^2 - 32 \cdot b3^3 \cdot b1 \cdot X1^3 \\ S6 := 8 \cdot b3^2 \cdot X1 \cdot X0 - 8 \cdot b3^2 \cdot X1^2 + 16 \cdot b3^3 \cdot X1^2 \cdot Z0 - 16 \cdot b3^3 \cdot X1^2 \cdot b0 - 16 \cdot b3^4 \cdot X1^4 \end{array} \right.$$

მიღებული ორი ფესვიდან ერთ-ერთის ჩასმით სისტემის პირველ განტოლებაში და მისი ამოხსნით X1-ის მამართ ვლუბულობთ კუბურ განტოლებას ჩვენთვის საჭირო დაღებით ფესვით:

$$X1 := \frac{1}{6 \cdot b3 \cdot A} \cdot \sqrt[3]{\left(B + 3 \cdot \sqrt{\frac{-C}{A}}\right) \cdot A^2} + \frac{D}{2 \cdot b3 \cdot \sqrt[3]{\left(B + 3 \cdot \sqrt{\frac{-C}{A}}\right) \cdot A^2}} - \frac{b1}{2 \cdot b3} \quad (4.3.26)$$

სადაც:

$$A := 4 \cdot b3^2 \cdot Y0^2 + 4 \cdot b3^2 \cdot X0^2 + 4 \cdot b3 \cdot Y0 \cdot b2 + 4 \cdot b3 \cdot b1 \cdot X0 + b2^2 + b1^2$$

$$B := 324 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot X0^2 + 162 \cdot b3 \cdot b1^2 \cdot X0 + 27 \cdot b1^3 + 216 \cdot b3^3 \cdot X0^3$$

$$D := n1 + n2 + n3$$

სადაც:

$$n1 := -16 \cdot b3^3 \cdot b0 \cdot X0^2 + 16 \cdot b3^3 \cdot Z0 \cdot X0^2 - 16 \cdot b3^2 \cdot b0 \cdot b1 \cdot X0 + 16 \cdot b3^2 \cdot Z0 \cdot b1 \cdot X0 - 8 \cdot b3^2 \cdot X0^2$$

$$n2 := 4 \cdot b3^2 \cdot b2^2 \cdot X0^2 + 4 \cdot b3^2 \cdot b1^2 \cdot X0^2 - 8 \cdot b3 \cdot b1 \cdot X0 + 4 \cdot b3 \cdot b2^2 \cdot b1 \cdot X0 + 4 \cdot b3 \cdot b1^3 \cdot X0$$

$$n3 := 4 \cdot b3 \cdot b1^2 \cdot Z0 - 4 \cdot b3 \cdot b1^2 \cdot b0 + b2^2 \cdot b1^2 + b1^4 - 2 \cdot b1^2$$

და

სადაც: $C := C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7$

$$C1 := a1 + a2 + a3 + a4 + a5 + a6 + a7 + a8 + a9 + c1 + c2 + c3$$

$$C2 := c4 + c5 + c6 + c7 + c8 + c9 + d1 + d2 + d3 + d4 + d5 + d6$$

$$C3 := d7 + d8 + d9 + e1 + e2 + e3 + e4 + e5 + e6 + e7 + e8 + e9$$

$$C4 := f1 + f2 + f3 + f4 + f5 + f6 + f7 + f8 + f9 + g1 + g2 + g3$$

$$C5 := g4 + g5 + g6 + g7 + g8 + g9 + h1 + h2 + h3 + h4 + h5 + h6$$

$$C6 := h7 + h8 + h9 + k1 + k2 + k3 + k4 + k5 + k6 + k7 + k8 + k9$$

$$C7 := m0 + m1 + m2 + m3 + m4 + m5 + m6 + m7 + m8 + m9$$

$$a1 := -192 \cdot X0^6 \cdot b3^6 \cdot (744 \cdot b1^2 - b2^6 + 64 \cdot b3^3 \cdot b0^3 + 96 \cdot b3^2 \cdot Z0^2)$$

$$a2 := -1152 \cdot X0^5 \cdot b3^5 \cdot (-8 \cdot b3^2 \cdot X0 \cdot Z0 + 8 \cdot b3^2 \cdot X0 \cdot b0 + X0 \cdot b2^4 \cdot b3 + 120 \cdot b1^3)$$

$$a3 := -18432 \cdot b3^8 \cdot b0^2 \cdot X0^6 - 2880 \cdot b3^6 \cdot b2^2 \cdot X0^6 - 1080 \cdot b3^2 \cdot X0^2 \cdot b1^8 - 77760 \cdot b3^6 \cdot b1^2 \cdot X0^4 \cdot Y0^2$$

$$a4 := -96 \cdot X0^2 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot (60 \cdot X0^2 \cdot b3^2 \cdot b1 + 40 \cdot X0 \cdot b3 \cdot b1^2 + 48 \cdot X0^3 \cdot b3^3 + 15 \cdot b1^3)$$

$$a5 := -324 \cdot b3^2 \cdot b1^6 \cdot Y0^2 - 288 \cdot b3 \cdot b1^5 \cdot X0 - 144 \cdot b3 \cdot b1^6 \cdot b0 + 144 \cdot b3 \cdot b1^6 \cdot Z0 - 3888 \cdot b3^3 \cdot b1^5 \cdot X0 \cdot Y0^2$$

$$a6 := -3888 \cdot b3^2 \cdot b1^5 \cdot X0 \cdot Y0 \cdot b2 - 1728 \cdot b3^2 \cdot b1^5 \cdot X0 \cdot b0 + 1728 \cdot b3^2 \cdot b1^5 \cdot X0 \cdot Z0$$

$$a7 := -2700 \cdot b3^2 \cdot b1^4 \cdot X0^2 \cdot b2^2 - 324 \cdot b3 \cdot b1^6 \cdot Y0 \cdot b2 - 540 \cdot b3 \cdot b1^5 \cdot b2^2 \cdot X0$$

$$a8 := -19440 \cdot b3^4 \cdot b1^4 \cdot X0^2 \cdot Y0^2 - 19440 \cdot b3^3 \cdot b1^4 \cdot X0^2 \cdot Y0 \cdot b2 - 8640 \cdot b3^3 \cdot b1^4 \cdot X0^2 \cdot b0$$

$$a9 := -1440 \cdot b1^2 \cdot b3^3 \cdot X0^2 \cdot (-24 \cdot b3^2 \cdot Z0 \cdot X0^2 + 5 \cdot b1 \cdot b2^2 \cdot X0 - 6 \cdot b1^2 \cdot Z0)$$

$$c1 := -720 \cdot b3^4 \cdot b1^2 \cdot X0^3 \cdot (-32 \cdot Z0 \cdot b1 + 48 \cdot b0 \cdot X0 \cdot b3 + 15 \cdot b2^2 \cdot X0)$$

$$c2 := -23040 \cdot b3^4 \cdot b1^3 \cdot X0^3 \cdot b0 - 45 \cdot b2^2 \cdot b1^6 - 1536 \cdot b3^6 \cdot X0^6 + 3 \cdot b2^6 \cdot b1^6 + 9 \cdot b2^4 \cdot b1^8$$

$$c3 := -18 \cdot b2^4 \cdot b1^6 + 9 \cdot b1^{10} \cdot b2^2 - 36 \cdot b1^8 \cdot b2^2 - 20736 \cdot b3^8 \cdot X0^8 - 45 \cdot b1^8 - 24 \cdot b1^6$$

$$c4 := -288 \cdot X0 \cdot b1^4 \cdot b3 \cdot (285 \cdot b3^3 \cdot X0^3 + 106 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot X0^2 + 24 \cdot b3 \cdot b1^2 \cdot X0 + 3 \cdot b1^3)$$

$$c5 := -288 \cdot X0^4 \cdot b1^4 \cdot b3^4 \cdot (4 \cdot b3^2 \cdot X0^2 + 12 \cdot b3 \cdot b1 \cdot X0 + 15 \cdot b1^2)$$

$$c6 := 12 \cdot X0^2 \cdot b1^6 \cdot b3^2 \cdot (-240 \cdot b3 \cdot b1 \cdot X0 + 15 \cdot b1^4 + 16 \cdot b3^4 \cdot X0^4 + 48 \cdot b3^3 \cdot b1 \cdot X0^3)$$

$$c7 := 48 \cdot b1^8 \cdot b3^2 \cdot (15 \cdot X0^4 \cdot b3^2 + 10 \cdot b1 \cdot X0^3 \cdot b3 + 3 \cdot Z0^2 + 3 \cdot b0^2)$$

$$c8 := -72 \cdot X0 \cdot b3 \cdot (3 \cdot b1^9 + 512 \cdot b3^7 \cdot X0^4 \cdot b0^3 \cdot b1 - 128 \cdot b3^7 \cdot X0^5 \cdot b0^2 \cdot b2^2)$$

$$c9 := 27648 \cdot b0^2 \cdot X0^4 \cdot b1 \cdot b3^7 \cdot (-2 \cdot X0 + X0 \cdot b2^2 + 5 \cdot Z0 \cdot b1)$$

$$d1 := 4608 \cdot b0 \cdot X0^4 \cdot b1 \cdot b3^6 \cdot (-10 \cdot b3 \cdot b1 \cdot b0^2 - 15 \cdot b1 \cdot b0 + 24 \cdot Z0 \cdot b3 \cdot X0)$$

$$d2 := -27648 \cdot Z0 \cdot b0 \cdot X0^4 \cdot b1 \cdot b3^6 \cdot (2 \cdot b2^2 \cdot b3 \cdot X0 + 5 \cdot b1 \cdot Z0 \cdot b3 - 5 \cdot b1)$$

$$d3 := 15360 \cdot b3^5 \cdot b0^2 \cdot X0^3 \cdot b1^3 \cdot (-2 \cdot b3 \cdot b0 + 6 \cdot Z0 \cdot b3 - 3)$$

$$d4 := -2304 \cdot b0 \cdot X0^3 \cdot b1 \cdot b3^5 \cdot (40 \cdot b3 \cdot b1^2 \cdot Z0^2 - 40 \cdot b1^2 \cdot Z0 + 3 \cdot b3 \cdot X0^2 \cdot b2^4)$$

$$d5 := 3072 \cdot b3^6 \cdot X0^5 \cdot (4 \cdot X0 \cdot Z0^3 \cdot b3^3 + 3 \cdot X0 \cdot b0 \cdot b1^2 \cdot b3 + 9 \cdot b0 \cdot b1^3)$$

$$d6 := 2880 \cdot b0 \cdot X0^2 \cdot b1^4 \cdot b3^4 \cdot (12 \cdot b3 \cdot X0^2 + 8 \cdot b1 \cdot X0 + 3 \cdot b0 \cdot b1^2)$$

$$d7 := -5760 \cdot b0 \cdot X0^2 \cdot b1^2 \cdot b3^4 \cdot (-6 \cdot b2^2 \cdot b3 \cdot X0^2 - 4 \cdot b2^2 \cdot b1 \cdot X0 + 3 \cdot Z0 \cdot b1^4)$$

$$d8 := 8640 \cdot b0 \cdot b3^4 \cdot X0^2 \cdot b2^2 \cdot b1^4 \cdot (b0 - 2 \cdot Z0)$$

$$d9 := -1152 \cdot b0 \cdot b2^2 \cdot X0^3 \cdot b1 \cdot b3^4 \cdot (-24 \cdot b3^2 \cdot X0^2 + 5 \cdot b1^2 \cdot b2^2)$$

$$e1 := 34560 \cdot b0 \cdot b3^6 \cdot X0^4 \cdot b2^2 \cdot b1^2 \cdot (-2 \cdot Z0 + b0)$$

$$e2 := -2880 \cdot X0^3 \cdot b0 \cdot b2^2 \cdot b3^5 \cdot b1^2 \cdot (3 \cdot X0 \cdot b2^2 + 16 \cdot Z0 \cdot b1)$$

$$e3 := 23040 \cdot X0^3 \cdot b0 \cdot b3^5 \cdot b1^3 \cdot (b1^2 \cdot b0 - 2 \cdot b1^2 \cdot Z0 + b0 \cdot b2^2)$$

$$e4 := 5760 \cdot X0^3 \cdot b3^4 \cdot b0 \cdot b1^4 \cdot (6 \cdot X0 \cdot b3^2 \cdot b0 - 3 \cdot X0 \cdot b2^2 \cdot b3 - 2 \cdot b2^2 \cdot b1)$$

$$e5 := -4608 \cdot X0^4 \cdot b3^6 \cdot b0 \cdot b1^2 \cdot (4 \cdot X0^2 \cdot Z0 \cdot b3^2 + 15 \cdot Z0 \cdot b1^2 + 3 \cdot X0 \cdot b2^2 \cdot b1)$$

$$e6 := 4608 \cdot X0^5 \cdot b3^7 \cdot b0 \cdot b1^2 \cdot (2 \cdot X0 \cdot b3 \cdot b0 - 12 \cdot Z0 \cdot b1 - X0 \cdot b2^2)$$

$$e7 := 432 \cdot X0^2 \cdot b0 \cdot b3^3 \cdot b1^3 \cdot (64 \cdot b0 \cdot X0^3 \cdot b3^4 - 10 \cdot b2^2 \cdot b1^3 - 5 \cdot b2^4 \cdot b1)$$

$$e8 := 576 \cdot X0^2 \cdot b3^3 \cdot (15 \cdot b0 \cdot b2^2 \cdot b1^4 + 64 \cdot b3^6 \cdot X0^4 \cdot b0^2 \cdot Z0 - 16 \cdot b3^4 \cdot X0^4 \cdot Z0 \cdot b1^2)$$

$$e9 := -2304 \cdot X0^3 \cdot b3^4 \cdot b1^3 \cdot Z0 \cdot (12 \cdot b3^2 \cdot X0^2 + 15 \cdot b1 \cdot b3 \cdot X0 + 10 \cdot b1^2)$$

$$\begin{aligned}
f1 &:= -2880 \cdot X0^2 \cdot b3^4 \cdot Z0 \cdot b1^2 \cdot (-3 \cdot Z0 \cdot b1^4 + 8 \cdot X0 \cdot b2^2 \cdot b1 + 12 \cdot b3 \cdot X0^2 \cdot b2^2) \\
f2 &:= -576 \cdot X0^2 \cdot b2^2 \cdot b3^4 \cdot b1 \cdot Z0 \cdot (-15 \cdot Z0 \cdot b1^3 + 48 \cdot b3^2 \cdot X0^3 - 10 \cdot b1^2 \cdot b2^2 \cdot X0) \\
f3 &:= 8640 \cdot X0^4 \cdot b2^2 \cdot b3^5 \cdot Z0 \cdot b1^2 \cdot (4 \cdot b3 \cdot Z0 + b2^2) \\
f4 &:= 23040 \cdot X0^3 \cdot b3^5 \cdot b1^3 \cdot Z0^2 \cdot (b2^2 + b1^2) \\
f5 &:= 5760 \cdot b3^4 \cdot b1^4 \cdot Z0 \cdot X0^3 \cdot (6 \cdot X0 \cdot b3^2 \cdot Z0 + 3 \cdot X0 \cdot b3 \cdot b2^2 + 2 \cdot b1 \cdot b2^2) \\
f6 &:= 4608 \cdot b3^6 \cdot b1^2 \cdot Z0 \cdot X0^5 \cdot (2 \cdot X0 \cdot b3^2 \cdot Z0 + X0 \cdot b3 \cdot b2^2 + 3 \cdot b1 \cdot b2^2) \\
f7 &:= 432 \cdot b3^3 \cdot b1^3 \cdot X0^2 \cdot Z0 \cdot (64 \cdot Z0 \cdot X0^3 \cdot b3^4 + 5 \cdot b1 \cdot b2^4 + 10 \cdot b1^3 \cdot b2^2) \\
f8 &:= -576 \cdot b3^3 \cdot X0^2 \cdot (64 \cdot b3^6 \cdot Z0^2 \cdot b0 \cdot X0^4 + 15 \cdot Z0 \cdot b2^2 \cdot b1^4 - 15 \cdot b0 \cdot b1^6) \\
f9 &:= -1728 \cdot b3^3 \cdot b1^5 \cdot b0 \cdot X0 \cdot (-b1^2 \cdot b0 + 2 \cdot b1^2 \cdot Z0 - b2^2 \cdot b0) \\
g1 &:= -432 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot b0 \cdot X0 \cdot (64 \cdot X0^4 \cdot b3^4 + 8 \cdot b2^2 \cdot Z0 \cdot b1^4 \cdot b3 + b1^4 \cdot b2^4) \\
g2 &:= -864 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot b0 \cdot X0 \cdot (-128 \cdot b0 \cdot b3^6 \cdot Z0 \cdot X0^4 + b2^2 \cdot b1^6 - 2 \cdot b2^2 \cdot b1^4) \\
g3 &:= 1728 \cdot b3^3 \cdot b1^5 \cdot Z0 \cdot X0 \cdot (-5 \cdot b1 \cdot X0 + Z0 \cdot b1^2 + Z0 \cdot b2^2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
g4 &:= 432 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot Z0 \cdot X0 \cdot (64 \cdot X0^4 \cdot b3^4 + b1^4 \cdot b2^4 + 2 \cdot b1^6 \cdot b2^2) \\
g5 &:= -1728 \cdot b3^2 \cdot b1 \cdot X0 \cdot (64 \cdot Z0^2 \cdot b0 \cdot X0^4 \cdot b3^6 + 5 \cdot b2^2 \cdot X0^4 \cdot b3^3 + Z0 \cdot b2^2 \cdot b1^4) \\
g6 &:= -1440 \cdot b2^2 \cdot b3^3 \cdot b1^2 \cdot X0^3 \cdot (6 \cdot b3 \cdot X0 \cdot b1^2 + 2 \cdot b2^2 \cdot b1 + 3 \cdot b3 \cdot b2^2 \cdot X0) \\
g7 &:= -1152 \cdot b2^2 \cdot b3^3 \cdot b1^2 \cdot X0^3 \cdot (5 \cdot b1^3 + 6 \cdot X0^2 \cdot b1 \cdot b3^2 + 2 \cdot X0^3 \cdot b3^3) \\
g8 &:= 72 \cdot b3^2 \cdot X0^2 \cdot (512 \cdot b0 \cdot Z0 \cdot X0^4 \cdot b3^6 - 15 \cdot b1^4 \cdot b2^4 - 30 \cdot b1^6 \cdot b2^2) \\
g9 &:= -48 \cdot X0^3 \cdot b2^4 \cdot b3^3 \cdot b1 \cdot (72 \cdot b3^2 \cdot X0^2 - 10 \cdot b1^2 \cdot b2^2 - 15 \cdot b1 \cdot b3 \cdot b2^2 \cdot X0) \\
h1 &:= 144 \cdot X0^3 \cdot b2^4 \cdot b3^3 \cdot b1^3 \cdot (15 \cdot b1 \cdot b3 \cdot X0 + 10 \cdot b1^2 + 12 \cdot b3^2 \cdot X0^2) \\
h2 &:= 36 \cdot b3^2 \cdot b2^4 \cdot X0^2 \cdot b1^2 \cdot (16 \cdot b3^4 \cdot X0^4 + 5 \cdot b1^2 \cdot b2^2 + 15 \cdot b1^4) \\
h3 &:= -144 \cdot X0^2 \cdot b3^3 \cdot (128 \cdot b3^5 \cdot X0^4 \cdot b2^2 \cdot b0 \cdot Z0 + 15 \cdot b1^8 \cdot b0 - 15 \cdot b1^8 \cdot Z0) \\
h4 &:= 720 \cdot X0^3 \cdot b3^4 \cdot b1^6 \cdot (3 \cdot b2^2 \cdot X0 - 8 \cdot b1 \cdot b0 + 8 \cdot b1 \cdot Z0) \\
h5 &:= -1440 \cdot X0^3 \cdot b3^3 \cdot b1^6 \cdot (6 \cdot X0 \cdot b3^2 \cdot b0 - 6 \cdot X0 \cdot b3^2 \cdot Z0 - b2^2 \cdot b1) \\
h6 &:= 576 \cdot X0^5 \cdot b3^5 \cdot b1^4 \cdot (4 \cdot X0 \cdot b3^2 \cdot Z0 - 4 \cdot X0 \cdot b3^2 \cdot b0 + 3 \cdot b2^2 \cdot b1)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
h7 &:= 576 \cdot X0^5 \cdot b3^6 \cdot b1^4 \cdot (b2^2 \cdot X0 + 12 \cdot b1 \cdot Z0 - 12 \cdot b1 \cdot b0) \\
h8 &:= -36 \cdot b3^2 \cdot X0^2 \cdot b2^2 \cdot (64 \cdot X0^4 \cdot b0 \cdot b3^5 \cdot b2^2 - 256 \cdot X0^4 \cdot b0 \cdot b3^5 - 15 \cdot b1^8) \\
h9 &:= -11520 \cdot b0 \cdot X0^2 \cdot b3^4 \cdot b1^4 \cdot (3 \cdot b3 \cdot Z0^2 - 3 \cdot Z0 + b3 \cdot b0^2) \\
k1 &:= 1152 \cdot X0^2 \cdot b3^4 \cdot b1 \cdot (-15 \cdot b1^3 \cdot b0^2 + 30 \cdot b1^3 \cdot b3 \cdot b0^2 \cdot Z0 + 32 \cdot b3^4 \cdot X0^3 \cdot Z0^3) \\
k2 &:= 9216 \cdot b3^7 \cdot Z0^2 \cdot X0^5 \cdot (b3 \cdot b2^2 \cdot X0 - 6 \cdot b1 + 3 \cdot b2^2 \cdot b1) \\
k3 &:= 7680 \cdot Z0^2 \cdot b3^6 \cdot b1^2 \cdot X0^3 \cdot (6 \cdot Z0 \cdot X0 \cdot b3 + 4 \cdot Z0 \cdot b1 - 9 \cdot X0) \\
k4 &:= -2304 \cdot Z0 \cdot b3^5 \cdot X0^3 \cdot (4 \cdot b2^2 \cdot X0^3 \cdot b3^2 - 3 \cdot b2^4 \cdot b1 \cdot X0^2 \cdot b3 + 20 \cdot Z0 \cdot b1^3) \\
k5 &:= 1152 \cdot Z0 \cdot b3^4 \cdot X0^2 \cdot (2 \cdot X0^4 \cdot b3^3 \cdot b2^4 + 10 \cdot b3 \cdot Z0^2 \cdot b1^4 - 15 \cdot Z0 \cdot b1^4) \\
k6 &:= -432 \cdot b3^2 \cdot b0 \cdot b1^5 \cdot X0 \cdot (b1^4 - 4 \cdot b1^2 + 16 \cdot b3^2 \cdot Z0^2) \\
k7 &:= 1152 \cdot b3^3 \cdot b0 \cdot b1^5 \cdot X0 \cdot (-2 \cdot b3 \cdot b0^2 - 3 \cdot b0 + 6 \cdot Z0) \\
k8 &:= 432 \cdot Z0 \cdot X0 \cdot b3^2 \cdot b1^5 \cdot (16 \cdot b3^2 \cdot b0^2 + b1^4 - 4 \cdot b1^2) \\
k9 &:= 18 \cdot b1 \cdot (128 \cdot b1^4 \cdot b3^4 \cdot Z0^3 \cdot X0 - 192 \cdot b1^4 \cdot b3^3 \cdot Z0^2 \cdot X0 + 32 \cdot b3^5 \cdot b2^6 \cdot X0^5 - b1^9)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m_0 &:= 36 \cdot X_0 \cdot b_2^2 \cdot b_3 \cdot b_1^5 \cdot (-6 \cdot b_2^2 - 12 \cdot b_1^2 + b_2^4 + 3 \cdot b_1^2 \cdot b_2^2) \\
m_1 &:= -36 \cdot b_3 \cdot b_1^6 \cdot (8 \cdot b_3 \cdot Z_0 \cdot b_0 \cdot b_1^2 + 8 \cdot b_3 \cdot Z_0 \cdot b_2^2 \cdot b_0 - 3 \cdot X_0 \cdot b_2^2 \cdot b_1^3) \\
m_2 &:= 36 \cdot Z_0 \cdot b_3 \cdot b_1^6 \cdot b_2^2 \cdot (b_2^2 + 4 \cdot Z_0 \cdot b_3 + 2 \cdot b_1^2 - 4) \\
m_3 &:= -36 \cdot b_2^2 \cdot b_3 \cdot b_1^6 \cdot b_0 \cdot (2 \cdot b_1^2 - 4 \cdot b_3 \cdot b_0 + b_2^2 - 4) \\
m_4 &:= 36 \cdot b_1^8 \cdot b_3 \cdot (-b_1^2 \cdot b_0 + b_1^2 \cdot Z_0 + 4 \cdot b_0 - 4 \cdot Z_0 + b_1^3 \cdot X_0) \\
m_5 &:= 96 \cdot b_3^2 \cdot b_1^6 \cdot (2 \cdot b_3 \cdot Z_0^3 - 3 \cdot Z_0^2 - 2 \cdot b_3 \cdot b_0^3 - 3 \cdot b_0^2) \\
m_6 &:= -82944 \cdot b_3^7 \cdot b_1 \cdot X_0^7 - 20736 \cdot b_3^8 \cdot X_0^6 \cdot Y_0^2 + 3 \cdot b_1^{12} + 576 \cdot b_3^3 \cdot b_1^6 \cdot Z_0 \cdot b_0^2 \\
m_7 &:= 576 \cdot b_3^2 \cdot b_1^6 \cdot Z_0 \cdot b_0 - 576 \cdot b_3^3 \cdot b_1^6 \cdot Z_0^2 \cdot b_0 - 77760 \cdot b_3^5 \cdot b_1^2 \cdot X_0^4 \cdot Y_0 \cdot b_2 \\
m_8 &:= (-51840 \cdot b_3^5 \cdot b_1^3 \cdot X_0^3 \cdot Y_0^2 - 51840 \cdot b_3^4 \cdot b_1^3 \cdot X_0^3 \cdot Y_0 \cdot b_2 - 62208 \cdot b_3^7 \cdot b_1 \cdot X_0^5 \cdot Y_0^2) \\
m_9 &:= -62208 \cdot b_3^6 \cdot b_1 \cdot X_0^5 \cdot Y_0 \cdot b_2 - 20736 \cdot b_3^7 \cdot X_0^6 \cdot Y_0 \cdot b_2
\end{aligned}$$

სადაც:

მიღებული X_1 და Y_1 მნიშვნელობების ჩასმით 4.3.24 განტოლებათა სისტემის ბოლო განტოლებაში ვითვლით საძიებელი წერტილის Z_1 კოორდინატს (იხ. ფიგ.4.113) და ვპოულობთ d_i -ს

$$d_i = \sqrt{(X_i - X_{pi})^2 + (Y_i - Y_{pi})^2 + (Z_i - Z_{pi})^2} \quad (4.3.27)$$

რის შემდეგაც მაპროექსიონირებელი პარაბოლოიდის მიმართ საშუალო კვადრატულ გადახრას ვანგარიშობთ ფორმულით:

$$RMS_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N}} \quad (4.3.28)$$

სადაც :

d_i -მანძილია დასაკვირვებელი წერტილიდან მაპროექსიონირებულ

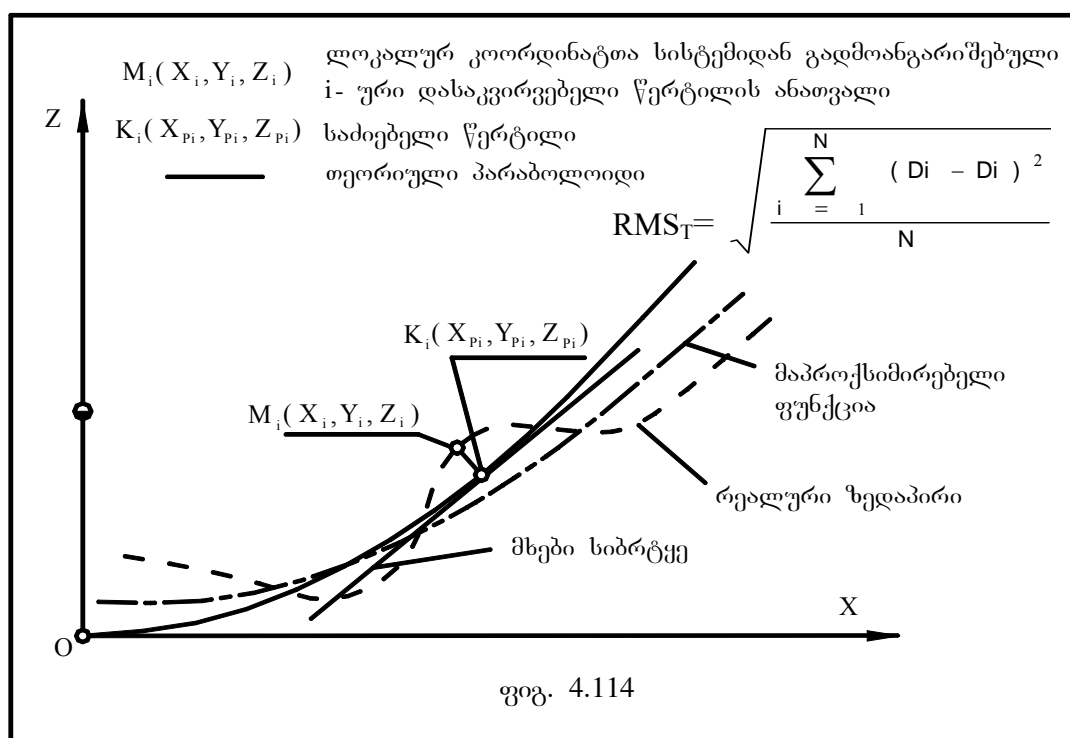
პარაბოლოიდადამდე მასზე დაშვებული ლოკალური ნორმალის გასწვრივ;

N -დასაკვირვებელი წერტილების რაოდენობა.

საინტერესოა მიღებული შედეგის შედარება თეორიული პარაბოლოიდის მიმართ გამოთვლილ RMS_T -თან. ამიგომ აქვე მოგვყავს თეორიულ პარაბოლოიდზე დაშვებული ნორმალის მიღების ფორმულებიც [9].

გლობალურ კოორდინატა სისტემაში თეორიულ პარაბოლოიდზე დაშვებული ლოკალური ნორმალის განტოლებას აქვს სახე:

$$\frac{2 \cdot F \cdot (X_i - X_{pi})}{X_{pi}} = \frac{2 \cdot F \cdot (Y_i - Y_{pi})}{Y_{pi}} = \frac{Z_i - Z_{pi}}{-1} \tag{4.3.29}$$



$$\begin{cases} \frac{2 \cdot F \cdot (X_i - X_{pi})}{X_{pi}} = \frac{2 \cdot F \cdot (Y_i - Y_{pi})}{Y_{pi}} \\ \frac{2 \cdot F \cdot (X_i - X_{pi})}{X_{pi}} = \frac{Z_i - Z_{pi}}{-1} \\ Z_{pi} = \frac{(X_{pi})^2 + (Y_{pi})^2}{4 \cdot F} \end{cases} \tag{4.3.30}$$

მოცემული სისტემის მეორე განტოლებაში მესამედან Z_{pi} მნიშვნელობის ჩასმით და მიღებული კვადრატული განტოლების ამოხსნით Y_{pi} -ის მამართ მივიღებთ ჩვენთვის საჭირო საბიებელი წერტილის ორდინატის ორივე ფესვს:

$$Y_{pi} = \pm \frac{\sqrt{8 \cdot F^2 \cdot X_i \cdot X_{pi} - 8 \cdot F^2 \cdot (X_{pi})^2 + 4 \cdot Z_i \cdot F \cdot (X_{pi})^2 - (X_{pi})^4}}{X_{pi}} \tag{4.3.31}$$

მიღებული მნიშვნელობის ჩასმით სისტემის პირველ განტოლებაში გვაქვს:

$$\frac{2 \cdot F \cdot (X_i - X_{pi})}{X_{pi}} = \frac{2 \cdot F \cdot \left[Y_i - \frac{\sqrt{8 \cdot F^2 \cdot X_i \cdot X_{pi} - 8 \cdot F^2 \cdot (X_{pi})^2 + 4 \cdot Z_i \cdot F \cdot (X_{pi})^2 - (X_{pi})^4}}{X_{pi}} \right]}{\sqrt{8 \cdot F^2 \cdot X_i \cdot X_{pi} - 8 \cdot F^2 \cdot (X_{pi})^2 + 4 \cdot Z_i \cdot F \cdot (X_{pi})^2 - (X_{pi})^4}}$$

რომლის ამოხსნითაც X_{pi} -ის მიმართ ვლგებულობთ კუბურ განტოლებას ჩვენთვის საჭირო ღაღებითი ფესვით:

$$X_{pi} = \frac{1}{3} \cdot X_i \cdot \sqrt[3]{2} \cdot \sqrt[3]{3} \cdot \frac{\sqrt[3]{2} \cdot \sqrt{\left[F \cdot (9 \cdot F + A) \cdot (X_i^2 + Y_i^2)^2 \right]^2} + 2 \cdot \sqrt[3]{3} \cdot F \cdot (X_i^2 + Y_i^2) \cdot (Z_i - 2 \cdot F)}{(X_i^2 + Y_i^2) \cdot \sqrt[3]{F \cdot (9 \cdot F + A) \cdot (X_i^2 + Y_i^2)^2}} \quad (4.3.32)$$

საღაც

$$A = \sqrt[3]{3} \cdot \sqrt{F \cdot \frac{(32 \cdot F^3 - 48 \cdot Z_i \cdot F^2 + 24 \cdot F \cdot Z_i^2 - 4 \cdot Z_i^3 + 27 \cdot F \cdot X_i^2 + 27 \cdot Y_i^2 \cdot F)}{(X_i^2 + Y_i^2)}}$$

საბოლოოდ მიღებული X_{pi} და Y_{pi} მნიშვნელობების ჩასმით 4.3.30 განტოლებათა სისტემის ბოლო განტოლებაში ვითვლით საძიებელი წერტილის Z_{pi} კოორდინატს და ვპოულობთ ლოკალური ნორმალის Δ_i -ის სიგრძეს

$$D_i = \sqrt{(X_i - X_{pi})^2 + (Y_i - Y_{pi})^2 + (Z_i - Z_{pi})^2} \quad (4.3.33)$$

და ვანგარიშობთ საშუალო კვადრატულ გაღახრას თეორიული პარაბოლოიდის მიმართ შესაბამისი ფორმულით (იხ. ფიგ. 4.114):

$$RMS_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}{N}} \quad (4.3.34)$$

საღაც :

Δ_i -მანძილია დასაკვირვებელი წერტილიდან თეორიულ პარაბოლოიდადმე მასზე ღაღებუი ლოკალური ნორმალის გასწვრივ;

Δ_i - თეორიული ზეღაპირიდან გაღახრის საშუალო არითმეტიკული;

N -დასაკვირვებელი წერტილების რაოღენობა.

საბოლოოდ შეგვიძლია ჩამოვაყალიბოთ რეალური ზედაპირისათვის ფოკუსის ახალი პარამეტრების განსაზღვრისა და მაპროქსიმირებელი და თეორიული პარაბოლოიდების მიმართ მისი RMS-ების გაანგარიშების შემდეგი მეთოდიკა:

1. რეალური ოფსეტური ზედაპირის დასაკვირვებელი წერტილების ანათვლების აღება ლოკალურ კოორდინატთა სისტემაში;
2. ანათვლების გადაანგარიშება გლობალურ კოორდინატთა სისტემაში;
3. მიღებული წერტილების ბაზაზე უმცირესი კვადრატების მეთოდით მაპროქსიმირებელი პარაბოლოიდური ფუნქციის აგება და მისი ყველა პარამეტრის დადგენა (გლობალურ კოორდინატთა სისტემაში) (იხ. ფიგ. 4.113);
4. მაპროქსიმირებელი პარაბოლოიდური ფუნქციის ახალი ფოკუსის კოორდინატების გადაანგარიშება ლოკალურ კოორდინატთა სისტემაში;
5. დასაკვირვებელი წერტილებიდან მაპროქსიმირებელ და თეორიულ პარაბოლოიდებზე ლოკალური ნორმალების დაშვება (გლობალურ კოორდინატთა სისტემაში) (იხ. ფიგ. 4.113, 4.114);
6. მართობების სიგრძის დადგენა და შესაბამისი ფორმულებით საშუალო კვადრატული გადახრების გამოთვლა;

4.3.4. ოფსეტური რეფის ამლექტორრეკლი ბადის საშუალო კვადრატული გადახრის მედა ბლერის თეორიული შეფასება განსხვავებული ზომის უჯრედებიანი ბიჯებისათვის და ანგენის მედაპირზე წერტილების დანიშვნა სიზუსტის შემდგომი შეფასებისათვის

პრაქტიკული თვალსაზრისით ოფსეტური კოსმოსური რეფლექტორების ამრეკლი ბადის საშუალო კვადრატული გადახრის გამოთვლა, დედამიწის პირობებში დაპროექტებულ საიმიტაციო სტენდებზე, სათანადო მეთოდის მოძიებასა და შემუშავებას მოითხოვს. მითუმეტეს, რომ დიდგაბარიტიან კოსმოსურ კონსტრუქციებს ამრეკლი მედაპირის სიზუსტისადმი მაღალი მოთხოვნა წაყენებათ, რომლის მიხედვითაც საშუალო კვადრატული გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს გალდის მინიმალური სიგრძის 1/16-1/24-ს [6].

დიდი დიამეტრის გასაშლელი ანგენების ამრეკლი მედაპირის მახასიათებლების გამოთვლა განსაკუთრებული თავისებურებებით ხასიათდება. ჩვენს შემთხვევაში ბადის მედაპირზე შერჩეული ექსპერიმენტული წერტილების რიცხვითი მნიშვნელობები სრულად არ პასუხობს ამოცანას, რადგან გეომეტრიული მოდელირებით ”ბალიშის ეფექტის” გარდა რეალურად გასათვალისწინებელია გექნოლოგიური, აწყობის დროს დაშვებული და გემპერატურული შეცდომებიც. გამომდინარე აქედან საბოლოო შედეგის მისაღებად საჭიროა ყველა აღნიშნული შეცდომების გათვალისწინებით სიზუსტეების შეფასება და შეჯამება.

საწყის ეტაპზე შემოვიფარგლოთ ამრეკლი მედაპირის სამგანზომილებიანი გეომეტრიული მოდელირებით, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ბადის ”ბალიშის ეფექტის” გათვალისწინება. მოდელის აგება და ანათვლების აღება განხორციელდა სასრულ ელემენტთა მეთოდზე დაფუძნებული მაღალი სიზუსტის კომპიუტერული პროგრამით MSC/NASTRAN-V6.0-ით.

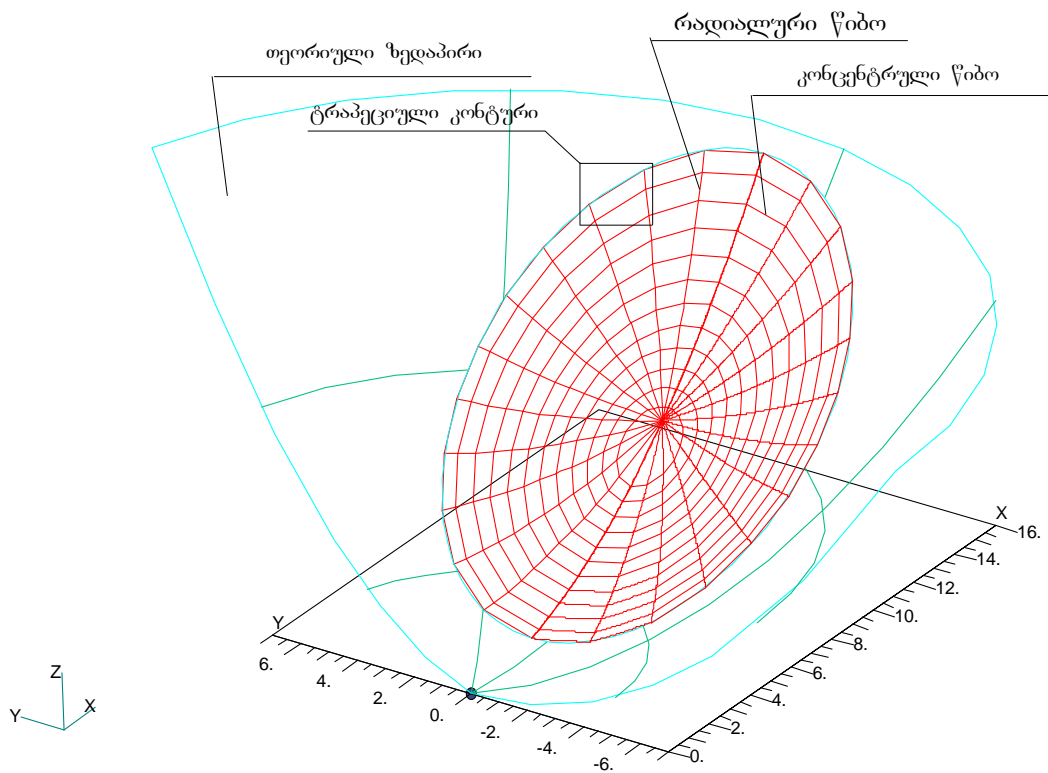
ბადის მედაპირის გეომეტრიული მოდელირების შემდგომ, არანაკლებ მნიშვნელოვანია მასზე დასაკვირვებელი წერტილების შერჩევის მეთოდის შემუშავება, რომლის მიხედვითაც უკვე რეალურ პირობებში გექნიკური საშუალებების გამოყენებით ხორციელდება ანათვლების აღება.

წერტილების შერჩევა იმდენად არის მნიშვნელოვანი, რამდენადაც მათი განსხვავებული განლაგების შემთხვევაში, თუნდაც ერთნაირი რაოდენობისა, საშუალო კვადრატული გადახრების მნიშვნელობები შესაბამისად განსხვავებულია.

გამომდინარე ზემოთქმულიდან საჭიროა ექსპერიმენტული წერტილების შერჩევის ერთიანი სტანდარტის შემუშავება, რის შემდეგაც ზედაპირების სიზუსტის შეფასებას და შედეგების ერთმანეთთან შედარებას ლოგიკური და პრაქტიკული გამართლება ეძლევა.

ჩვენს მიერ დასახული ამოცანის განსახორციელებლად შეგვიძლია გამოვეყნოთ ორი ძირითადი მხარე: თხუთმეტეგრიანი ოფსეტური ზედაპირის სამგანზომილებიანი გეომეტრიული მოდელირება და საკონტროლო წერტილების შერჩევის ერთიანი სტანდარტის შემუშავება.

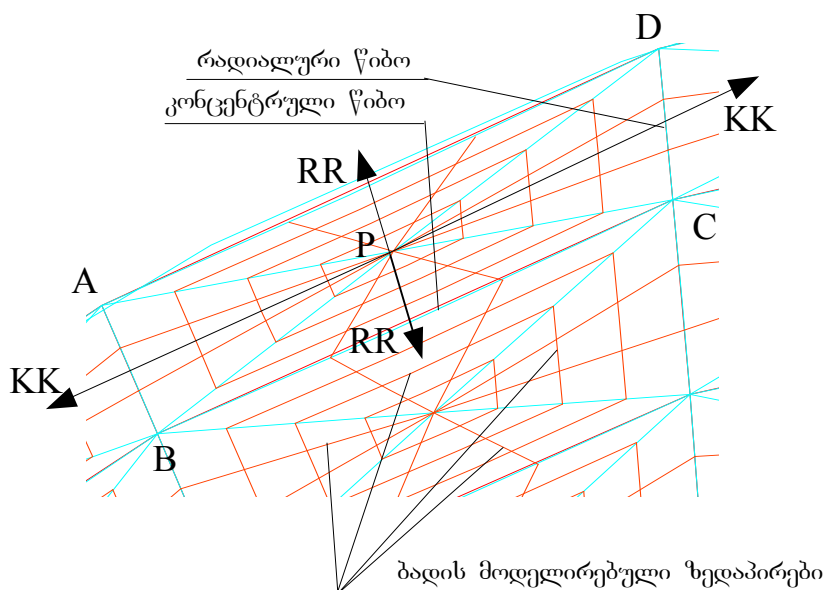
დავიწყოთ ზედაპირის გეომეტრიული მოდელირებით. თავად კონსტრუქცია რაზედაც ბაღე მაგრდება შედგება თეორიულ ზედაპირზე რადიალურად და კონცენტრულად განლაგებული წიბოებისაგან (იხ. ფიგ. 4.115).



ფიგ. 4.115

ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ ბადის გადაჭიმვა წარმოებს მეზობელ რადიალურ წიბოებს შორის არსებულ ტრაპეციულ კონტურებზე. ”ბალიშის ეფექტის” გათვალისწინებით

ბადის მოდელირების ნათლად წარმოსაჩვენად განვიხილოთ ერთ-ერთი გრაპეციული კონგური (იხ. ფიგ. 4.116).



ფიგ. 4.116

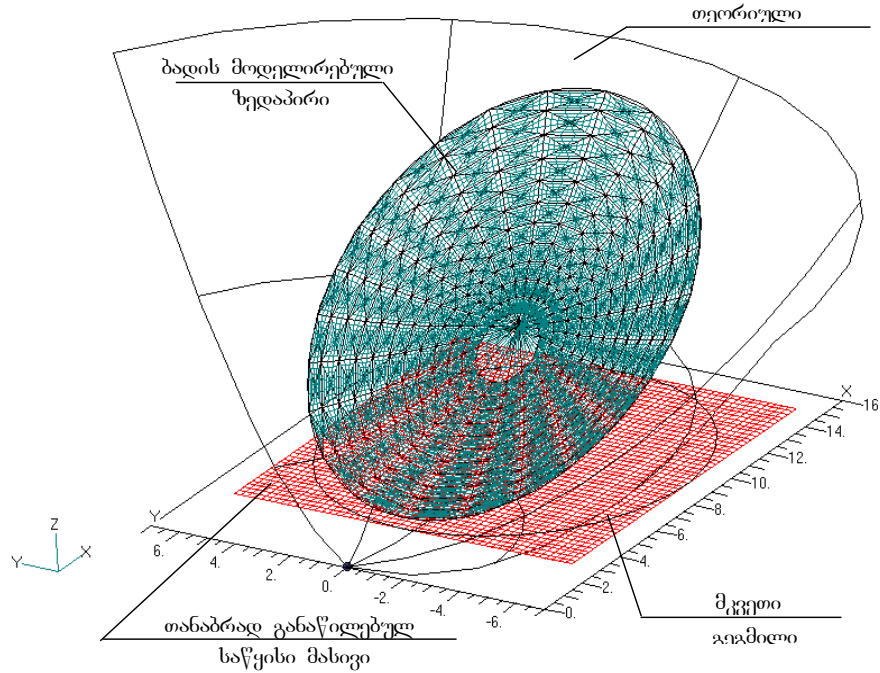
რეალურად ყოველ გრაპეციულ კონგურზე ბაღე იჭიმება ორი ურთიერთ პერპენდიკულარული RR და KK მიმართულებებით. სწორედ აღნიშნული მიმართულებებით დამჭიმავ ძალებს შორის თანაფარდობა განსაზღვრავს ABCD ფართობზე ბადის ”ბალიშის” ეფექტის სიდიდეს. გეომეტრიული მოდელირებით კი შესაძლებელია თვითთველ გრაპეციულ ბეღაპირზე განისაზღვროს P წერტილი, რომლის შემოთავ ბაღე არ ამოიწვევა დამჭიმავ ძალთა ნებისმიერი მიმართულებებისა და თანაფარდობის შემთხვევაშიც კი. (იხ. ფიგ. 4.116).

თვითთველი გრაპეციული კონგურის შემადგენელი A, B, C და D წერტილები განსხვავებულ დონეებზე იმყოფება, ამიტომ AB და CD დიაგონალები რა თქმა უნდა აცდენილი წირებია. აღნიშნულ დიაგონალებს შორის უმოკლესი მანძილი მცირე მონაკვეთია (ნახაზზე ნაჩვენები არ არის), რომლის ერთ-ერთი ბოლოც ჩვენი საძიებელი P წერტილია. P წერტილი აღნიშნული მონაკვეთის ბოლოა ბადის ”ამობერვის” ანუ Z ღერძის დაღებითი მიმართულებით.

ყოველ გრაპეციულ კონგურზე ბადის ბეღაპირის გეომეტრიული მოდელი შედგენილია ოთხი მცირე ბეღაპირისაგან, რომლებიც მიიღება P წერტილის შეერთებით A, B, C და D წერტილებთან. მიღებული მცირე ბეღაპირების შემომსაზღვრელი სამი წირიდან ორი P წერტილში თავმოყრილი მონაკვეთებია, ხოლო მესამე თეორიულ ბეღაპირზე მღებარე რკალები. ABP და DPC ბეღაპირების შემომსაზღვრელი რკალები წარმოადგენენ რადიალური

წიბოების მცირე ნაწილებს, ხოლო APD და CPB ბელაპირების შემომსაზღვრელი რკალები თავად კონცენტრული ფურცლების წიბოებია.

ბემოთ წარმოდგენილი ხერხით მოდელირებულ იქნა ოფსეტური რეფლექტორის მთელი ბელაპირი (იხ. ფიგ. 4.117).



ფიგ. 4.117

ბადის ბელაპირის მოდელირების შემდგომ საჭიროა მასზე დასაკვირვებელი წერტილების შერჩევის ერთიანი სტანდარტის შემუშავება, რაც ხორციელდება შემდეგნაირად:

გლობალური კოორდინატთა სისტემის XOY სიბრტყეზე მდებარე მკვეთი ცილინდრის გეგმილზე შემოვხაზოთ კვადრატი. ჩვენს შემთხვევაში მისი გვერდი 12 მეტრია. დაფიქსირებული ფართობი მოცემული ცილინდრის სიგრძის შესაბამის მცირე თანაბარ ბიჯებად, როგორც X, ასევე Y მიმართულებებით. შედეგად XOY სიბრტყეზე მივიღებთ თანაბრად განაწილებულ წერტილთა საწყის მასივს (იხ. ფიგ. 4.117).

თანაბრად განაწილებული საწყისი მასივის ბიჯი X და Y მიმართულებებით თანაბარია და როგორც ბემოთ აღვნიშნეთ შეირჩევა იმ ცილინდრის სიგრძის მიხედვით, რომელზედაც ოფსეტურმა რეფლექტორმა უნდა იმუშაოს. ცილინდრის სიგრძე კი თავის მხრივ პირდაპირ კავშირშია სიხშირესთან და მათ შორის დამოკიდებულება განისაზღვრება ცნობილი ფორმულით:

$$C = f \cdot \lambda \tag{4.3.35}$$

სადაც, C - ელექტრომაგნიტური ტალღის გავრცელების

სიჩქარეა;

f - ელექტრომაგნიტური ტალღის სიხშირეა;

λ - ელექტრომაგნიტური ტალღის სიგრძეა.

აქვე ცხრილის სახით მოგვყავს ელექტრომაგნიტური ტალღების კლასიფიცირება სიხშირეების დიაპაზონის მიხედვით.

ცხრილი №4.3.2

დიაპაზონის ნომერი	სიხშირეთა დიაპაზონი	სიხშირეთა დასახელება	ტალღების დიაპაზონი	ტალღების დასახელება
4	3...30 კჰც	ძალიან მაღალი	100...10 კმ	მირიამეტრული
5	30...300 კჰც	მაღალი	10...1 კმ	კილომეტრული
6	300...3000 კჰც	საშუალო	1000...100 მ	ჰექტომეტრული
7	3...30 მჰც	მაღალი	100...10 მ	დეკამეტრული
8	30...300 მჰც	ძალიან მაღალი	10...1 მ	მეტრული
9	300...3000 მჰც	ულტრამაღალი	100...10 სმ	დეციმეტრული
10	3...30 გჰც	ზემაღალი	10...1 სმ	სანტიმეტრული
11	30...300 გჰც	უკიდურესად მაღალი	10...1 მმ	მილიმეტრული
12	300...3000 გჰც	ჰიპერმაღალი	1...0,1 მმ	დეციმილიმეტრული

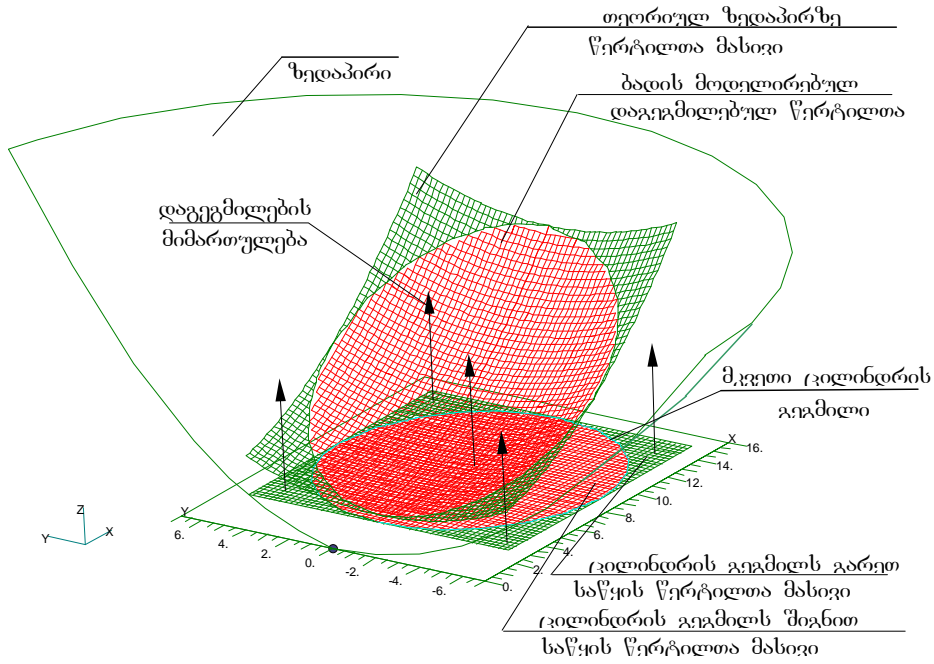
ელექტრომაგნიტური ტალღების სპექტრი, როგორც ცხრილიდან ჩანს, საკმაოდ ფართეა. ყოველ მათგანს მიუხედავად სიხშირისა გააჩნია ერთი და იგივე გავრცელების სიჩქარე, რომელიც დაახლოებით 300 000 კმ/წმ-ის ტოლია (სინათლის სიჩქარე).

ჩვენს მიერ მოღველირებული ბადის ზედაპირისათვის შევირჩიეთ მე-10 დიაპაზონი, ანუ ზემაღალი სიხშირის სანტიმეტრული ტალღები სიხშირის დიაპაზონით 4 გჰც, რის შემდეგაც (4.3.35) ფორმულით შეგვიძლია დავადგინოთ ტალღის სიგრძე [45].

შესაბამისი მნიშვნელობების ჩასმით ვღებულობთ ტალღის სიგრძის რიცხვით მნიშვნელობას, $\lambda=3 \cdot 10^{10}/4 \cdot 10^9=7,5\text{sm}$.

ჩვენს შემთხვევაში საწყის წერტილთა მასივის ბიჯი ორივე მიმართულებით 2λ-ს ანუ 15სმ-ის ტოლია. შესაბამისად საწყისი კვადრატული მასივის 12x12მ წერტილთა რაოდენობა იქნება $80 \times 80 = 6400$.

საწყის წერტილთა მასივის შერჩევის შემდგომ, საჭიროა მისი დაგეგმილება Z ღერძის დაღებითი მიმართულებით მოღველირებული ბადის ზედაპირზე. (იხ. ფიგ. 4.118).



ფიგ. 4.118

დაგეგმილებისას, საწყის წერტილთა მასივის ის ნაწილი, რომელიც თეორიული ზედაპირის მკვეთი ცილინდრის გეგმის გარეთაა, პროექცირდება თავად თეორიულ ზედაპირზე. შიგნით მდებარე წერტილები კი ბადის მოდელირებულ ზედაპირზე.

ბუნებრივია, ზედაპირის სიზუსტის შესაფასებლად მხოლოდ ბადის მოდელზე მიღებული წერტილების კოორდინატების დადგენაა საჭირო, რაც MSC/NASTRAN-V6.0-ში გექსტური ფაილის ჩაწერით საკმაოდ სწრაფად ხორციელდება.

საბოლოოდ მიღებული წერტილების კოორდინატების გექსტური ფაილის პროგრამული დამუშავებით დგინდება ზედაპირის საშუალო კვადრატული გადახრა ((იხ. დანართი 3, 4).

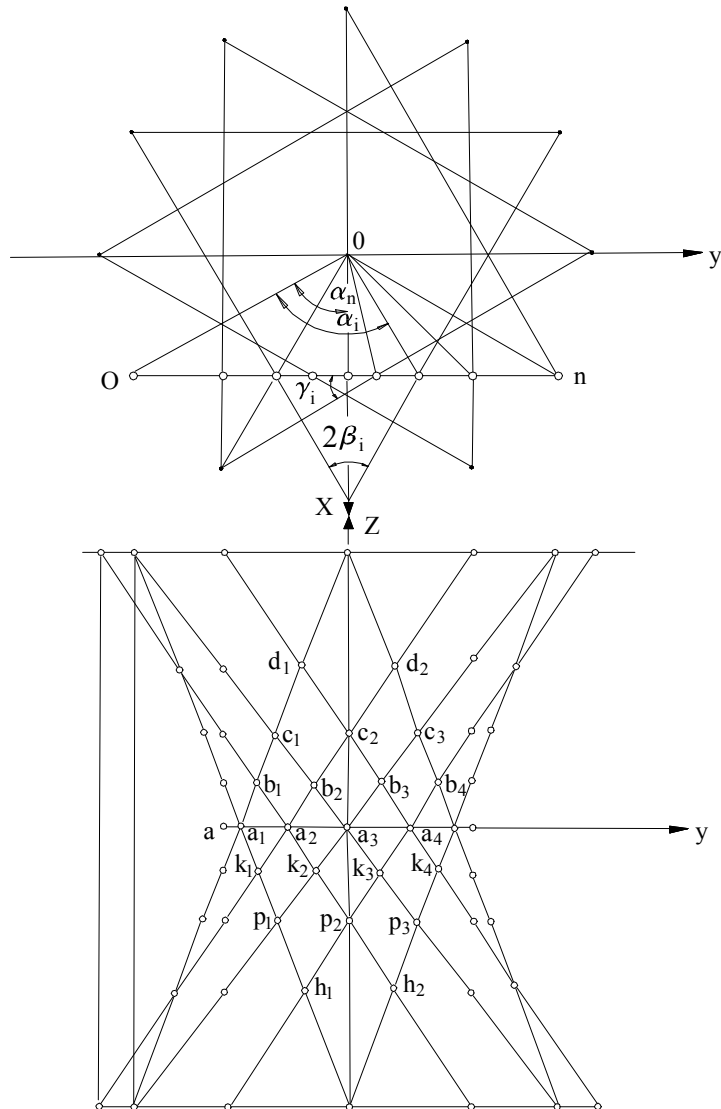
რეალური გამოძვების ჩატარებისას, საკონტროლო წერტილების შერჩევის წარმოდგენილი მეთოდიკა, ერთიანი სტანდარტით შედეგების ერთმანეთთან შედარების საშუალებას იძლევა, რაც ზედაპირების სიზუსტის შეფასებისას ძალზედ მნიშვნელოვანია.

4.4. კოსმოსური ბაზირების სივრცითი ტრანსფორმირებადი სისტემების გეომეტრია, სტრუქტურული და კინემატიკური ანალიზი

4.4.1. ჰიპერბოლური ზედაპირის ამსახველი ტრანსფორმირებადი სისტემის სტრუქტურა და კინემატიკური ანალიზი.

4.4.1.1. ღეროვანი სისტემის სტრუქტურა

წარმოდგენილ ბერკეტულ სისტემაში (ფიგ. 4.119) წარმოსახვითი ცილინდრი გადაკვეთილია თავისი ღერძის მიმართ თანაბარი კუთხით დახრილი ფუძის მართობული სიბრტყეებით, რომლებშიც მდებარეობს ორი ურთიერთჯვარედინად განლაგებული ღეროები. მათი წვეროები გადის ცილინდრის ფუძისა და სიბრტყეების გადაკვეთის წერტილებში.



ფიგ. 4.119 ბერკეტული სისტემის სტრუქტურული სქემა.

ღეროების სიმრავლე ჰქმნის ერთსიღრიან ჰიპერბოლოიდურ ზედაპირს, რომელიც შედგება ელემენტარულ სივრცით სიმეტრიულად განლაგებული ოთხკუთხედებისაგან.

ცალკეულ ვერტიკალურ კვეთში მდებარე ბერკეტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ცენტრალური ბრუნვითი სახსრებით a_1, a_2, a_3, \dots , რომელთა ბრუნვის ღერძი გადის წარმოსახვითი ცილინდრის ღერძის მართობულად ჰორიზონტალურ სიბრტყეში. ვერტიკალური კვეთები ერთმანეთთან განლაგებულია $\alpha_1 = 2\pi/m$ კუთხით, სადაც m - ვერტიკალური კვეთების (ანუ საერთო სექციების რაოდენობაა).

ცენტრალურ სახსრებთან მიმდებარე უახლოესი სახსრები b_1, b_2, b_3, \dots , იქმნება ორ მეზობელ ვერტიკალურ სიბრტყეში მდებარე $a_1 b_1$ და $a_2 b_1$, $a_2 b_2$ და $a_3 b_2$ და ა. შ. ხაზების გადაკვეთის შედეგად, ხოლო შემდგომი სახსრები c_1, c_2, c_3, \dots , იქმნება $a_1 c_1$ და $a_3 c_1$, $a_2 c_2$ და $a_4 c_2$ ხაზების გადაკვეთით. ეს სახსრები განლაგებულია ცენტრალური სახსრიდან მეზობელ სიბრტყეში; ასევე d_1, d_2, \dots მიიღება $a_1 d_1$ და $a_4 d_1$, $a_2 d_2$ და $a_5 d_2$ ხაზების გადაკვეთით. ეს სახსრები განლაგებულია ცენტრალური სახსრიდან მესამე სიბრტყეში და ა.შ.

ამრიგად, ცენტრალური სახსრების გარდა ყველა სახსარი არის სივრცითი, რომლებიც შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ორი ბრუნვითი სახსარი ამ წერტილებში გამავალი ღეროების მახასიათებელი სიბრტყეების მართობული ღერძების მიმართ.

ამ ღერძებს შორის კუთხე იზრდება სივრცითი სახსრების ცენტრალური სახსრებიდან დაშორებასთან ერთად. ცენტრალურ სახსრებში გამავალი ბერკეტები ქმნიან განაპირა შეუღლებულ სახსრებს ისე, როგორც მიღებული იყო გასაშლელი რეფლექტორის მექანიზმში [98].

როგორც ჩანს, მიღებული სივრცითი ცენტრალური ოთხკუთხედების ორი გვერდი მდებარეობს ერთ ვერტიკალურ სიბრტყეში, ორიც მეორე ვერტიკალურ სიბრტყეში, კერძოდ: $a_2 b_2 a_3 k_2$ ოთხკუთხედის $a_2 b_2$ და $a_2 k_2$ გვერდები

მდებარეობს ერთ სიბრტყეში, ხოლო a_3b_2 და a_3k_2 - მეორე სიბრტყეში. ასევე ერთ სიბრტყეშია: $a_1c_1, a_1d_1, a_1p_1, a_1h_1$ გვერდები. ე.ი. ყველა დანარჩენი არაცენტრალური ოთხკუთხედი “გადატეხილია” როგორც ვერტიკალური, ასევე ჰორიზონტალურად განლაგებული სახსრების მიმართ. ყველა ცენტრალური ოთხკუთხედი არის ტოლი გვერდებისაგან შემდგარი, ხოლო არაცენტრალურ ოთხკუთხედებში მხოლოდ ვერტიკალურად განლაგებული სახსრების მიმდებარე გვერდებია ერთმანეთის ტოლი.

ამრიგად, ცენტრალური სახსრები მასში გამავალი ღეროები თავისი პერიფერიული და განაპირა სახსრებით ქმნიან სივრცით ბერკეტულ კინემატიკურ ჯაჭვს, რომლის ტრანსფორმირების კანონზომიერება შესაძლებელია დადგინდეს მოცემული საწყისი პარამეტრების მიხედვით განხილული სისტემის, როგორც მექანიზმის კინემატიკური ანალიზის საფუძველზე. მისი სტრუქტურული თავისუფლების ხარისხი, გამომდინარე მექანიზმის რგოლების ფარდობითი მოძრაობებიდან განპირობებული გეომეტრიული კავშირებით, ერთის ტოლია. რეალური ფაქტორების გათვალისწინებით სისტემა დებულობს დამატებით პარამეტრულ თავისუფლების ხარისხებს, რაც დამოკიდებულია რგოლების დეფორმირების ხასიათზე კონსტრუქციული პარამეტრებისა და ადგენების რეჟიმის კანონზომიერების შესაბამისად.

მექანიზმის მოთხოვნილი სიზუსტის მიხედვით განხილულ სისტემაში ბერკეტებს შორის კინემატიკური კავშირი შესაძლებელია საკმარისი აღმოჩნდეს მხოლოდ ცენტრალურ და განაპირა და მასთან მიმდებარე სახსრებით და საჭირო არ გახდეს დანარჩენი პერიფერიული სახსრების რეალიზება, რაც მეტად გაამარტივებს განხილული სისტემის კონსტრუირებას რეალური ფაქტორების გათვალისწინებით.

განხილული ბერკეტული სისტემა შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც წარმოსახვითი საბაზისო თვითდაყენებადი მექანიზმი, რომელიც შედგება m/n თანმიმდევრულად შეერთებული ჩაკეტილი სექციებისაგან, რომელსაც უკავშირდება $t = \pi d_0 / m$ ბიჯით (d_0 -მექანიზმის მინიმალური დიამეტრი) იგივე სტრუქტურის m რაოდენობის კინემატიკური ჯაჭვი, რაც იძლევა m რიგის სტატიკურად ურკვევ სისტემას. ამ სისტემისათვის შინაგანი და გარეგანი დატვირთვების დასადგენად საჭირო ხდება დამატებით დეფორმაციათა განტოლებების შედგენა, რომელთა

რაოდენობა უნდა იყოს ზედმეტ ბმათა რაოდენობის ტოლი. რიცხობრივად მათი გამოთვლა ხდება ნომინალური გეომეტრიული ზომებიდან გადახრების სიდიდეების მიხედვით.

წარმოდგენილი მექანიკური სისტემის ძალური ანლიზისადმი ასეთი მიდგომა გამოწვეულია იმ აუცილებლობით, რომ შეიქმნას ფარდობითად ხისტი მზიდი კონსტრუქციის მქონე მექანიზმი, რომელიც დააკმაყოფილებს მოთხოვნილ დინამიკურ მახასიათებლებს სისტემის ექსტრემალურ პირობებში ექსპლუატაციის დროს სისტემის ტრანსფორმირების საწყის და საბოლოო ეტაპებზე.

4.4.1.2. ტრანსფორმირებადი სისტემის გეომეტრიული მახასიათებლის განსაზღვრა.

წარმოდგენილი ერთღრუიანი ჰიპერბოლოიდი მიღებულია დახრილი სწორი ხაზების Z ღერძის მიმართ ბრუნვის შედეგად. მიღებული ზედაპირი აღიწერება განტოლებით:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad (4.36)$$

სადაც a ჰიპერბოლის ყელის წრეხაზის რადიუსია, $2c$ -წარმოსახვითი ცილინდრის სიმაღლე, ხოლო b - კოორდინატა, რომელიც განსაზღვრავს შუალედებში მყოფი ბერკეტების გადაკვეთის წერტილებს.

თუ ავიღებთ საბაზისო სიბრტყეს, რომლისთვისაც $x = a$, (1.1) განტოლება დებულობს სახეს:

$$\frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0. \quad (4.37)$$

იგი ასახავს OZ ღერძის $x = a$ წერტილში გამავალი ბერკეტების ბრუნვას OZ ღერძის გარშემო.

ბერკეტებზე მდებარე წერტილების (ფიგ. 4.120) კოორდინატები $A_i(a, Y_{Ai}, Z_{Ai})$:

$$Y_{Ai} = a \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_n}{2n} i\right), \quad i = 1 - n$$

$$Z_{Ai} = Y_{Ai} \cdot \operatorname{tg}\gamma; \quad \operatorname{tg}\gamma = \frac{2c}{2A_0A_n} = \operatorname{const.} \text{ (ფიქსირებული მდებარეობისთვის)}$$

შეუღლებული, მეზობელ ბერკეტთან განაპირა გადაკვეთის წერტილისათვის:

$$Y_{An} = Y_{\max} = a \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_n}{2} = b; \quad Z_{\max} = C = Y_{\max} \cdot \operatorname{tg}\gamma, \quad \text{როცა კმაყოფილდება} \quad (4.37)$$

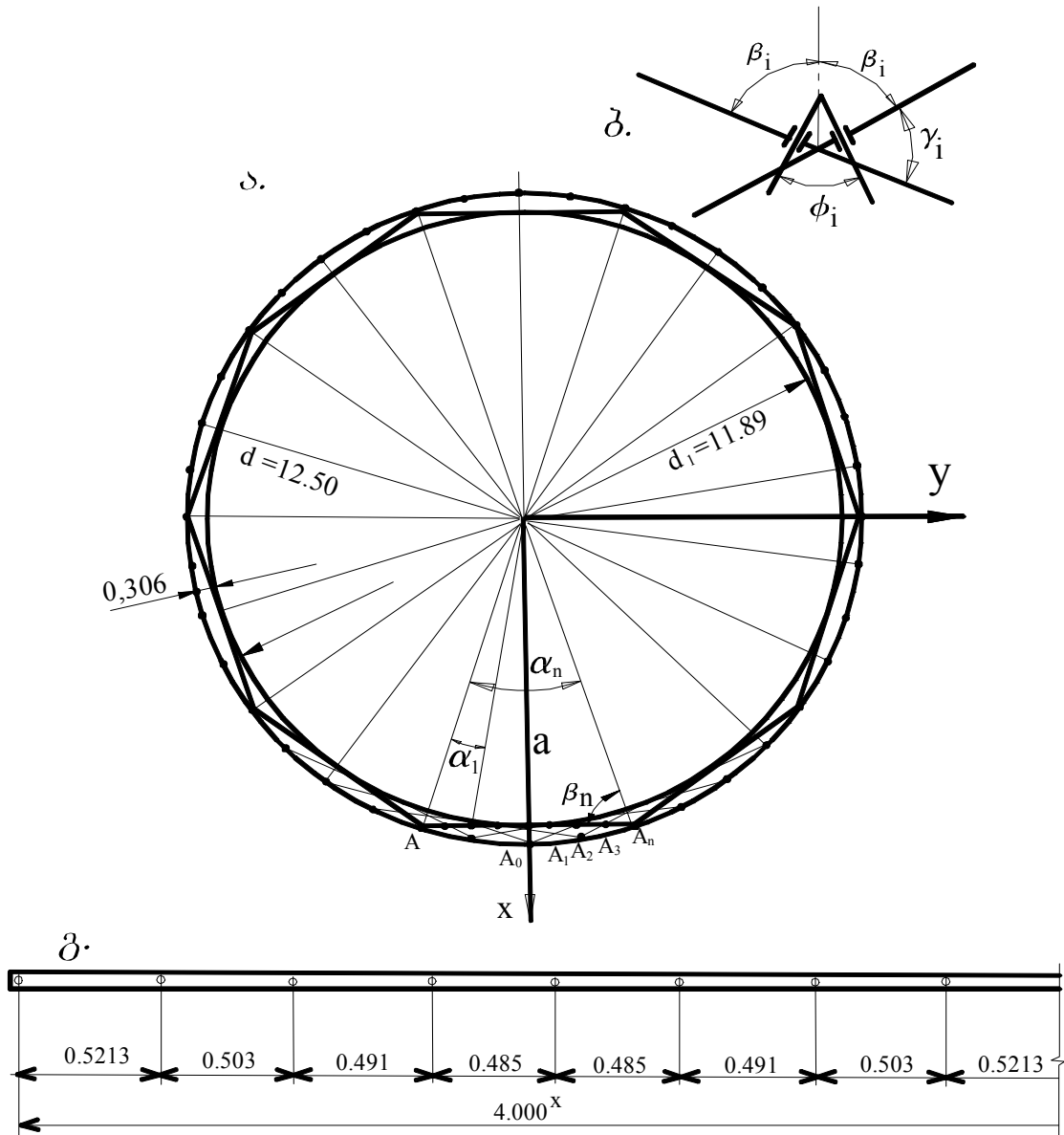
განტოლება.

სახსრებს შორის მანძილები:

$$l_i = \sqrt{Y_i^2 + Z_i^2}$$

ბერკეტების სახსრებს შორის კუთხეები:

$$\beta_i = \pi/2 - \alpha_i/2$$



ფიგ. 4.120 ტრანსფორმირებადი ბერკეტული სისტემა. ა-სისტემა გაშლილ მდგომარეობაში; ბ-არაცენტრალური სახსრების კინემატიკური სქემა; გ-ბერკეტებზე სახსრების ცენტრებს შორის წარმოსახვითი მანძილები, როდესაც $m=40; n=4; L=4\text{მ}; d=12,5\text{მ}$.

განშლის შიგა დიამეტრი:

$$d_1 = 2a = d \cos(\alpha_n / 2)$$

სხვაობა: $\Delta_r = (d - d_1) / 2 = d(1 - \cos(\frac{\alpha_n}{2}))$

გაშლის სიმაღლე: $H = 2C = Z_{\max} = \sqrt{L_0^2 - \overline{AA_n}^2}$

ტრანსფორმირების ბოლო ეტაპისათვის სახსრებს შორის წარმოსახვითი მანძილი $\delta = \pi d / m$; საწყისი მდგომარეობისათვის $\delta = Ad_0 / m$.

სახსრების კოორდინატები:

$$X_A = a; \quad Y_i = \overline{A_0 A_i} = a \cdot \operatorname{tg}(\alpha_i / 2), \quad i = 1 \div n$$

ბერკეტების დახრის კუთხე წარმოსახვითი ცილინდრის ფუძესთან საწყის მდგომარეობაში: $\operatorname{tg} \varphi = H / \overline{AA_n}$,

აპლიკატა: $Z_i = \overline{A_0 A_i} \operatorname{tg} \gamma$

როგორც აღვნიშნეთ წარმოდგენილ სისტემაში ცენტრალური სახსრების გარდა ყველა სახსარი ერთი და იგივე ტიპისაა, რომლის კინემატიკური სქემა ნაჩვენებია ფიგ. 4.120 ბ-ზე. იმისათვის, რომ დავადგინოთ სისტემის განშლადობის ხარისხი, საჭიროა გავითვალისწინოთ ამ კინემატიკური სქემის ელემენტების გეომეტრიული ზომები, რომლებიც თავისთავად ზღუდავს კინემატიკური შეერთების მობრუნების თეორიულ კუთხეებს. თუ ბერკეტების მობრუნების კუთხე თავისავე სიბრტყეში φ_0 დადგენილია სისტემის ცნობილი ძირითადი გეომეტრიული პარამეტრებიდან გამომდინარე, შესაძლებელია გამოვთვალოთ კინემატიკური შეერთებების გეომეტრიული ზომებიც. კინემატიკური შეერთების კონსტრუქციულ კვანძში (ფიგ. 4.121) α_i -

ბერკეტების სიბრტყეებს შორის კუთხეა, d-ბერკეტების განივკვეთის ზომა, Δ - დაშორება სახსრის წარმოსახვითი ცენტრიდან შეერთებაში მყოფი ბერკეტების სიბრტყეებამდე, A- ბერკეტების კონტაქტის წერტილია, l_0 -დაშორება A

ბერკეტების L სიგრძეების და H-სისტემის განშლის სიმაღლის მიხედვით დავადგენთ ρ_{\min} კუთხეს; განვსაზღვრავთ ცალკეული სახსრისათვის მახასიათებელ ცენტრალურ α_i კუთხეებს. თუ ბერკეტების განივი ზომა d მოცემული იქნება, ზემოთ მიღებული გამოსახულებებით დავადგენთ შეუღლებაში მყოფი მეზობელ ბერკეტებს შორის პირობით საწყის “ღრეჩოს” Δ_i -ს. სისტემის ტრანსფორმირების დამთავრების მომენტისათვის ბერკეტები ერთმანეთს ეხება, ხოლო შემდგომი მოძრაობები იწვევს ბერკეტების როგორც მთლიანი სისტემის დრეკად დეფორმაციებს.

ვიანგარიშით ბერკეტული სისტემის გეომეტრიული მახასიათებლები, როდესაც სექციების რაოდენობა $m=40$; შუალედური სექციების რაოდენობა $n=4$; ბერკეტების სიგრძე $L=4\text{მ}$; გაშლის დიამეტრი $d_0=12,5\text{მ}$; დაკეცილ მდგომარეობაში $d_0=0,9\text{მ}$; გაშლის სიმაღლე $H=1\text{მ}$; ბერკეტების პირობითი ზომა $d=10\text{მმ}$.

მოცემული სისტემისათვის შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.4.1.

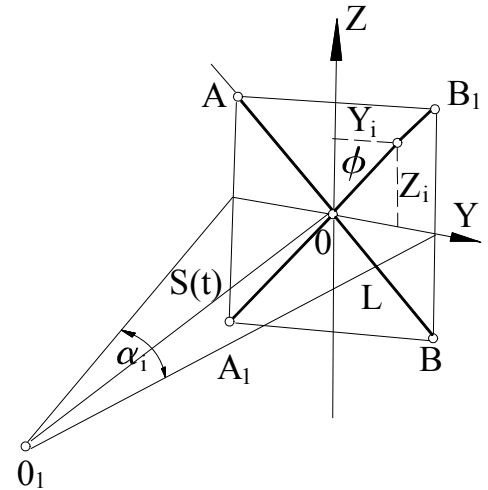
ცხრილი №4.4.1

i პარამეტრი	1	2	3	4
α_i	9^0	18^0	27^0	36^0
β_i	$85,5^0$	81^0	$76,5^0$	72^0
Δ_i (მმ)	1,6	3,2	4,8	6,6
l_i	0,485	0,491	0,503	0,5213
Y_i	0,468	0,942	1,427	1,93
Z_i	0,127	0,256	0,3888	0,525

ტრანსფორმირების ბოლოს სახსრებს შორის მანძილი $\delta = 0,95\text{მ}$; საწყის მდგომარეობაში $\delta = 0,07\text{მ}$. გაშლის შიდა დიამეტრი $d_1 = 2a = 11,89\text{მ}$; სხვაობა $\Delta_r = 0,306\text{მ}$. ბერკეტების გეგმილი $\overline{AA_n} = 3,86\text{მ}$; ბერკეტების დახრის კუთხე $\varphi = 15^{\circ}12'$.

4.4.1.3. რგოლური ელემენტის კინემატიკური ანალიზი

წარმოდგენილი სივრცითი კინემატიკური ჯაჭვი, რომლის ტრანსფორმირების შედეგად მიიღება პერიფერიულ ზოლში ჰიპერბოლოიდური ზედაპირი, სტრუქტურულად შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც თანმიმდევრობით შეერთებული ჯვარედინად განლაგებული m/n რაოდენობის ბერკეტული წყვილი. ასეთი ჩაკეტილი ჯაჭვი



ფიგ. 4.122 საანგარიშო მოდელი არის n რაოდენობისა და ერთმანეთთან მიერთებულია α_1 ბიჯზე. აქედან გამომდინარე, წარმოდგენილი სივრცითი, სიმეტრიული ჩაკეტილი კინემატიკური ჯაჭვის კინემატიკური ანალიზი შესაძლებელია ჩატარდეს ერთი რომელიმე რეგულარული ელემენტის კინემატიკური ანალიზის საფუძველზე. საანგარიშო მოდელი ნაჩვენებია ფიგ. 4.122-ზე. ბერკეტების რადიალური გადაადგილების დროს კუთხე $\alpha_i = const.$ ABA_1B_1 ჯგუფის რადიალური გადაადგილება:

$$S(t) = \frac{L/2 \cdot \sin \varphi}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_i}{2}}$$

ბერკეტების მახასიათებელი სახსრების წარმოსახვითი ცენტრების კოორდინატები: $Y_i = l_i \cdot \sin \varphi$, $Z_i = l_i \cos \varphi$, სადაც $l_i - i$ -ური სახსრის ცენტრის დაშორებაა ცენტრალურ სახსრამდე.

მახასიათებელი სახსრების ცენტრების აბსოლუტური სიჩქარე ტოლია:

$$V_i = \sqrt{(\dot{S}(t))^2 + (\dot{Y}_i(t))^2 + (\dot{Z}_i(t))^2},$$

სადაც
$$\dot{S}(t) = \frac{L}{2} \omega_i \cos \varphi_i / \operatorname{tg} \frac{\alpha_n}{2},$$

$$\dot{Y}_i(t) = L_i \omega_i \cos \phi_i,$$

$$\dot{Y}_i(t) = L_i \omega_i \cos \phi_i,$$

$$\dot{Z}_i(t) = -L_i \omega_i \sin \phi_i, \quad \omega_i = \frac{d\phi(t)}{dt}$$

ცენტრალური სახსრის რადიალური აჩქარება:

$$\ddot{S}(t) \approx \frac{L}{2tg \frac{\alpha_n}{2}} (-\omega_i^2 \sin \phi_i + \dot{\omega}_i \cos \phi_i)$$

შესაბამისად, ცენტრიდანული ძალა:

$$F = m_i(t) \ddot{S}(t),$$

სადაც $m_i(t)$ – საანგარიშო მოდელში ელემენტის დაყვანილი მასაა სახსრების დამატებითი მოძრაობებისა და კონსტრუქციულ თავისებურებათა გათვალისწინებით, ხოლო რეალური ω_i დადგინდება დინამიკური მოდელის ანალიზის საფუძველზე.

4.4.14. რაციონალური საბაზისო კინემატიკური ჯაჭვები

ტრანსფორმირებად სისტემებში

კოსმოსური ბაზირების ტრანსფორმირებადი სისტემების ძირითად შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს ჯაჭვური სტრუქტურის მექანიზმები, რომლებიც შედგებიან თანმიმდევრულად დაკავშირებული ბერკეტული ელემენტებისაგან. ეს მექანიზმები შეიძლება ქმნიდნენ რგოლურ ან ზომაგრძელ სისტემებს. ასეთი სისტემების მოძრაობის კანონზომიერება უშუალოდ დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორი სახის კინემატიკური შეერთებებია გამოყენებული და რა თანმიმდევრობითაა ისინი ერთმანეთთან დაკავშირებული.

ეს მექანიზმები ძირითადად დიდი გაბარიტებისა და ამიტომ ზუსტი მოძრაობების მისაღებად საჭირო ხდება ისეთი კონსტრუქციების შექმნა, რომლებსაც ექნებათ შედარებით დიდი სიხისტეები.

ამ ამოცანას პასუხობს წარმოდგენილი კონსტრუქცია რგოლური სისტემისა, რომელიც ტრანსფორმირების შემდეგ იცვლის ფორმას, რითაც მიიღწევა სისტემის როგორც რადიალური, ისე ღერძული სიხისტის გაზრდა. ამასთანვე მთლიანი სისტემის მოძრაობის ხარისხი ერთის ტოლია და ადგილი აქვს წამყვანი ელემენტების შესაბამისად დანარჩენი ელემენტების იძულებით მოძრაობას.

როგორც ცნობილია, მექანიზმებში ბმები ზედმეტია, ანუ პასიური, თუ მისი მოხსნის შედეგად მექანიზმის მოძრაობის ხარისხი არ იზრდება.

კინემატიკის თვალსაზრისით, მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას სტატიკურად რკვევადი ანუ სხვანაირად, თვითდაყენებადი მექანიზმები, რომლებშიც ზედმეტი ბმები ნულის ტოლია. მექანიზმების სტრუქტურულ სქემებში ზედმეტი ბმების რაოდენობა განისაზღვრება ფორმულით [99]:

$$q = \omega - 6n + \sum_{i=1}^n i \cdot p_i, \quad (4.38)$$

სადაც ω - მექანიზმის მოძრაობის ხარისხია, n - მოძრავი რგოლების რაოდენობა, ხოლო $p_i - i$ კლასის კინემატიკური წყვილების რაოდენობა.

თვითდაყენებად მექანიზმებში ანუ რაციონალურ მექანიზმებში დაცულია პირობა $q=0$, რის შედეგადაც სხვადასხვა კონკრეტული შემთხვევებისათვის

შეირჩევა კინემატიკური წყვილების სახე და კლასი. რეალურ მექანიზმებში კინემატიკური წყვილები აიღება III, IV და V კლასისა.

უნდა აღინიშნოს, რომ პასიურ ბმებიანი მექანიზმისაგან შეიძლება მივიღოთ რამოდენიმე მექანიზმის სქემა პასიური ბმების გარეშე. პასიურ ბმებიანი მექანიზმში შეუძლებელია ვაჩვენოთ, თუ რომელი ბმა არის პასიური. შეიძლება მხოლოდ დადგინდეს მათი რაოდენობა, და შემდეგ, კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე, ავირჩიოთ კინემატიკური შეერთებების საუკეთესო ვარიანტი.

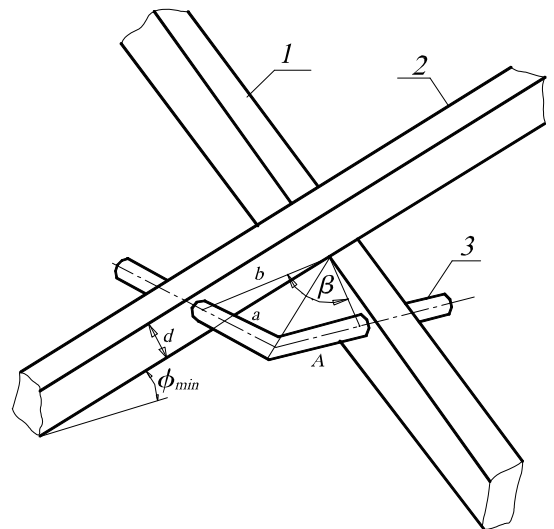
ხშირ შემთხვევაში ზედმეტი ბმების მოხსნა სისტემაში კინემატიკის თვალსაზრისით იძლევა მექანიზმში მოძრაობის გადაცემის საუკეთესო ეფექტს. თუმცა, აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ როდესაც საკვლევი ობიექტი დიდი გაზარიტებისაა, რომელსაც მიეკუთვნება ტრანსფორმირებადი კოსმოსური სისტემები და საკითხი დგება, დინამიური დატვირთვების შემცირების მიზნით, ამ სისტემების სიხისტის გაზრდისა, მექანიზმების სტრუქტურაში შემოდის პარალელური სტრუქტურული ჯგუფები, რომელთა ჩართვით სისტემაში ჩნდება მათი მახასიათებელი პასიური (ზედმეტი) ბმები. ეს ბმები მექანიზმებში არსებობს გარკვეული გეომეტრიული თანაფარდობების პირობების დაცვის შემთხვევაში. ცხადია ეს დამატებითი ბმები თავის მხრივ მოითხოვს მექანიზმის კონსტრუქციული ელემენტების დამუშავების სიზუსტის გაზრდასაც.

4.4.1.5. საბაზისო კინემატიკური ჯაჭვის ძირითადი გეომეტრიული პარამეტრები. სახსრების საანგარიშო

მოდელი

ორ მეზობელ საბაზისო სექციებს შორის კუთხე (ფიგ. 4.123)

$$\beta = \frac{360^\circ}{n_{სექც.}}$$



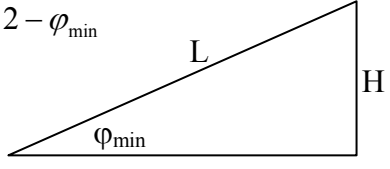
ფიგ. 4.123 კინემატიკური შეერთების საანგარიშო სქემა. 1-2 – შეუღლებული ბერკეტები; 3 – ბერკეტების ღერძი.

ბერკეტების დახრის მინიმალური კუთხე ცენტრალური სიბრტყის მიმართ φ_{\min} .

განშლის კუთხე $\varphi_0 = \pi/2 - \varphi$

განშლის კუთხე ზღვრულ მდგომარეობაში:

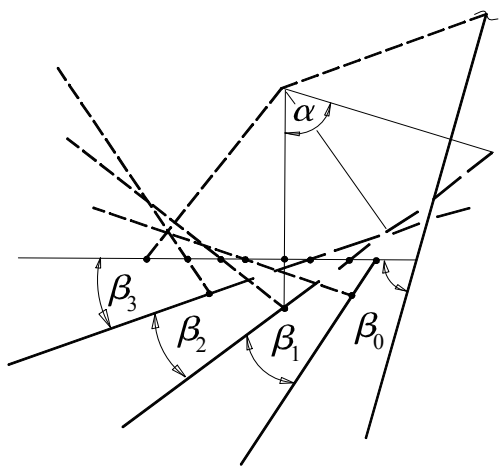
$\sin \varphi_{\min} = H / L$
 $\varphi_{0\max} = \pi/2 - \varphi_{\min}$



როგორც სქემიდან ჩანს: $\operatorname{tg} \beta / 2 = \frac{a}{b}$; $\sin \varphi_{\min} = \frac{d}{2b}$;

საბოლოოდ:

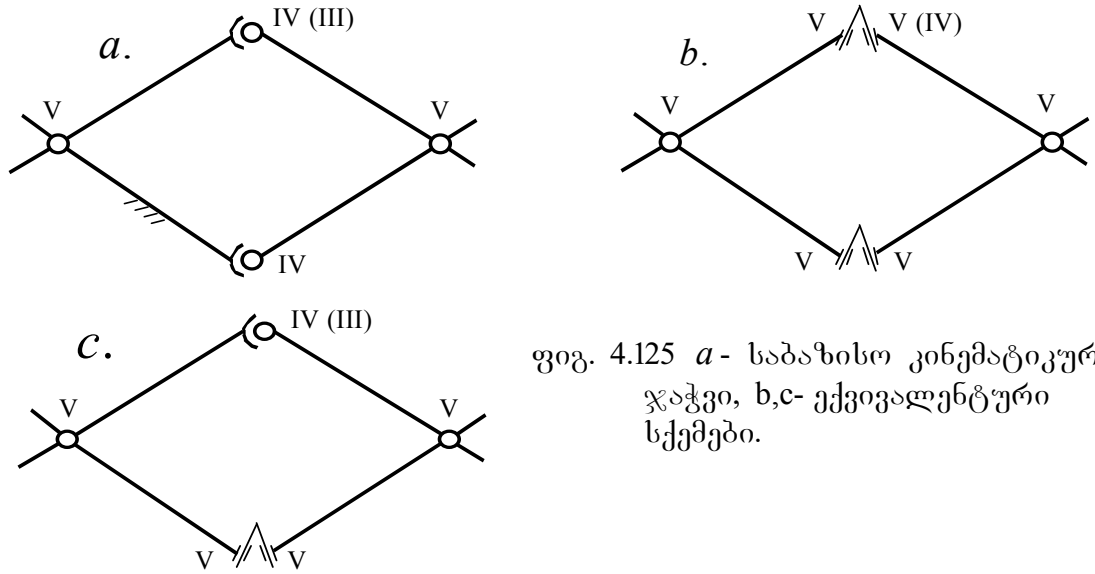
$$a = \frac{d}{2 \sin \varphi_{\min}} \cdot \operatorname{tg} \beta / 2 \tag{4.39}$$



ფიგ. 4.124 საბაზისო ჯაჭვში მეზობელ ბერკეტებს შორის კუთხე

$\beta = \beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ შესაბამისად განისაზღვრება A სახსრის საანგარიშო ზომებით განაპირა სიბრტყიდან ცენტრალურ სიბრტყემდე: $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots$; ცენტრალურ სახსარში $a = 0$; ბერკეტების ქვედა მხარეში a_i მანძილები სიმეტრიულად განლაგდება (ფიგ. 4.124).

რგოლური სახის ტრანსფორმირებადი სისტემის საბაზისო კინემატიკური



ფიგ. 4.125 a - საბაზისო კინემატიკური ჯაჭვი, b,c- ექვივალენტური სქემები.

ჯაჭვი შედგება 4 რგოლისაგან, ორი მეხუთე კლასის კინემატიკური წყვილისაგან ჰორიზონტალურ სიბრტყეში, ასევე ორი მეოთხე კლასის კინემატიკური წყვილისაგან ვერტიკალურ სიბრტყეში (ფიგ. 4.125.a)

ამ ჯაჭვის ფარდობითი მოძრაობის ხარისხი:

$$\omega = 6(4-1) - 5 \cdot 2 - 4 \cdot 2$$

$$\omega = 0$$

ასევე მისი ექვივალენტური სქემებისათვის (ფიგ. 4.125.b,c)

$$\omega = 0$$

ფაქტიურად ამ მექანიკური სისტემებისათვის ფარდობითი მოძრაობის ხარისხი

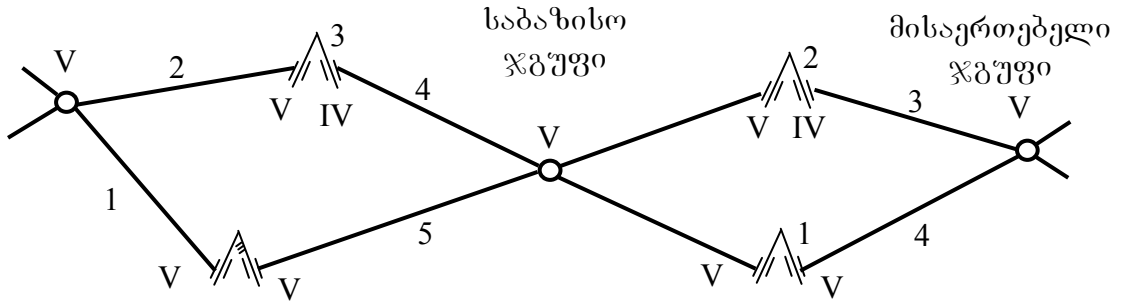
$$\omega = 1, \text{ მაშინ ზედმეტი ბმების რაოდენობა:}$$

$$q = 1,$$

ამიტომ კინემატიკური ჯაჭვი რომ თვითდაყენებადი გამოვიდეს, საჭიროა შევცვალოთ კინემატიკური წყვილის სახე (ერთი წყვილი V კლასისა შევცვალოთ IV კლასით, ხოლო IV კლასისა - III-თი) რის გამოც ყველა განსაზღვრული სქემებისათვის მიიღება $q = 0$ სისტემა თვითდაყენებულია, რითაც გამორიცხულია სახსრებში დამატებითი დამაბულობები მოძრაობის გადაცემის დროს.

ტექნიკურად მიზანშეწონილად მიგვაჩნია I ვარიანტის რეალიზება (ფიგ. 4.125.b), რადგან ამ შემთხვევაში სხვა ვარიანტებთან შედარებით კონსტრუქცია

მარტივია და დასამზადებლად ადვილი. კონსტრუქციის ეს ვარიანტი წარმოვადგინოთ უფრო ცხადი სახით მისაერთებელ ჯგუფებთან ერთად (ფიგ. 4.126)



ფიგ. 4.126 რგოლური ჯაჭვის სტრუქტურული სქემა (ფრაგმენტი)

საბაზისო მექანიზმისათვის ფარდობითი მოძრაობის ხარისხი:

$$\omega = 6 \cdot 5 - 5 \cdot 5 - 4 \cdot 1 = 1$$

ზედმეტი ბმების რაოდენობა $q = 0$

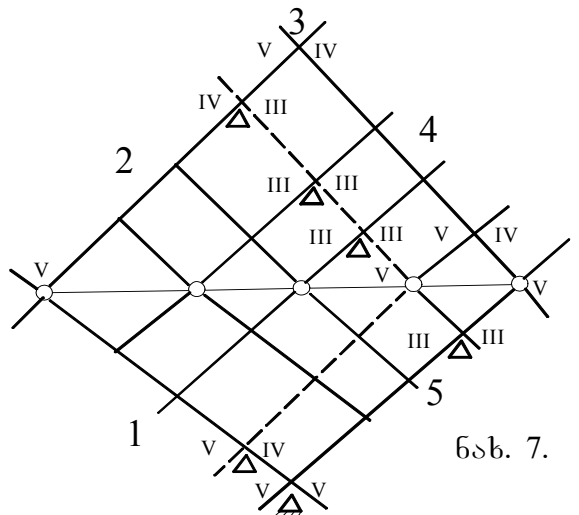
მისაერთებელი ჯგუფებისათვის:

$$\omega = 6 \cdot 4 - 5 \cdot 4 - 4 \cdot 1 = 0$$

ე.ი. მთლიანი სისტემისათვის ვლემულობთ ჩაკეტილ კინემატიკურ ჯაჭვს მექანიზმის სახით, რომლისთვისაც ჯამური მოძრაობის ხარისხი $\omega = 1$, და ზედმეტი ბმების რაოდენობა $q = 0$.

4.4.1.6. რგოლური სისტემის საანგარიშო მოდელი

რეალური	რგოლური
ტრანსფორმირებადი	სისტემების
მთლიანი ჯაჭვი შედგება	პირობითად
საბაზისო რგოლური	კინემატიკური
ჯაჭვისაგან, რომელსაც	უერთდება
მეზობელი, ბიჯით დაძრული	იგივე
კინემატიკური ჯაჭვი, რომლებიც	



ნახ. 7.

ფიგ. 4.127 კინემატიკური ჯაჭვის მოდელი

ურთიერთ თანაკვეთის წერტილებში ქმნიან კინემატიკურ შეერთებებს, ამასთანავე უფრო დაბალი კლასისას, ვიდრე ძირითად საწყის საბაზო ჯგუფში.

ქვემოთ ნაჩვენებია თუ როგორ უნდა შეირჩეს კინემატიკური შეერთებები შუალედურ ჯაჭვებს შორის. მაგალითისათვის განხილულია ერთი სივრცითი საბაზისო ჯაჭვი, რომელშიც ჩახაზულია მეზობელი ჯვარედინად განლაგებული დეროები, შემოსაზღვრული სივრცითი საბაზისო ჯაჭვით. (ფიგ. 4.127). ასეთი მოდელისათვის ცენტრალური სახსრები ბრუნვითი წყვილებია, ხოლო დანარჩენი შერჩეულია პირობიდან $q = 0$. ამოცანა წყდება ქვემოთ მოცემული თანმიმდევრობით.

საწყისი საბაზისო ჯაჭვისათვის: $n = 5$; $p_5 = 5$; $p_4 = 1$, შესაბამისად:

$$\omega = 6n - 5p_5 - 4p_4 = 6 \cdot 5 - 5 \cdot 5 - 4 \cdot 1 = 1;$$

ერთი გვერდის მიმართულებით თანაკვეთა: $n = 3$; $p_5 = 2K$; $p_4 = 2K$,

$$\text{შესაბამისად: } \omega = 6 \cdot 3 \cdot K - 5 \cdot 2 \cdot K - 4 \cdot 2 \cdot K = 0;$$

თანაკვეთა მეორე გვერდის მიმართულებით I მისაერთებელ ჯგუფში:

$$n = K + 2; \quad p_5 = 1; \quad p_4 = 1; \quad p_3 = (2K + 1);$$

რგოლების ჯამური რაოდენობა p რაოდენობის თანაკვეთაში $n = p(K + 2)$;

ხოლო კინემატიკური წყვილების რაოდენობა $p_5 = p$; $p_4 = p$; $p_3 = p(2K + 1)$.

ჯვარედინა კვეთისათვის ავიღოთ $p = K$ (პირობითი რომბები).

მთლიანი სისტემის თავისუფლების ხარისხი:

საწყის საბაზისო ჯაჭვში: $n=5$; $p_5=5$; $p_4=1$.

საწყის თანაკვეთში: $n=3K$; $p_5=2K$; $p_4=2K$.

ჯვარედინ თანაკვეთში: $n=p(K+2)$; $p_5=p$; $p_4=p$; $p_3=p(2K+1)$.

სულ საბაზისო მოდულში:

$n=5+3K+p(K+2)$; $p_5=5+2K+p$; $p_4=1+2K+p$; $p_3=p(2K+1)$, მაშინ

$$\begin{aligned} \omega &= 6n - 5p_5 - 7p_4 - 3p_3 = 6(5 + 3K + p(K + 2)) - 5(5 + 2K + p) - \\ &- 4(1 + 2K + p) - 3p(2K + 1); \quad \text{ანუ } \omega = 1; \quad \text{და პასიური ბმები } q = 0. \end{aligned}$$

როგორც ვხედავთ საანგარიშო საბაზისო მოდულში, მოძრაობის ხარისხი $\omega = 1$, ხოლო მიერთებული დანარჩენი მოდულები თავისუფლების ხარისხს არ ზრდიან. მთლიანი სისტემისათვის, რომელიც თვითდაყენებად მექანიზმს

წარმოადგენს, მოძრაობის გადაცემა ნაკლები ენერგიის დანახარჯით ხდება, რადგანაც პასიური ბმების რიცხვი ნულის ტოლია.

როგორც შედეგებიდან ჩანს (ნახ.1.9), საანგარიშო მოდულის შუალედური კინემატიკური წყვილები უფრო დაბალი კლასისა გამოდის ვიდრე იყო ძირითად საბაზისო ჯგუფში, რის გამოც ერთგვარად რთულდება მისი რეალიზაცია მექანიზმის კონსტრუქციულ კვანძებში.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კონსტრუქციულ ელემენტებში როდესაც კინემატიკური წყვილების საანგარიშო ღრეჩოები მეტია სახსრების ნახვრეტების ცენტრებს შორის მანძილის მოსალოდნელ ცდომილებათა ჯამზე

$$\Delta > \sum_{i=1}^n \Delta l_i,$$

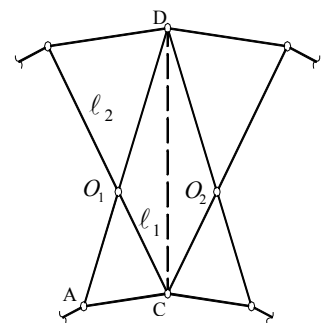
შუალედურ კინემატიკურ შეერთებათა შერჩევის პრობლემა აღარ დგება და ისინი აიღება ისე, როგორც ეს საბაზისო ჯაჭვის შედგენის დროს იყო მიღებული.

ამრიგად, განხილული რგოლური ტრანსფორმირებადი სისტემის ნებისმიერ საანგარიშო მოდულში კინემატიკური შეერთებები აიღება, ნახ.4.127-დან გამომდინარე, ერთი და იგივე სახისა, მხოლოდ განსხვავებული a საანგარიშო ზომით სხვადასხვა შრეების შესაბამისად. ხოლო რაც შეეხება ცენტრალურ კვეტებს, აქ კინემატიკური შეერთებები ჩვეულებრივი ბრუნვითი სახსრებია.

4.4.2. კონუსური და ელიფსური ტრანსფორმირებადი სისტემების სტრუქტურა და კინემატიკური ანალიზი

4.4.2.1. კონუსური რგოლის მექანიზმის ძირითადი გეომეტრიული პარამეტრები

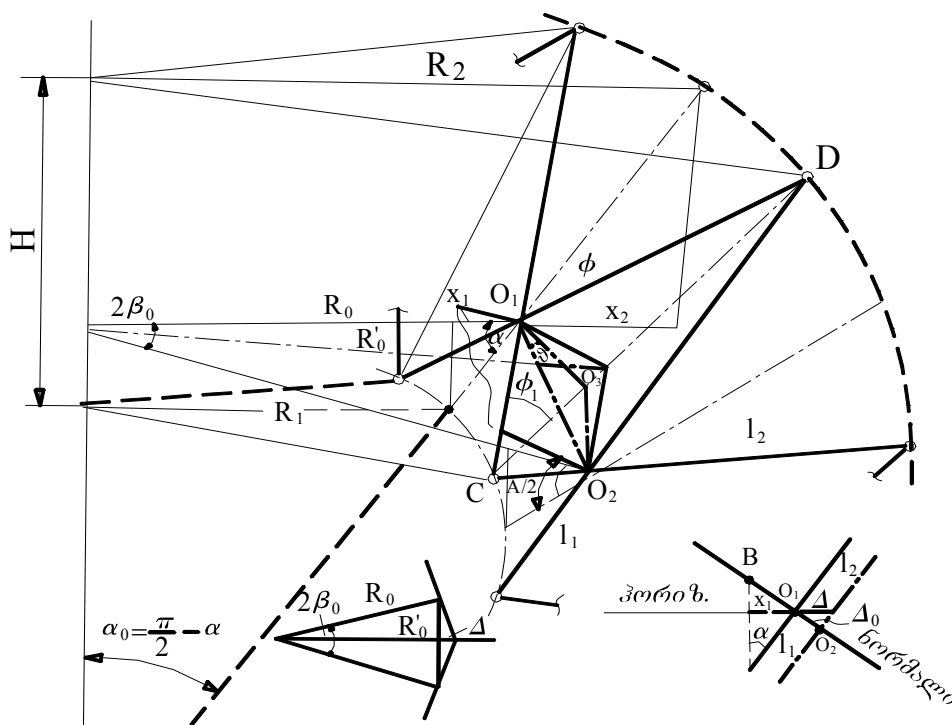
ისევე, როგორც ცილინდრული ტრანსფორმირებადი რგოლი, განხილული კონუსური ტრანსფორმირებადი რგოლის მექანიზმის ძირითადი ელემენტებია ჯვარედინად განლაგებული ჩაკეტილი ბერკეტული სისტემა, რომლის ცენტრალური სახსარი, განსხვავებით ცილინდრული ტრანსფორმირებადი რგოლისგან, არასიმეტრიულადაა განლაგებული თანაფარდობით $\lambda = l_1/l_2$, სადაც l_1 ქვედა, ხოლო l_2



ფიგ. 4.128 რგოლის სტრუქტურული ელემენტი

- ზედა ნაწილებია ძირითადი ბერკეტებისა (ფიგ. 4.127).

ჯვარედინად განლაგებული ორი მეზობელი კვანძი მდებარეობს სხვადასხვა სიბრტყეებში, რომელთა შორის კუთხე, განსხვავებით ცილინდრული რგოლისაგან, იცვლება სისტემის ტრანსფორმირებასთან ერთად.



ფიგ. 4.129 კონუსური რგოლის გეომეტრიული მახასიათებლები.

ფიგ. 4.129-ზე მოცემულია კონუსური ტრანსფორმირებადი რგოლის ფრაგმენტი მისი მახასიათებელი გეომეტრიული პარამეტრებით.

R_0, R_1, R_2 -ცენტრალური სახსრის, სიმეტრიის ღერძის ქვედა და ზედა წერტილების რადიუსებია;

φ - ბერკეტების მობრუნების კუთხე.

x_1, x_2 - ქვედა და ზედა წერტილების კოორდინატებია O_1 ცენტრალური სახსრის მიმართ.

როგორც ნახაზიდან ჩანს

$$x_1 + x_2 = (\ell_1 + \ell_2) \cos \varphi \cdot \cos \alpha$$

$$R_2 - R_1 = x_2 + x_1,$$

მაგრამ
$$R_2 - R_1 = \frac{\ell_2 - \ell_1}{\pi} \cdot n \cdot \sin \varphi, \text{ ანუ}$$

$$(\ell_1 + \ell_2) \cos \varphi \cdot \cos \alpha = (\ell_2 - \ell_1) \cdot \frac{n}{\pi} \cdot \sin \varphi,$$

n – სექციათა რაოდენობაა, ხოლო $\beta = \frac{\pi}{n}$ – სექციის ნახევარკუთხეა.

საბოლოოდ გვაქვს:

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sin \beta_0} \cdot \frac{1-\lambda}{1+\lambda} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (4.40)$$

როგორც ვხედავთ, როდესაც $\varphi \rightarrow 0$ $\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}$, ხოლო თუ $\alpha \rightarrow 0$, მაშინ

$$\varphi = \varphi_{\max} = \operatorname{arctg} \left(\sin \beta \cdot \frac{1+\lambda}{1-\lambda} \right).$$

O_1 წერტილის კოორდინატები სიმეტრიის ღერძის ქვედა და ზედა წერტილების მიმართ:

$$x_1 = \ell_1 \cdot \frac{1}{\sin \beta_0} \cdot \left(\frac{1-\lambda}{1+\lambda} \right) \cdot \sin \varphi, \quad (4.41)$$

$$x_2 = \ell_2 \cdot \frac{1}{\sin \beta_0} \cdot \left(\frac{1-\lambda}{1+\lambda} \right) \cdot \sin \varphi,$$

გაშლის სიმაღლე

$$H = (\ell_1 + \ell_2) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \alpha \quad (4.42)$$

ცენტრალური რადიუსი

$$R_0 = \frac{2n\ell_1}{\pi(1+\lambda)} \cdot \sin \varphi. \quad (4.43)$$

განაპირა რადიუსები:

$$R_1 = R_0 - x_1$$

$$R_2 = R_0 + x_2 \quad (4.44)$$

$$CD = (\ell_1 + \ell_2) \cdot \cos \varphi$$

ორ მეზობელ სექციათა ცენტრალურ სახსრებს შორის მანძილი ჰორიზონტალურ სიბრტყეში:

$$O_1 O_2 = 2R_0 \cdot \sin \beta_0 \quad (4.45)$$

შუალედური რადიუსი:

$$R_0' = \frac{R_0}{\cos \beta_0}$$

მანძილი ჰორიზონტალური სიბრტყის ნორმალურ სიბრტყესთან თანაკვეთის გაგრძელებაზე:

$$\Delta = R_0' - R_0 = R_0 \left(\frac{1}{\cos \beta_0} - 1 \right) \quad (4.46)$$

მანძილი O_1O_2 -დან ნორმალურ სიბრტყეში:

$$\Delta_0 = \Delta \cos \alpha$$

როგორც ნახაზიდან ჩანს:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta_0}{O_1O_2/2}$$

გაშლის კუთხე

$$\gamma = 2\theta$$

საწყის მომენტში $\gamma \approx 2\beta_0$:

ე.ი. $2\beta_0 \geq \gamma \geq 2\theta$

რეალური გამლა: $\Delta\gamma = 2\beta_0 - 2\theta \quad (4.47)$

საწყისი პარამეტრები:

გაშლის დიამეტრი $d=15\text{მ}$; გაშლის სიმაღლე $B=2,5\text{მ}$; ბერკეტის გეგმილი $AB=4\text{მ}$; სექციათა რაოდენობა $n=24$. ვიანგარიშით ძირითადი პარამეტრები:

სექციის ნახევარი კუთხე - $\beta = \frac{\pi}{n} = \frac{3,14}{24} = 0,1309 \text{ რად} = 7,5^\circ$.

დახრის მაქსიმალური კუთხე $\alpha_0 = \frac{\pi}{2} - \alpha$

$$\sin \alpha = \frac{B}{AB} = \frac{2,5}{4} = 0,625; \quad \alpha = 38^\circ 41'$$

მაშინ: $\alpha_0 = 51^\circ 19'$

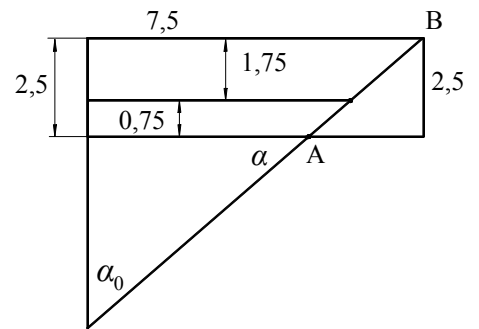
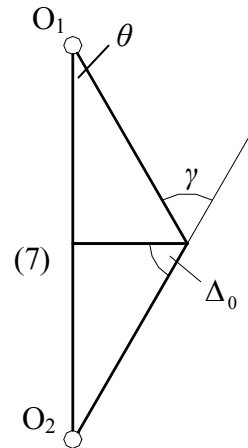
გაშლის მაქსიმალური ზედა რადიუსი $R_2 = \frac{d}{2} = 7,5 \text{ მ}$

გაშლის მაქსიმალური ქვედა რადიუსი $R_1 = R_2 - \ell_0 \cdot \cos \alpha$

ანუ: $R_1 = 7,5 - 4 \cdot \cos 38^\circ 41' = 7,5 \text{ მ} - 4 \cdot 0,7806 = 4,378 \text{ მ}$.

ბერკეტების ქვედა ნაწილი ℓ_1 , ზედა ℓ_2 ; $\frac{0,75}{1,75} = \frac{\ell_1 \cos \varphi_{\max}}{\ell_2 \cos \varphi_{\max}} = \frac{\ell_1}{\ell_2}$,

$$\frac{\ell_1 \cos \varphi_{\max} + \ell_2 \cos \varphi_{\max}}{\ell_2 \cos \varphi_{\max}} = \frac{0,75 + 1,75}{1,75}; \quad \text{ანუ: } \frac{4}{\ell_2 \cos \varphi_{\max}} = \frac{2,5}{1,75};$$



$$\ell_2 \cos \varphi_{\max} = 2,8. \text{ მაგრამ: } \ell_2 \sin \varphi_{\max} = R_2 \sin \beta_0; \text{ ანუ: } \operatorname{tg} \varphi_{\max} = \frac{R_2 \sin \beta_0}{2,8} = \frac{7,5 \cdot \sin 7,5^\circ}{2,8};$$

$$\varphi_{\max} = 19^\circ; \text{ მაშინ: } \ell_2 = \frac{2,8}{\cos 19} = 2,96 \text{ მ}; \quad \ell_1 = \frac{0,75 \cdot \ell_2}{1,75} = 1,27 \text{ მ}.$$

$$\text{ფარდობა: } \lambda = \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{1,27}{2,96} = 0,43$$

ცენტრალური რადიუსი:

$$R_{0\max} = \frac{\ell_1 R_2 + \ell_2 R_1}{\ell_2 + \ell_1} = \frac{1,27 \cdot 7,5 + 2,96 \cdot 4,378}{4} = 4,5 \text{ მ}$$

$$\text{მანძილი } O_1 O_2 = 2R_0 \cdot \sin \beta_0 = 2 \cdot 4,5 \cdot \sin 7,5^\circ = 1,17 \text{ მ}$$

შუალედური რადიუსი:

$$R_0' = \frac{R_0}{\cos \beta_0} = \frac{4,5}{\cos 7,5^\circ} = \frac{4,5}{0,99} = 4,545 \text{ მ}$$

$$\text{მანძილი } \Delta = R' - R_0 = 0,045 \text{ მ}.$$

$$\Delta_0 = \Delta \cdot \cos 38^\circ 41' = 0,045 \cdot 0,78 = 0,035 \text{ მ}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{0,035}{1,17/2} = \frac{0,070}{1,17} = 0,0598$$

$$\theta = 3^\circ 30'$$

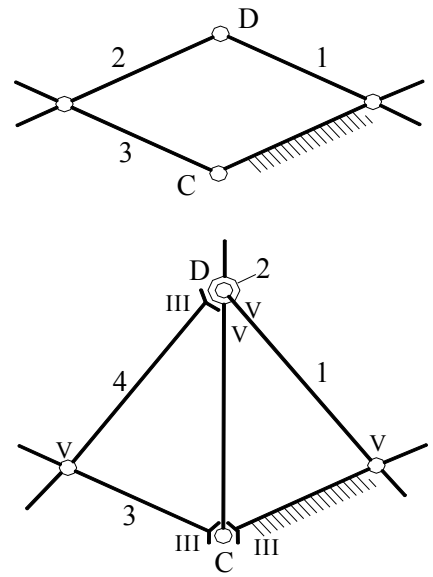
$$\gamma = 2\theta = 7^\circ$$

$$\text{კუთხის რეალური გაშლა } \Delta\gamma = 2\beta_0 - 2A = 15^\circ - 7^\circ = 8^\circ$$

შესაბამისად მანძილი ნორმალურ სიბრტყეში $\Delta \geq \Delta_0 \geq 0$.

4.4.2.2. რგოლის მექანიზმის სტრუქტურა

ფიგ. 4.130-ზე წარმოდგენილი სივრცითი სტრუქტურული ელემენტის მოძრაობის ხარისხი ტოლია $w = 6n - 5p_5$, სადაც სტრუქტურული ელემენტის რგოლების რაოდენობა $n=3$. მე-5 კლასის კინემატიკური წყვილები $p_5 = 4$, ანუ $w = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 4 = -2$.



ფიგ. 4.130. რგოლის სტრუქტურული ელემენტის საანგარიშო მოდელი.

ნორმალური ფუნქციონირებისათვის საჭიროა, რომ $w=1$ და ზედმეტი ბმების ან თავისუფლების ხარისხის რიცხვი $q=0$. ამ შემთხვევაში ვამბობთ, რომ მექანიზმის სქემა რაციონალურია.

როგორც მექანიზმის გეომეტრიულმა ანალიზმა გვიჩვენა C და D კინემატიკურ წყვილებში ადგილი აქვს დამატებით ბრუნვას პირობითი შუალედური მიმმართველის გარშემო, რაც მტკიცდება სიბრტყეთა შორის θ კუთხისა და Δ_0 პარამეტრის

ცვლილებით. ეს იწვევს იმის აუცილებლობას, რომ C და D კინემატიკურმა წყვილებმა მიიღოს სახეცვლილება დამატებითი რგოლებისა და კინემატიკური წყვილების შემოტანით ისე, როგორც ნაჩვენებია ნახ.4.130-ზე. საანგარიშო

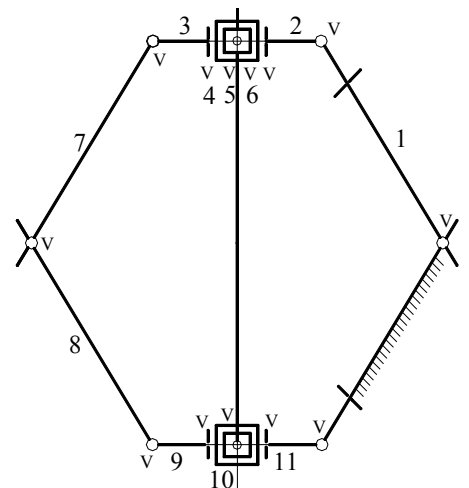
მოდელისათვის ზედმეტი ბმების რაოდენობა $q = 6n - w - (\sum_{i=1}^5 i \cdot p_i)$

განხილული შემთხვევისათვის $i_{1,2,4} = 0$; $n = 5$ $p_5 = 4$. $p_3 = 3$; ანუ $q = 6 \cdot 5 - 1 - (5 \cdot 4 + 3 \cdot 3) = 0$

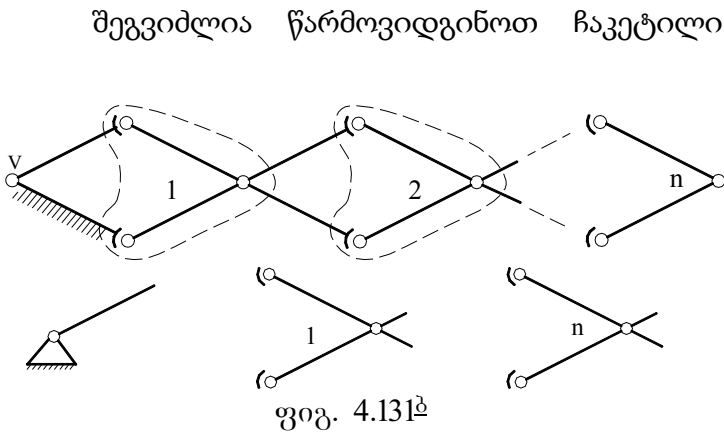
ე.ი. გამოდის, რომ საანგარიშო მოდელი რაციონალურია, რადგან ზედმეტი ბმები მექანიზმის სტრუქტურულ ელემენტში $q=0$. შესაძლებელია სხვა სახის სტრუქტურული ელემენტიც იგივე რაციონალური პირობების დაცვით.

ფიგ. 4.131^ა -ზე წარმოდგენილია ასეთი სტრუქტურული ელემენტი, რომლისთვისაც $n=11$, $p=13$ ანუ $w=1$, $q=0$.

მთლიანი სისტემა მიიღება თუ ამ სქემას თანმიმდევრობით დაემატება იგივენაირი სტრუქტურული ჯგუფები ერთი რგოლისა და ერთი კინემატიკური წყვილის გარეშე (პირობითი საწყისი მექანიზმის გარეშე), რომელთათვის $w=0$; ანუ მთლიანი ჩაკეტილი რგოლური სისტემისათვის ჯამური თავისუფლების ხარისხი დარჩება იგივე $w=1$.



ფიგ. 4.131^ა



შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ჩაკეტილი რგოლური სივრცითი სისტემის გამარტივებული სქემა (ფიგ. 4.131ბ), რომლის სტრუქტურა შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც საწყისი მექანიზმისა და მისაერთებელი ჯგუფის სახით, რომელთა ცენტრალური სახსარი ბრუნვითია, ხოლო განაპირა

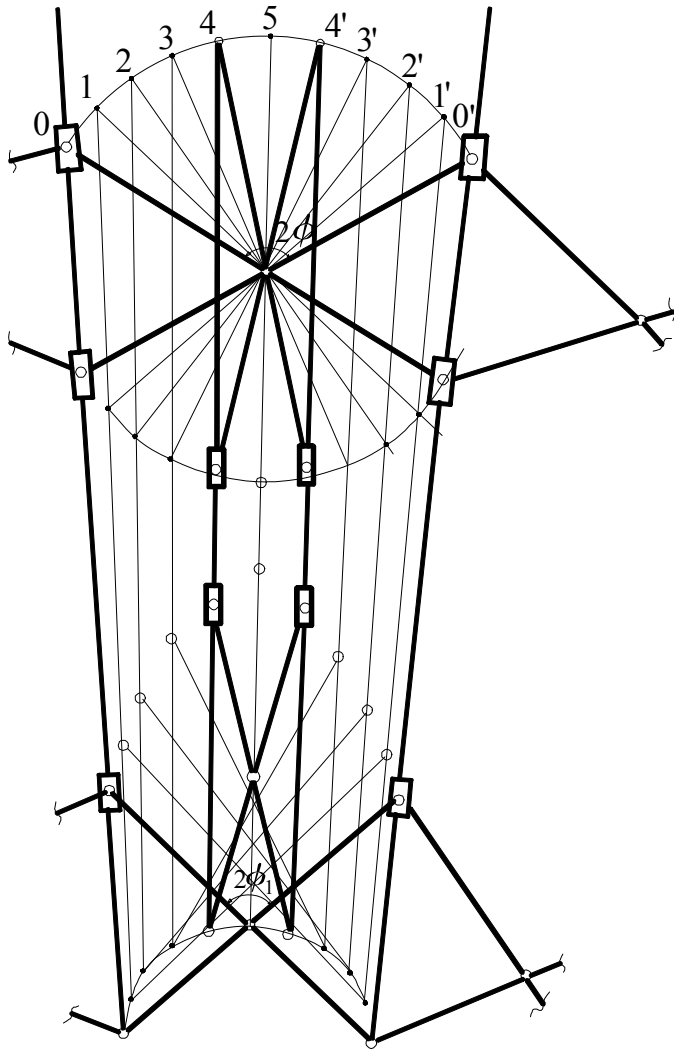
სახსრები III და IV კლასისა უნდა იყოს, რომ სისტემა ზედმეტი ბმების გარეშე გამოვიდეს. ე.ი. სტრუქტურული სქემა იყოს რაციონალური.

4.4.2.3. ორ კონუსურ რგოლიანი ტრანსფორმირებადი სისტემის სტრუქტურა და კინემატიკური ანალიზი

ფიგ. 4.132-ზე წარმოდგენილია ორ რგოლიანი კონუსური ტრანსფორმირებადი სისტემის კინემატიკური სქემა, რომლის ზედა და ქვედა რგოლების ასიმეტრიის კოეფიციენტი შეიძლება იყოს როგორც ერთი და იგივე, ასევე განსხვავებულიც. ამ რგოლებს შორის კინემატიკური კავშირი ხორციელდება მოძრავი მიმმართველების საშუალებით.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ასიმეტრიის კოეფიციენტები $\lambda_1 = \lambda_2$, მაგრამ ზედა და ქვედა რგოლების ძირითადი ბერკეტების გაშლის კუთხეები $\varphi_1 \neq \varphi_2$, რის გამოც რგოლების გაშლის კანონზომიერება განსხვავებული გამოდის.

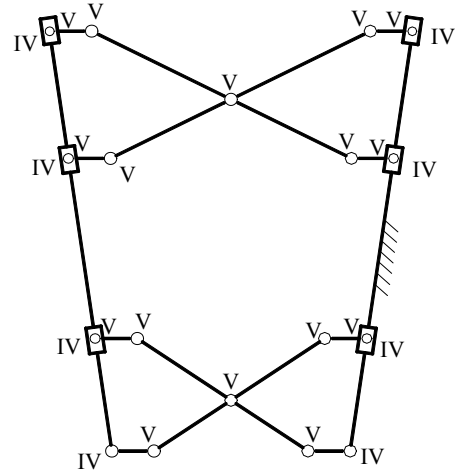
ფიგ. 4.133-ზე წარმოდგენილია ორ რგოლიანი კონუსური ტრანსფორმირებადი



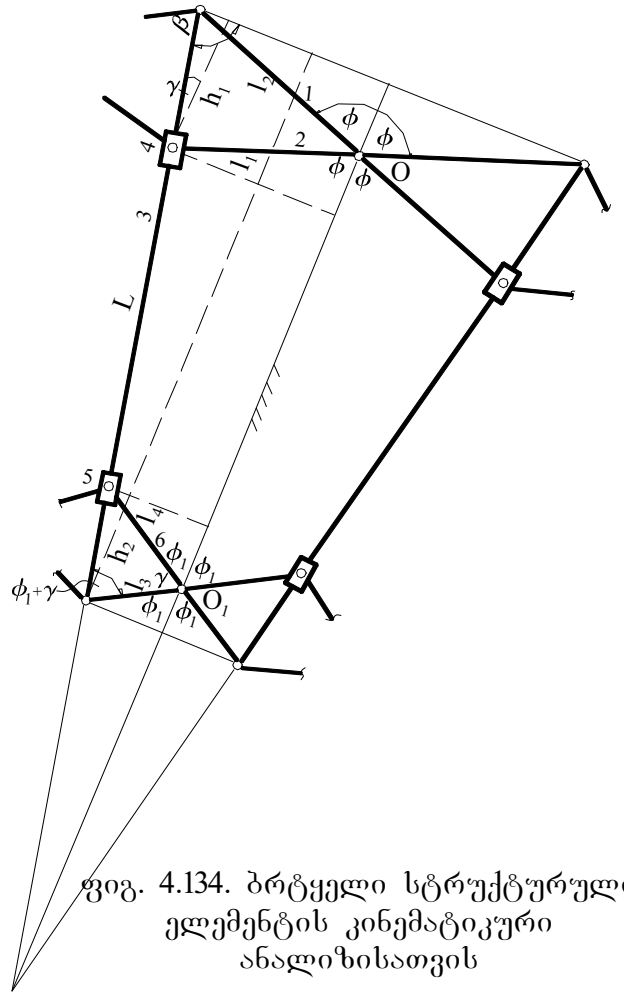
ფიგ. 4.132. ორრგოლიანი კონუსური ტრანსფორმირებადი სისტემის კინემატიკური სქემა

სისტემის სივრცითი სტრუქტურული ელემენტის ერთ-ერთი ვარიანტი, რომლისთვისაც, გამომდინარე მუშაობის პრინციპიდან, მოძრაობის ხარისხი $w=2$, რგოლების რაოდენობა $n=19$. კინემატიკური წყვილების რაოდენობა $p_5=16$, $p_n=8$, მაშინ

განხილული სივრცითი სისტემის რკვევადობისათვის დაცული უნდა იყოს პირობა $q=0$, მართლაც: $q=6 \cdot n - w - 5p_5 - 4p_4 = 0$. ე.ი. სტრუქტურული ელემენტის



ფიგ. 4.133. სივრცითი სტრუქტურული ელემენტი



ფიგ. 4.134. ბრტყელი სტრუქტურული ელემენტის კინემატიკური ანალიზისათვის

წარმოდგენილი სქემა არის რაციონალური, რაც უზრუნველყოფს ნორმალურ გადაცემის პირობას სივრცითი მოძრაობის დროს.

სტრუქტურული ელემენტის კინემატიკური ანალიზისათვის განვიხილოთ მისი ბრტყელი ანალოგი (ფიგ. 4.134.).

დაუშვათ, რომ წამყვანი ზედა რგოლია და მისი ძირითადი ბერკეტების სიგრძეებია l_1, l_2 , ხოლო მობრუნების კუთხეები ორივე ბერკეტისა სიმეტრიის ღერძის მიმართ არის φ .

ამ სქემიდან გამოყოფილია საანგარიშო ელემენტი, რომლისთვისაც მოძრავი რგოლების რიცხვი არის $n=8$, ხოლო მე-5 კლასის კინემატიკური წყვილების რიცხვი $p_5=11$. განხილული სისტემის მოძრაობის ხარისხი $w=2$ (რადგანაც საანგარიშო სქემაში ორი ბერკეტია წამყვანი), მაშინ ნახაზზე მოცემული სქემა იქნება რაციონალური თუ ზედმეტი ბმების რიცხვი $q=0$; რადგან ვიხილავთ ბრტყელ სისტემას, ვღებულობთ: $q=3 \cdot n - w - 2 \cdot p_5 = 0$, ე.ი. განხილული სტრუქტურული ელემენტის კინემატიკური სქემა სტატიკურად რკვევადია და მისი ანალიზი შესაძლებელია ჩავატაროთ თუ ცნობილი იქნება მექანიზმის საწყისი პარამეტრები.

ვთქვათ ბერკეტების სიგრძეებია l_1, l_2, l_3, l_4 ; მოძრავი მიმმართველის სიგრძე L , მაშინ საძიებელი პარამეტრები შეგვიძლია განვსაზღვროთ მობრუნების φ კუთხის ფუნქციაში. მექანიზმის ცალკეული ელემენტი განვიხილოთ ცენტრალური სიმეტრიის ღერძის მიმართ ფარდობით მოძრაობაში.

როგორც ნახ. 5-დან ჩანს:

$$tg\beta = \frac{1+\lambda_1}{1-\lambda_1} \cdot ctg\varphi$$

$$tg\gamma = \frac{1-\lambda_1}{1+\lambda_1} \cdot tg\varphi = \frac{1-\lambda_2}{1+\lambda_2} \cdot tg\varphi_1$$

$$tg\varphi_1 = \frac{(1-\lambda_1) \cdot (1+\lambda_2)}{(1+\lambda_1) \cdot (1-\lambda_2)} \cdot tg\varphi$$

$$OO_1 = L \cos \gamma - l_2 \cos \varphi - l_3 \cos \varphi_1, \text{ სადაც } \lambda_1 = \frac{l_1}{l_2} < 1; \lambda_2 = \frac{l_3}{l_4} < 1.$$

$$h_1 = (l_1 + l_2) \cdot \cos \varphi; \quad h_2 = (l_3 + l_4) \cdot \cos \varphi_1$$

4.4.2.4. ელიფსურ რგოლიანი ტრანსფორმირებადი
სისტემის გეომეტრიული ანალიზი

ტრანსფორმირებადი მექანიკური სისტემა ელიფსური ფორმის რგოლის სახით აღიწერება განტოლებით:

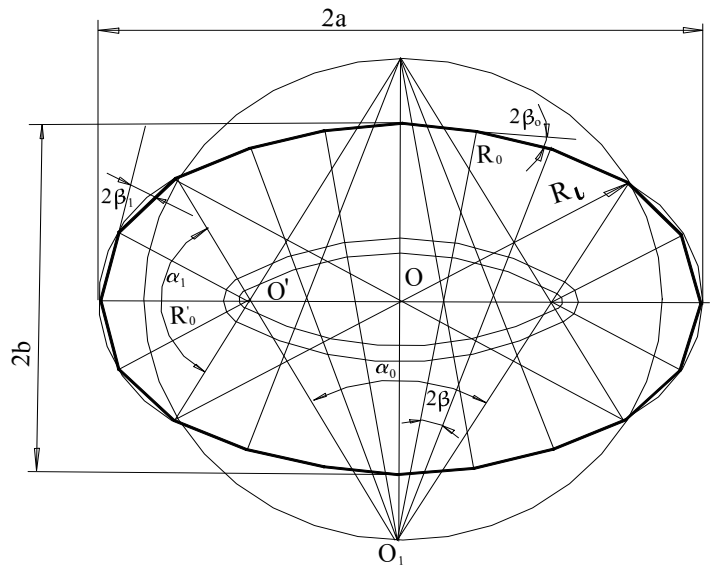
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

სადაც a, b ელიფსის დიდი და პატარა ნახევარღერძებია.

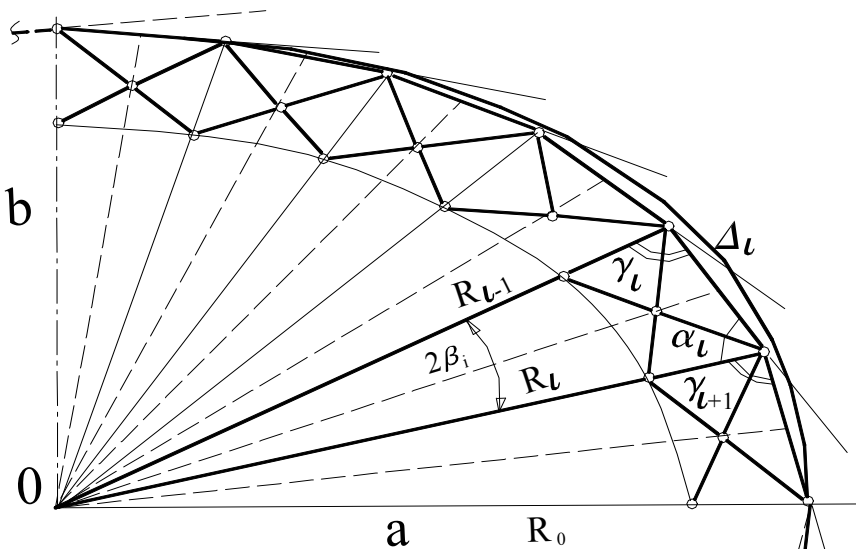
ელიფსის მიმდინარე რადიუსი $R_i = x^2 + y^2$,

იმ შემთხვევაში, როდესაც ელიფსი წარმოდგენილია ოვალური სახით, რომელიც შედგება R_0 და R_0' რადიუსიანი უბნებისაგან, შესაბამისად ბრუნვის ცენტრებით O_1, O' .

სისტემის გაშლის შემდეგ გაშლის სიმაღლე ერთი და იგივე სიდიდისაა ყველა R_0 და R_0' რადიუსიანი უბნებისათვის. მაგრამ დაკეცილ მდგომარეობაში და



ფიგ. 4.135. ელიფსური რგოლის საანგარიშო სქემა.



ფიგ. 4.136. დაკეცვა ელიფსის ცენტრის მიმართ

შემდგომ	პროცესში
ბერკეტები	R_0 და R_0'
რადიუსიან	უბნებში
სხვადასხვა	სიმაღლისა
გამოდის	(ფიგ. 4.135).
გარდა ამისა,	R_0' უბანი
იკეცება	მინიმუმამდე,
ხოლო R_0'	რადიუსიანი
უბნის	სექციები

ტექნიკურად ვერ აღწევს მისაღებ მინიმალურ მნიშვნელო-ბას. ასეთი დაკეცვა ტექნიკურად მიზანშეწონილი არ არის. ამიტომ ვიხილავთ იმ შემთხვევას, როდესაც დაკეცვა უნდა მოხდეს არა O_1 და O' ცენტრების მიმართ, არამედ მხოლოდ და მხოლოდ ელიფსის ცენტრის O წერტილის მიმართ (ფიგ. 4.136). ეს გამოიწვევს მცირე რადიუსიან პროფილში კუთხის გაშლის დეფორმაციას, ხოლო დიდრადიუსიან ზონაში საწყისი კუთხის გაზრდის დეფორმაციას.

უნდა აღინიშნოს, რომ გაშლის დროს უნდა იყოს ერთი და იგივე დამაბული მდგომარეობა, მაგრამ ელიფსური ფორმა. ცხადია დამაბულობის ცვლილება ელიფსური კანონით არ უნდა იყოს. ანუ, ნებისმიერ მყის მომენტში უნდა იყოს ერთი და იგივე დეფორმაცია კუთხის გაშლის გამო. წინააღმდეგ შემთხვევაში არ მიიღება წინასწარ დამაბული ფორმა ელიფსის სახით.

მეორეს მხრივ, თუ დრეკად ელემენტს ექნება სხვადასხვა სიხისტე, გაშლის ფორმა ცდომილებით გამოვა.

კონუსობას განსაზღვრავს სიმეტრია ბერკეტებში, ელიფსობას კი არათანაბარი საწყისი კუთხე, რომელიც გაიშლება სისტემის გაშლასთან ერთად და ზღვრულ შემთხვევაში ეს კუთხე იქნება ნულის ტოლი.

განხილულ შემთხვევაში ვგულისხმობთ, რომ საწყისი კუთხე სექციებს შორის ელიფსურ-კონუსურ სისტემაში არათანაბარია და გაშლის პროცესში იცვლება. თუ ამ კუთხეებს გაშლის პროცესში დავტოვებთ არათანაბარს და მუდმივს, მაშინ მთელი გაშლის პროცესი დაექვემდებარება ელემენტების დრეკადობის ეფექტებს, რაც ცხადია გამოიწვევს გაშლის ცდომილებას განსაზღვრულ ზღვრებში, განპირობებულს რგოლების ელემენტების სიხისტეთა ცვალებადობით.

ამრიგად, ელიფსურ-კონუსურ სისტემაში დაკეცვა ხდება ელიფსის ცენტრის მიმართ, რის გამოც სხვადასხვა სექციების საწყისი კუთხეები განიცდის დეფორმაციებს ცვალებადი კანონზომიერებით.

თავი 5. ექსპერიმენტული კვლევები

ექსპერიმენტული ნაწილი შედგება ორი ძირითადი ქვეთავისაგან. პირველში განხილულია “EVM-2” რეფლექტორის ძალოვანი რგოლისა და დიამეტრულად განლაგებული რადიალური ფრაგმენტის ექსპერიმენტული მოდელების დამზადება და გამოცდა, ხოლო მეორეში - კოსმოსური ბაზირების დიდგაბარიტიანი მახვილმიმართული ანტენებისათვის დედამიწის პირობებში შორეული ზონით რადიოტექნიკური გამოცდის მეთოდის დამუშავება.

5.1. “EVM-2” რეფლექტორის ძალოვანი რგოლისა და დიამეტრულად განლაგებული რადიალური ფრაგმენტის ექსპერიმენტული მოდელების დამზადება და გამოცდა

მოდელების დამზადება და გამოცდა მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

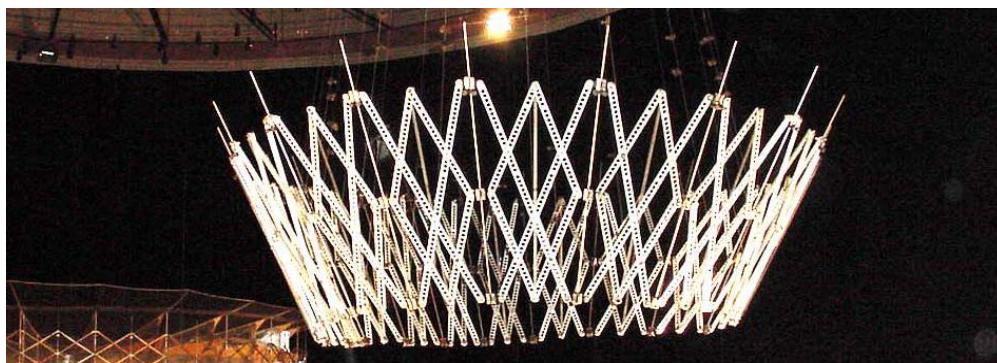
1. რეფლექტორის ძალოვანი რგოლის ექსპერიმენტული მოდელის დამზადება;
2. გაუწონადობის სტენდის მოწყობა ძალოვანი რგოლისათვის და გამოცდები ტრანსფორმაციაზე;
3. რეფლექტორის დიამეტრულად განლაგებული რადიალური ფურცლებისა და კონსოლური ელემენტების მოდელის დამზადება რეალურ ზომებში;
4. გაუწონადობის სტენდის მოწყობა რადიალური ფურცლებისათვის;
5. რადიალური ფურცლების დამაბვა და ვერტიკალური გადაადგილებების გაზომვა განსხვავებული დატვირთვების შემთხვევაში;
6. თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შედარება რადიალური ფურცლებისათვის;

5.1.1. “EVM-2” რეფლექტორის ძალოვანი რგოლის ექსპერიმენტული მოდელის დამზადება და გამოცდა ტრანსფორმაციაზე

ძალოვანი რგოლის ტრანსფორმაციის შესასწავლად დამზადებულ იქნა 1,5მ-იანი მოდელი, რომელიც შედგება 16 სექციისაგან. თვითოეული სექცია შედგება ორი ძირითადი ბერკეტისაგან და ოთხი რომბული ელემენტისაგან. ისინი

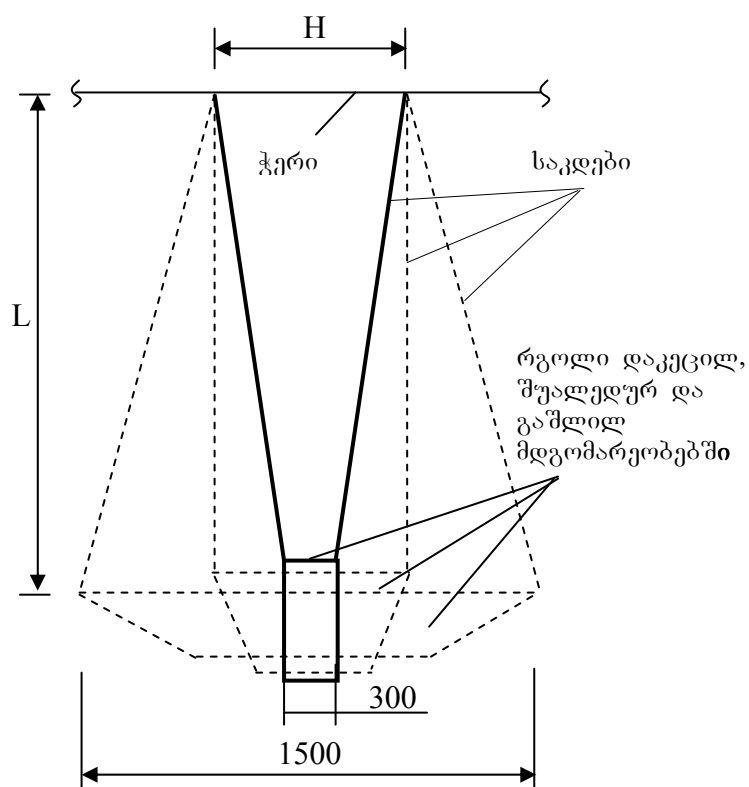
დამზადებულია ალუმინის ბრტყელი პერფორირებული ღეროებისაგან. სახსრების შეერთებისა და ღეროვანი ელემენტების პროპორციები დაცულია რეალური მოდელის შესაბამისად.

ძირითადი ბერკეტების შეერთების სახსარი ოდნავ დაცილებულია ღეროს ცენტრს და წანაცვლებულია ქვემოთ, ხოლო რომბის გეომეტრიული ცენტრი განთავსებულია იქ სადაც ძირითადი ბერკეტები უნდა კვეთდნენ ერთმანეთს მათი ცენტრული შეერთების შემთხვევაში. თუ კარგად დავაკვირდებით ფიგ. 5.1-ზე ყველაფერი ნათლად ჩანს.



ფიგ. 5.1. “EVM-2” ძალოვანი რგოლის ექსპერიმენტული მოდელი გაშლილ მდგომარეობაში.

რომბისა და ძირითადი ბერკეტების ელემენტები ყოველ სექციაში ასევე სახსრულადაა შეერთებული, ხოლო რაც შეეხება სექციებს მათ დასაკავშირებლად გამოყენებულია ხისტ დგარებზე დამაგრებული სამი კვანძი, რომელთაგან ცენტრალური დაფიქ-სირებულია, ხოლო დანარჩენი ორი – სრიალებენ მასზე. აღნიშნული კვანძები თავის მხრივ თავიანთი გეომეტრიით იცავენ შესაბამის კუთხეებს კონსტრუქციის ინტეგრაციისთვის.



ფიგ. 5.2. რგოლის ექსპერიმენტული მოდელის “გაუწონადობის სტენდი”

გაუწონადობის სტენდის მოწყობა ძალოვანი რგოლის მოდელისათვის გამარტივებულია მოდელის მცირე გაზარიტული ზომების გამო, რაც გამოიხატება იმაში, რომ გამოყენებულია უძრავი საკიდები მაქსიმალური სიგრძით.

ფიგ. 5.2-დან ჩანს, რომ საკიდები ჩაბმის ზედა წერტილებში გარკვეული H მანძილით არიან ერთმანეთისაგან დაცილებული, რომელიც დაახლოებით ძალოვანი რგოლის შუალედური მდგომარეობის დიამეტრის ტოლია.

გაუწონადობის სტენდის მოწყობის შემდეგ მოდელი გამოცდილ იქნა გაშლადაკეცვაზე. ფიგ. 5.3-ზე წარმოდგელია მოდელი დაკეცილ მდგომარეობაში.

ძალოვანი რგოლის ექსპერიმენტული მოდელის გამოცდა ტრანსფორმაციაზე წარმოებდა ხელოვნურად – მის პერიმეტრზე თანაბრად გადანაწილებული რამოდენიმე წერტილიდან ერთდროულად [42].

ექსპერიმენტულმა მოდელმა სრულად გაიმეორა კინემატიკური მოძრაობის ის სტადიები, რაც თეორიულ ნაწილშია მოცემული.



ფიგ. 5.3. “EVM-2” ძალოვანი რგოლის ექსპერიმენტული მოდელი დაკეცილ მდგომარეობაში.

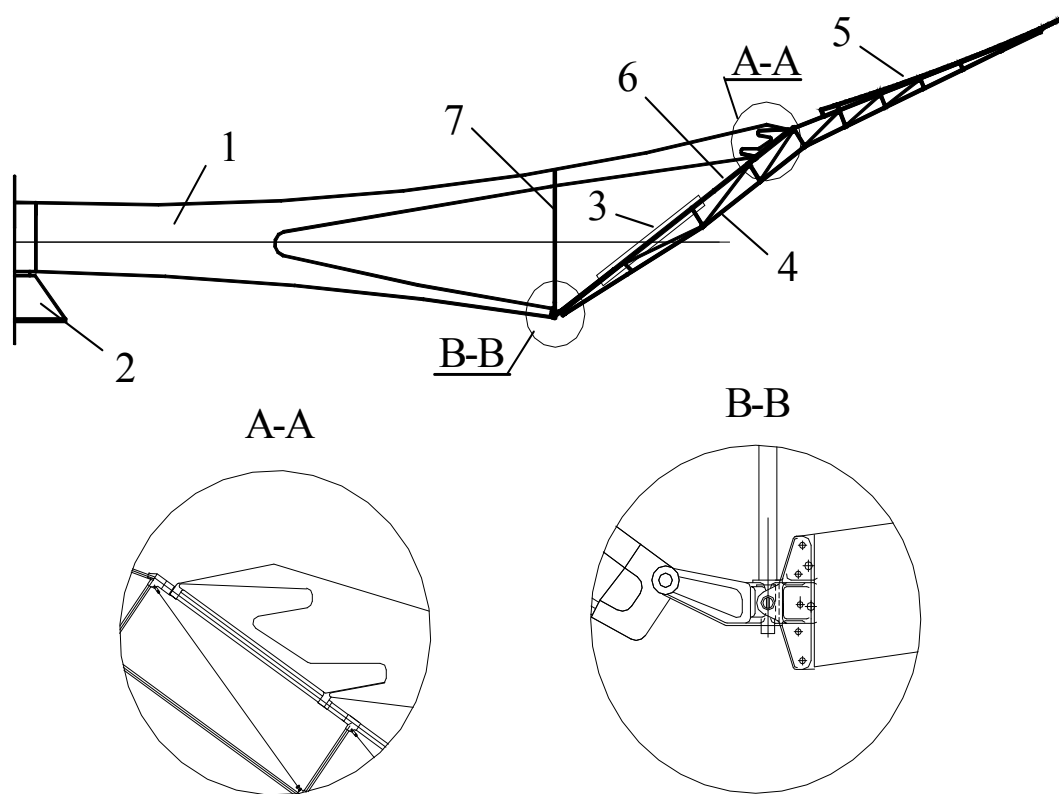
5.1.2. “EVM-2” რეფლექტორის დიამეტრულად განლაგებული რადიალური ფრაგმენტის ექსპერიმენტული მოდელის დამზადება და გამოცდა

კოსმოსურ ნაგებობათა ინსტიტუტის საცდელ დარბაზში პარალელურად დამზადებული იქნა რეფლექტორის გრძელი ღერძის გასწვრივ დიამეტრულად

განლაგებული რადიალური ფურცლებისა და კონსოლური ელემენტების მოდელი რეალურ ზომებში.

ქვემოთ წარმოდგენილია იმ ელემენტების მოკლე აღწერა და გეომეტრიული მახასიათებლები, რომლებიც შემდგომ რეალიზებულ იქნა რეალური ექსპერიმენტული მოდელის სახით.

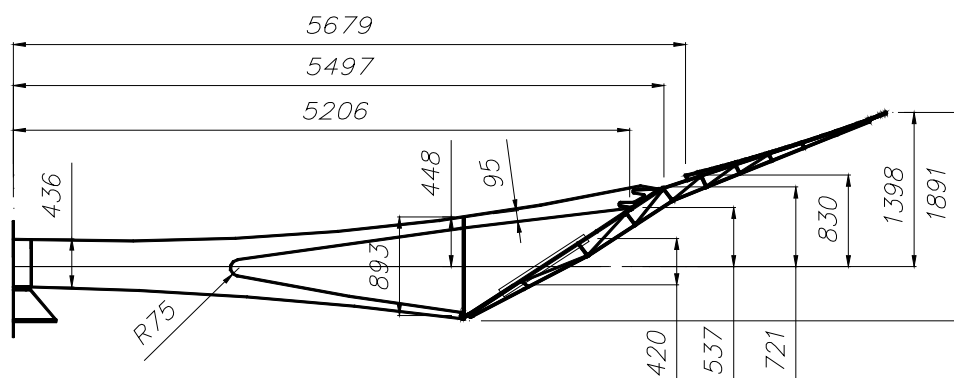
კონსტრუქცია შედგება შემდეგი ძირითადი ფორმატწარმოქმნელი ელემენტები-საგან: რადიალური ფურცლებისაგან 1, რომლებიც დაჭიმულია ცენტრალურ დოლსა 2 და კონუსურ ძალოვან პანგოგრაფს 3 შორის, და გადასახსნელი ფერმული კონსოლებისაგან 4, რომლებიც თავის მხრივ ჩამონტაჟებულია ძალოვან რგოლში 3. გადასახსნელი კონსოლი 4 თავისი პერიფერიული ნაწილით 5, ქმნის პარაბოლოიდური ზედაპირის გარე ნაწილს (ფიგ. 5.4).



ფიგ. 5.4. რადიალური ფურცლისა და გადასახსნელი კონსოლის პანგოგრაფთან მიერთების კონსტრუქციული სქემა

რადიალური ფურცლები ერთი მხრიდან მიმაგრებულია ცენტრალურ დოლზე, ხოლო მეორე მხრიდან პანტოგრაფში გაყრილი გადასახსნელი კონსოლების სწორხაზოვან ღეროებზე. ცენტრალურ დოლთან ჩამაგრება ხისგია, ხოლო რაც შეეხება პანტოგრაფთან მიმაგრებას, ქველა ნაწილი თავისივე სიბრტყეში მიერთებულია სახსრულად, ხოლო ზედა კი ღეროზე 6 ბრუნვის საშუალებით.

რადიალური ფურცლის ფორმა წონის შემცირების გამო საკმაოდ ორიგინალურია. მისი ფართის თითქმის ორი მესამედი ამოჭრილია და დარჩენილია ზედა – გრძელი და ქველა – მოკლე ბოლოები, რომლებიც ერთმანეთთან ბრტყელი ფორმის მდგრადობის მეტად შესანარჩუნებლად ხისგა დგარით 7 არიან მიერთებულნი. ფიგ. 5.4-ზე წარმოდგენილი B-B კვანძიდან ნათლად ჩანს, რომ დგართან 7 რადიალური ფურცლის ქველა ბოლოც და გადასახსნელი კონსოლის სწორხაზოვანი ღეროც სახსრულად არიან მიერთებულნი.



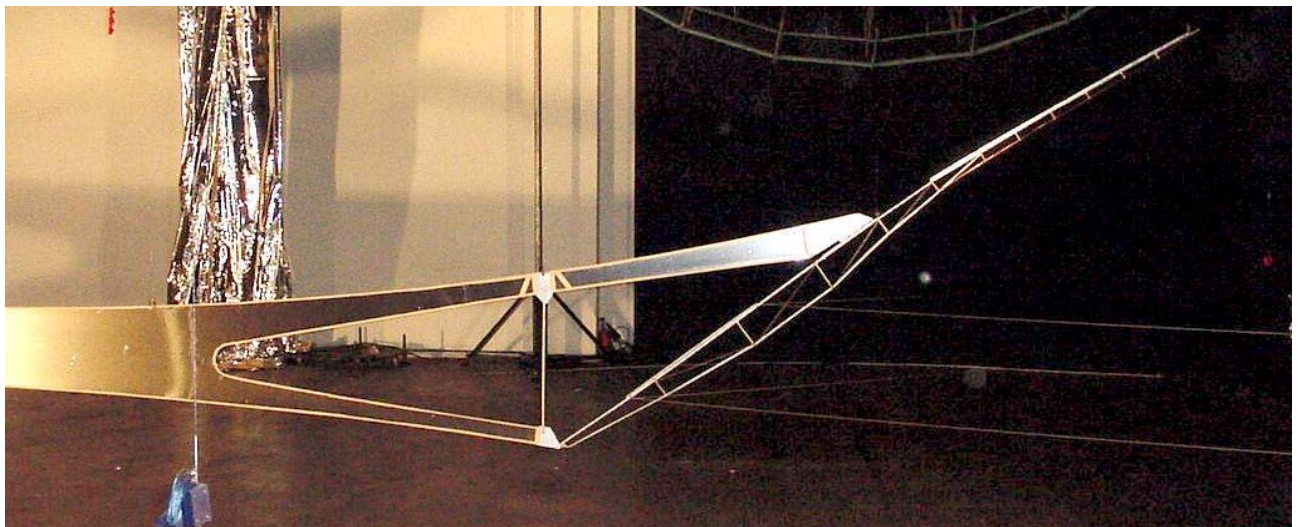
ფიგ. 5.5. რადიალური ფურცლისა და გადასახსნელი კონსოლის გეომეტრიული პარამეტრები.

წარმოდგენილ ამოცანაში, პირველ რიგში საჭიროა განისაზღვროს კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრები, რის შემდეგაც ვახდენთ გამოყენებული მასალების თვისებების შერჩევას, კონსტრუქციის სასრულ ელემენტებად დაყოფას და ჩამაგრების პირობებისა და კონსტრუქციაზე მოქმედი ძალების დადგენას [12].

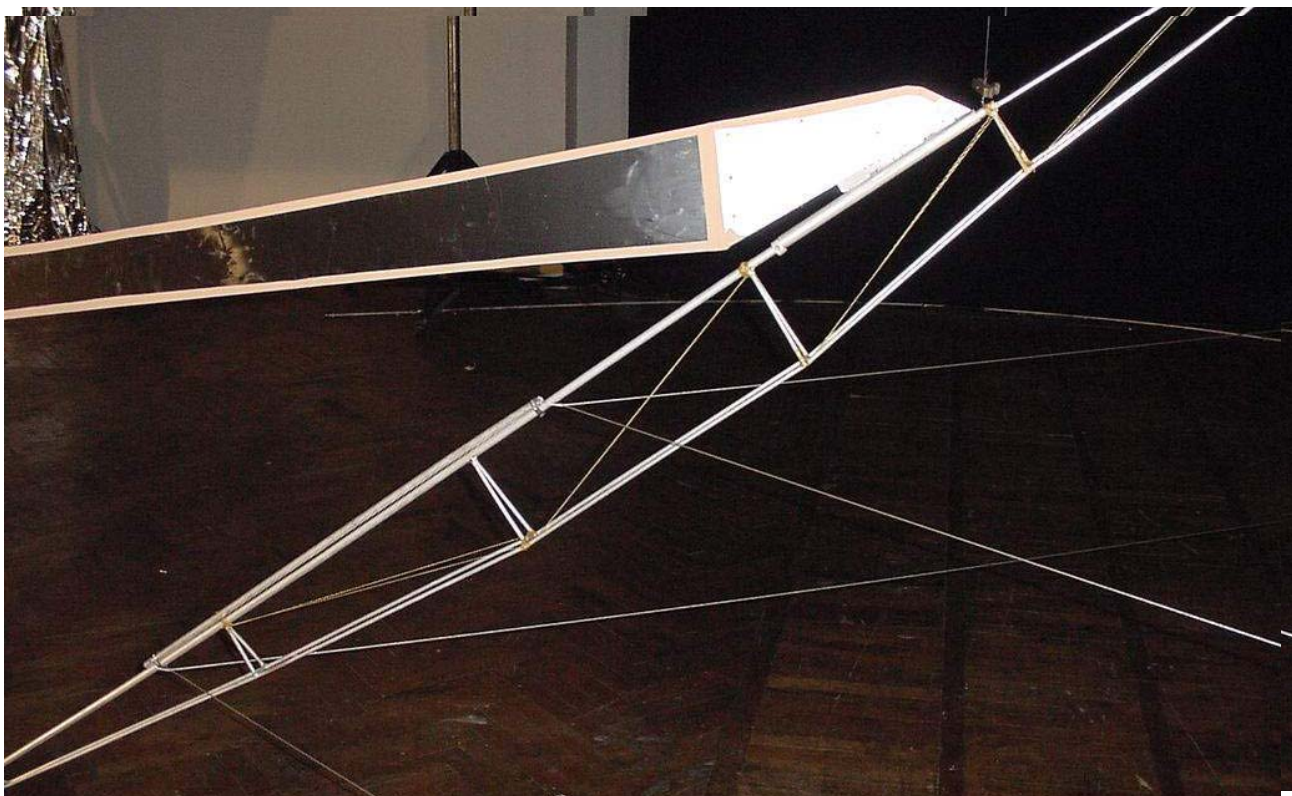


fig. 5.7. რადიალური ფურცელი და მისი განშტოებების დაკავშირება ხისტი ღეროთი.

მოდელის დამზადების შემდეგ ეტაპზე გამოჭრილ იქნა ზედა განშტოების გაგრძელება, რომელიც ერთი ბოლოთი ხისტად იქნა მიერთებული შესაბამისი განშტოების ფირფიტასთან (ფიგ. 5.8, 5.9).



ფიგ. 5.8. რადიალური ფურცლის ზედა – გრძელი განშტოება და კონსოლური ელემენტი.



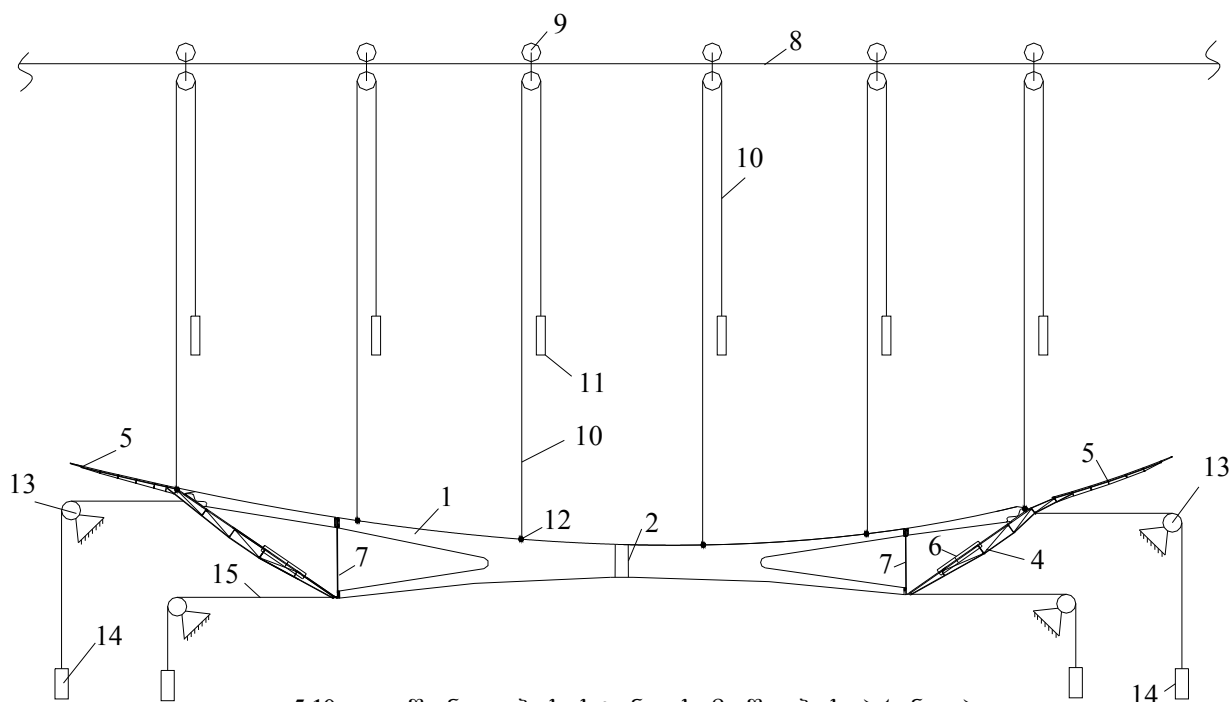
ფიგ. 5.9 რადიალური ფურცლის ჯედა – გრძელი განშტოების დამზადების კვანძი კონსოლურ ელემენტთან.

გრძელი განშტოების ბოლოზე დამოქლონდა ბრტყელი 1,5მმ-იანი ფირფიტა მასზე მიდუღებული 18 სანტიმეტრიანი მილისებრი 11x0,5 ელემენტით (ფიგ. 5.9). კვანძი დამზადდა ფიგ. 5.4-ზე წარმოდგენილი A-A კვანძის იდენტურად.

შემდეგ ეტაპზე ფიგ. 5.6-ზე წარმოდგენილი გეომეტრიული მახასიათებლების მიხედვით დამზადდა კონსოლური ელემენტის ქვედა ნაწილი. ანალოგიურად დამზადებულ იქნა მისი პერიფერიული ნაწილი 5 (იხ. ფიგ. 5.4, 5.8), რომელიც მიდუღებულ იქნა მასზე.

კონსოლური ელემენტის ქვედა ბოლო სახსრულად იქნა მიერთებული რადიალური ფურცლის ქვედა განშტოების ბოლოსთან (ფიგ. 5.4, 5.7), ხოლო გრძელი განშტოების კვანძზე მიდუღებულ მილში გაყრილ იქნა კონსოლური ელემენტის მიმმართველი ღერძი (ფიგ. 5.9) და დაუკავშირდა მას ტრიალის შესაძლებლობით. კონსოლური ელემენტის დგარი დამზადებულია 10x0,5მმ-ის ალუმინის მილისაგან.

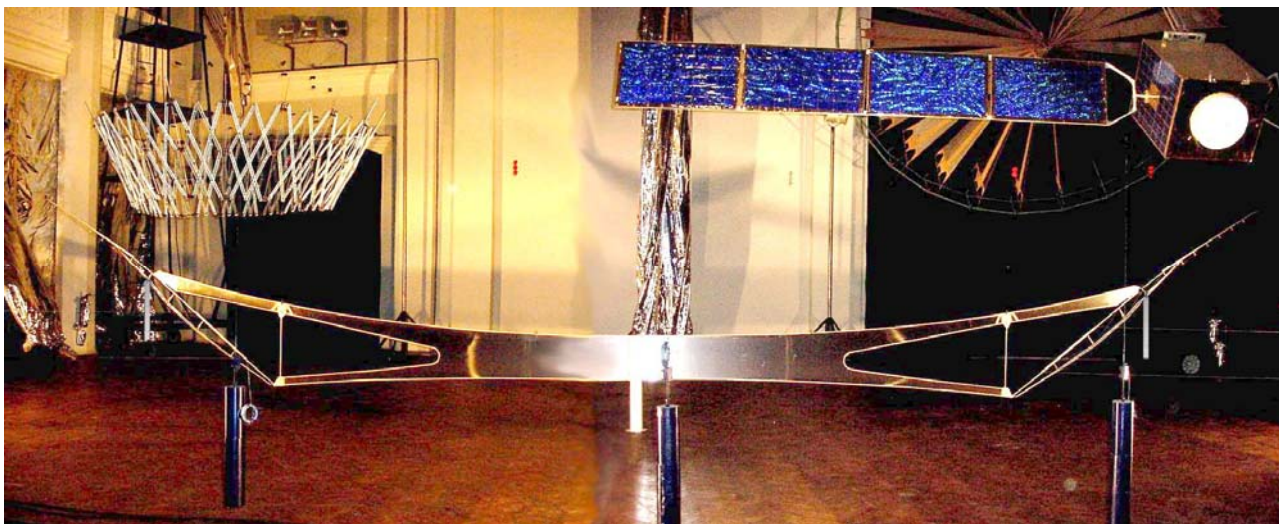
რადიალური ფრაგმენტის ექსპერიმენტული მოდელის დამზადების შემდგომ შეიქმნა 15მ-იანი გაუწონადობის ბრტყელი სტენდი (ფიგ. 5.10).



ფიგ. 5.10. გაუწონადობის სტენდის მოწყობის პრინციპული სქემა რადიალური ფურცლებისათვის.

გაუწონადობის სტენდი შედგება ჰორიზონტალურად დაჭიმული ბაგირისაგან 8 და მასზე მოძრავი ორმაგი გორგოლაჭებისაგან 9. ზედა გორგოლაჭები განკუთვნილია სისტემის ჰორიზონტალური მიმართულებით ბაგირზე გადასაადგი-ლებლად, ხოლო ქვედა – მოდელის დასაკიდებლად.

რადიალური ფურცლები 1, თანაბრად განაწილებული წერტილებით 12, საკიდებისა 10 და საპირწონეების 11 საშუალებით ფიგ. 5.10-ზე წარმოდგენილი სქემის შესაბამისად შეკიდული იქნა გაუწონადობის სტენდზე რის შემდეგაც შესაბამისი ტვირთების 14 შერჩევით, ბაგირებისა 15 და გორგოლაჭების 13 გამოყენებით დაჭიმული იქნა შესაბამისი ძალებით (ფიგ. 5.11).



ფიგ. 5.11. “EVM”-2 რეფლექტორის დიამეტრულად განლაგებული ფრაგმენტი გაუწონადობის სტენდზე.

რადიალური ფურცლების გრძელი განშტოების ბოლოებზე ორივე მხარეს დამაგრებული იქნა სახაზავები.

თავდაპირველად, ბრტყელი ფორმის მისაღებად რადიალური ფურცლები დაიჭიმა მინიმალური ძალებით. დიამეტრულად განლაგებულ ზედა ორ კვანძზე დაკიდებულ იქნა 1,5კგ-ის ტვირთები, ხოლო ქვედაზე – 2კგ-იანი. ჯამში 7 კგ.

ნიველირი დამაგრებულ იქნა კონსტრუქციიდან 5 მეტრის დაცილებით და აღებული იქნა ანათვლები რადიალური ფურცლების ზედა განშტოებების პერიფერიულ კვანძებზე დაკიდებული სახაზავებიდან.

ამის შემდგომ ტვირთების წონა გაზრდილი იქნა ისე, რომ ორივე მხარეს მოდებული ყოფილიყო 120 და 150ნ. დამჭიმავი ძალები შესაბამისად ზედა და ქვედა კვანძებზე, ანუ ჯამში 540ნ, რის შემდეგაც კვლავ იქნა აღებული ანათვლები ნიველირით.

ანათვლების შედეგმა აჩვენა, რომ ადგილი ჰქონდა რადიალური ფურცლების პერიფერიული წერტილების წანაცვლებას ზემოთ და ეს განსხვავება საწყისთან შედარებით შეადგენდა 0,7მმ-ს.

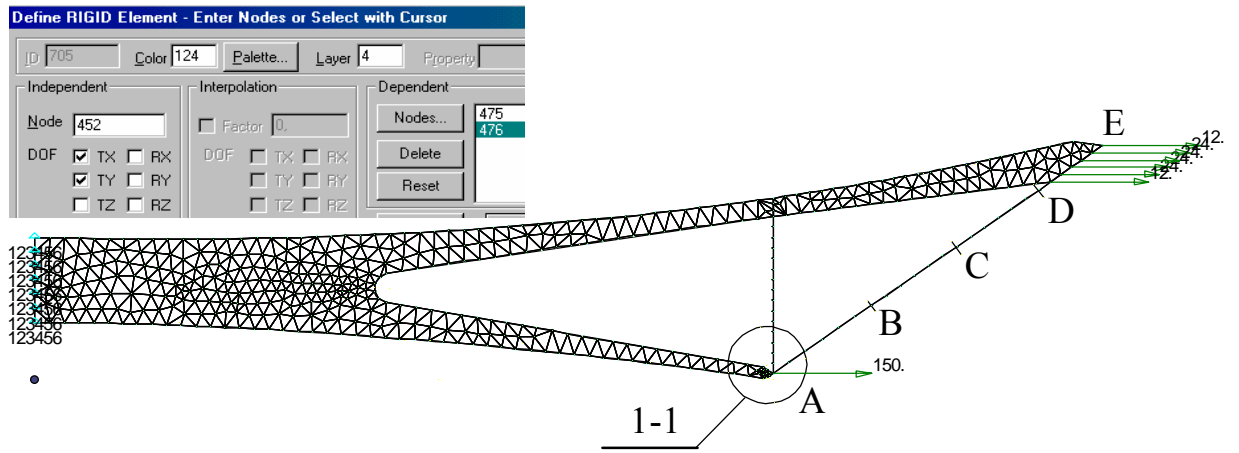
რადიალური ფურცლების მაღალი სიხისტის გამოსავლენად, მათ დაჭიმულ მდგომარეობაში, მარჯვენა განშტოების ზედა ბოლოზე დაიკიდა ტვირთი, რის შედეგადაც კონსტრუქციის მარჯვენა მხარე ქვევით დაიწია და შესაბამისად დიამეტრულად განთავსებული მარცხენა მხარე ზემოთ აიწია.

განსხვავებული წონების კომბინაციითა და ნიველირისა და კვანძებზე დაკიდებული სახაზავების მეშვეობით ორივე მხარეს შესაბამისი ანათვლების აღებით დადგინდა, რომ ერთმანეთის საპირისპირი წანაცვლებები რადიალური ფურცლების პერიფერიულ წერტილებში საკმაო სიზუსტით ემთხვეოდნენ ერთმანეთს, რაც მთელი სისტემის მაღალი სიხისტის მაჩვენებლის კიდევ ერთი პრაქტიკული დადასტურება იყო.

რადიალური ფურცლების დამაბვისას მათი პერიფერიული წერტილების გადაადგილება ექსპერიმენტულის გარდა მოდელირებული იქნა კომპიუტერული პროგრამითაც. განსხვავება მხოლოდ იმაშია, რომ რეალურ მოდელში მასალად

გამოყენებული იყო ალუმინი, ხოლო მათემატიკურ მოდელში – ნახშირპლასტი, თუმცა საბოლოო შედეგებზე ამას დიდი ზეგავლენა აღარ მოუხდენია.

თეორიული ანალიზი ჩატარებულ იქნა სასრულ ელემენტთა მეთოდზე დაფუძნებულ საანგარიშო პროგრამაში MSC NASTRAN V4.0-ში.

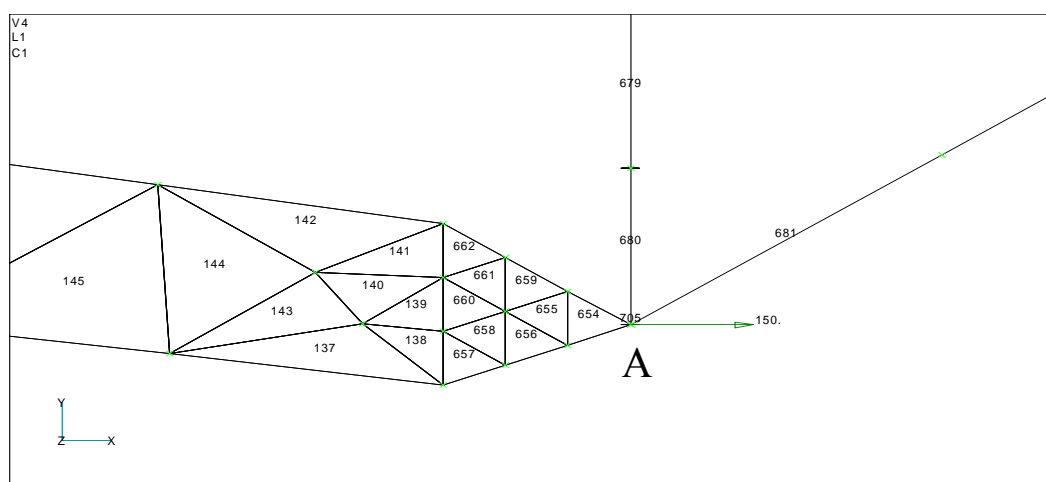


ფიგ. 5. 12. რადიალური ფურცლისა და გადასახსნელი კონსოლის

პირველ ეტაპზე ზემოთ წარმოდგენილი გეომეტრიით აგებულ იქნა რადიალური ფურცელი, ღვარი და სწორხაზოვანი AE კონსოლი, რომელიც თავის მხრივ შედგება ოთხი ნაწილისაგან (ფიგ. 5.12). ვინაიდან ჩვენს შემთხვევაში რადიალური ფურცლის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გასაანგარიშებლად განიხილება ბრტყელი ამოცანა, მოდელირებისას ზედა ჩამაგრება შეიძლება ჩაითვალოს ხისგად.

მასალად ყველგან შერჩეულ იქნა ნახშირპლასტიკატი, რომლისთვისაც $E=7 \times 10^{10} \text{ ნ/მ}^2$, ხოლო პუასონის კოეფიციენტი - 0,3. რადიალური ფურცელი დაყოფილ იქნა 653 სამკუთხა ბრტყელ ელემენტად, სისქით 0,3მმ. ღვარი დაყოფილ იქნა 18 კოჭის ელემენტად, ხუთმილიმეტრიანი ღიაბეგრის მილისებრი განივი კვეთით, რომლის სისქე 0,5 მილიმეტრია. ხოლო რაც შეეხება კონსოლს, მის შემადგენელ ოთხივე ნაწილს შესაბამისად მიენიჭა ფიგ. 3-ზე წარმოდგენილი კვეთების მახასიათებლები და ყოველი მათგანი დაყოფილ იქნა კოჭის 6 ელემენტად – სულ 24 ელემენტად. ყოველივე ამის შემდეგ რადიალური ფურცელი სათავით ჩამაგრებულ იქნა ხისგად, ანუ მის მარცხენა ვერტიკალურ წიბოზე განლაგებული კვანძების ექვსივე თავისუფლების ხარისხები ფიქსირებულ იქნა. რაც შეეხება დაგვირთვებს - ზედა ბოლოზე მოღებულ იქნა 120ნ, ხოლო ქვედაზე 150ნ. ეს ის ძალებია, რომლითაც ძალოვანი რგოლი ძაბავს რადიალურ ფურცელს [44].

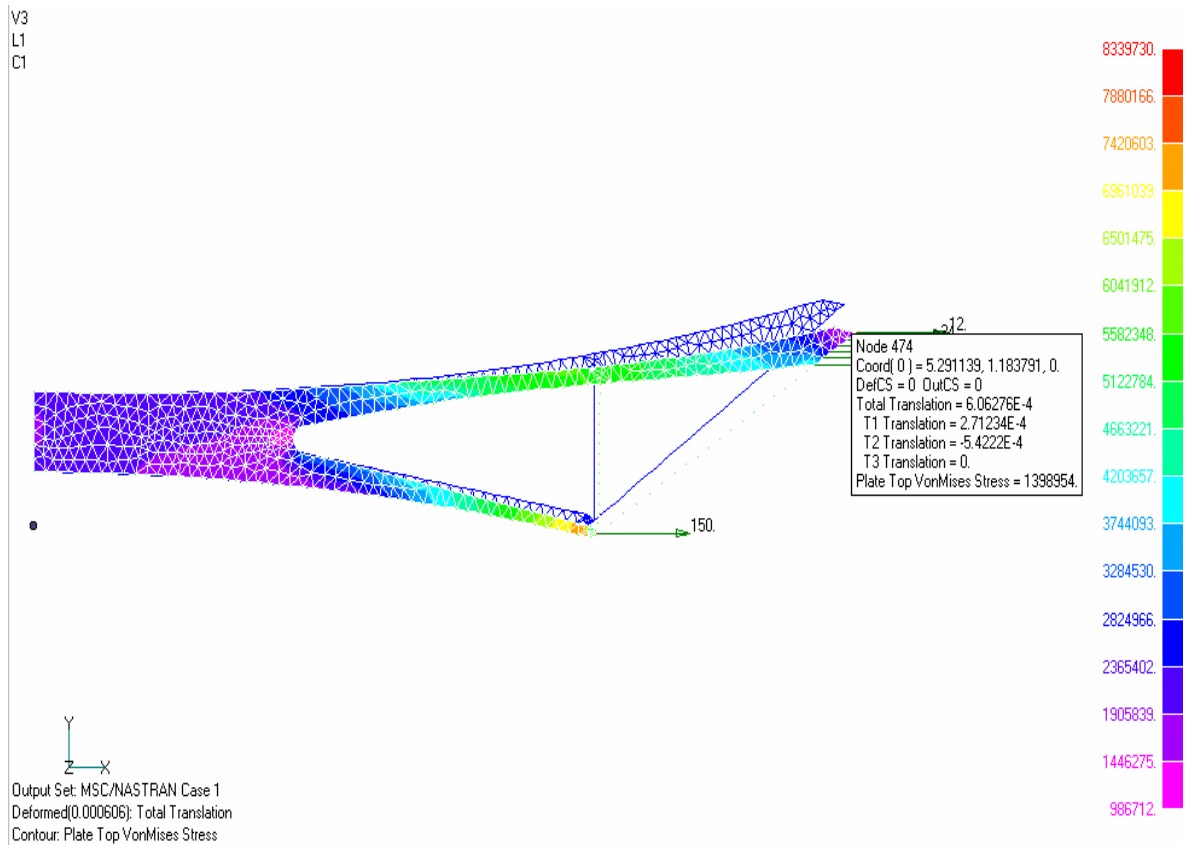
რაც შეეხება ფიგ. 5.4-ზე და ფიგ. 5.12-ზე წარმოდგენილ ქვედა კვანძს, სადაც თავს იყრიან ღვარი, კონსოლი და რადიალური ფურცელი, მოდელირებისას გათვალისწინებულ იქნა მათი სახსრულად შეერთება (ფიგ. 5.13). A კვანძში თავს იყრის 680-ე და 681-ე კოჭისა და 654-ე ბრტყელი ელემენტები, შესაბამისად აღნიშნულ კვანძში გვაქვს სამი – 452, 475 და 476 კვანძები. ლოკალურად ბრტყელი სახსრის დამოღებების თვალსაზრისით მათი დაკავშირება ხდება "RIGID" 705-ელემენტით, რომლის მეშვეობითაც X და Y მიმართულებებით სამივე კვანძი ერთდროულად გადაადგილდება, ხოლო დანარჩენი თავისუფლების ხარისხები მათთვის ასევე თავისუფალია და საჭიროების მიხედვით გრიალებიან Z ღერძის გასწვრივ (fig. 5.12).



ფიგ. 5.13. რადიალური ფურცლის ქვედა ბოლოს, გადასახსნელი კონსოლისა და ღვარის სახსრულად შეერთების მოდელი

გარდა ამისა, რადიალური ფურცლის ქვედა ბოლო გაძლიერებულია 1,5მმ სისქის სამკუთხა ნახშირპლასტიკის ფურცლით, რომელს თავის მხრივ, დაყოფილია ასევე სამკუთხა 9 ბრტყელ ელემენტად.

ყოველივე ამის შემდგომ ამოცანა გაშვებულ იქნა სტატიკურ ანალიზზე, რის შედეგადაც მიღებულ იქნა რადიალური ფურცლის განაპირა წერტილის მაქსიმალური გადახრისა და ძაბვების ეპიურა (ფიგ. 5.14)



ფიგ. 5. 14. რადიალური ფურცლის განაპირა წერტილის მაქსიმალური გაღაბრისა და ძაბვების ეპიურა

ეპიურიდან უგრირებულად ნათლად ჩანს, რომ რადიალური ფურცლის განაპირა წერტილში მდებარე 474-ე კვანძის ვერტიკალური გადაადგილება შეადგენს 0,54მმ-ს, რაც ზელაპირის საჭირო სიზუსტისათვის საფსებით საკმარისია. ექსპერიმენტის შემთხვევაში ეს გადაადგილება 0,7 მმ-ია.

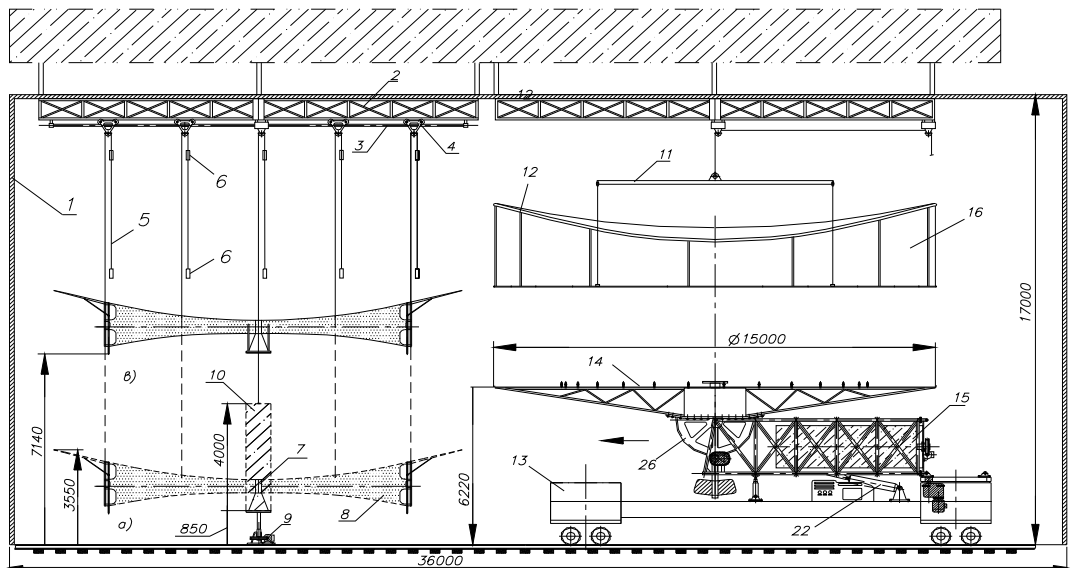
რაც შეეხება ძაბვებს, მათი მაქსიმალური მნიშვნელობები 4,7-დან 8,3 მპა-მდე იცვლება რადიალური ფურცლის ზელა ბოლოს შუა ნაწილში. ქველა ბოლო კი მაქსიმალურად იძაბება მის პერიფერიულ ნაწილში. ფერთა პალიგრაზე ძაბვების მნიშვნელობები მოცემულია პასკალებში.

5.2. კოსმოსური ბაზირების დიდგაბარიტიანი მახვილმიმართული ანტენებისათვის დედამიწის პირობებში შორეული ზონით რადიოტექნიკური გამოცდის მეთოდის შემუშავება

დიდი მახვილმიმართული რეფლექტორული ანტენებისათვის დედამიწის პირობებში შორეული ზონით რადიოტექნიკური გამოცდის მეთოდი მოიცავს შემდეგ ღონისძიებებს [94]:

1. რეფლექტორის თეფშის სასტაპელო მომზადება გეომეტრიული პარამეტრების შენარჩუნებით გრავიტაციის პირობებში;
2. სასტაპელო კომპლექსზე ელექტრომაგნიტური ტალღების გამტარი საფარისა და ფოკალური კონტეინერის დამაგრება;
3. სასტაპელო კომპლექსის სტენდიდან გაყვანა და მისი მომზადება ორიენტაციისა და ფუნქციონირებისათვის;
4. რეფლექტორის თეფშის რადიოტექნიკური გამოცდა შორეული ზონით.

პირველი ეტაპი. განსახორციელებელი სამუშაოები წარმოდგენილია ფიგ. 5.15-ზე და ფიგ. 5.16-ზე. იქვე დატანილია გაბარიტული ზომები მასშტაბების უკეთ წარმოსადგენად.



ფიგ. 5.15

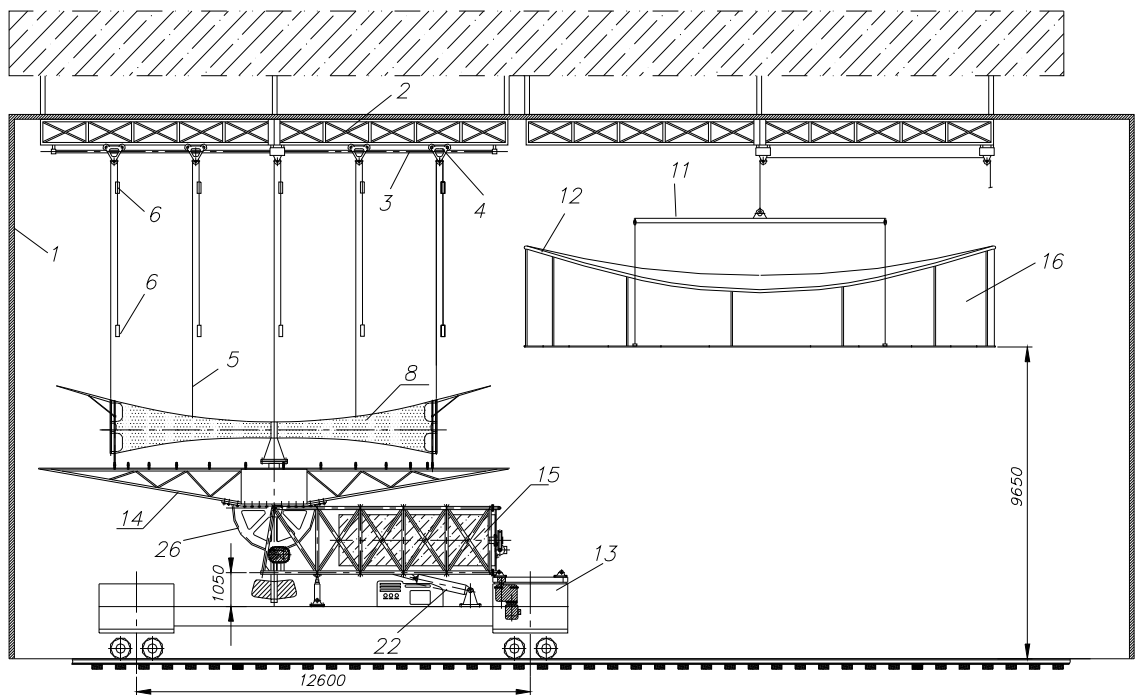
ფიგ. 5.15-ის მარცხენა ნაწილში გამოსახულია გაუწონადობის სისტემაზე დაკიდებული გაშლილი რეფლექტორის თეფში საწყის და აწეულ მდგომარეობებში. მარჯვნივ – გადასაადგილებელ პლატფორმაზე 13 დაწვენილი

ანტისტაპელი 14 და მის ზემოთ დაკიდებული ელექტრომაგნიტური ტალღების გამტარი დამცავი საფარი 12.

ანტისტაპელი, თავის მხრივ, რადიალურად განლაგებული ფერმული მზიდი სისტემაა, რომელიც ცენტრალური ნაწილით 26 მაგრდება საყრდენ ფეხზე 15 მასზე ტრიალის შესაძლებლობით. ანტისტაპელის საყრდენი ფეხის ვერტიკალურ მდგომარეობაში გადაყვანა წარმოებს ცილინდრული დგუმებით 22.

გაუწონადობის სისტემა, რომელიც განლაგებულია დახშულ სტენდში 1, შედგება რადიალურად განლაგებული ფერმული სისტემისაგან 2, ყოველი ფერმის ქვედა წიბოზე ხისტად მიმაგრებული მიმმართველებისაგან 3, მიმმართველების მთელ სიგრძეზე თავისუფლად გორვადი გორგოლაჭებისაგან 4, საკიდებისაგან 5 და მათ ბოლოებზე დამაგრებული საპირწონეებისაგან 6.

საკიდები ერთი ბოლოებით სიხისტის რგოლისა და რადიალური ფურცლების თანაბრად გადანაწილებული ზედა წერტილებით ჩაბმულია რეფლექტორის თეფშთან, რაც კარგად ჩანს თეფშის საწყის - ქვედა პოზიციაში (თეფშის გაშლილ მდგომარეობაში), ხოლო მეორე ბოლოებით –



ფიგ. 5.16

საპირწონეებთან.

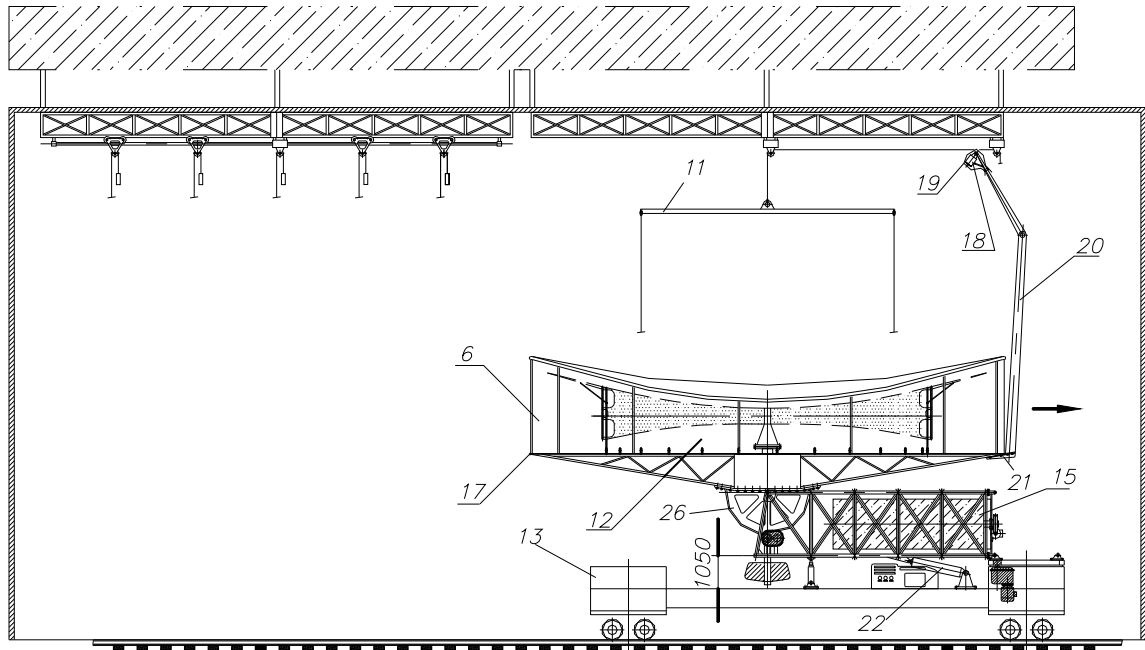
საკიდები თავის მხრივ გადატარებულია გაუწონადობის სტენდის გორგოლაჭებზე, რითაც უზრუნველყოფილია მათი გადაადგილება რადიალური მიმართულებით ანტენის გაშლა-დაკეცვისას.

რეფლექტორის თევში საწყის პოზიციაში ცენტრალური დოლით 7 მიმაგრებულია რადიალური ფურცლების 8 დამხვევი სისტემის 9 ღერძთან. იქვე პირობითად ნაჩვენებია რეფლექტორის თევში დაკეცილ მდგომარეობაში 10. აქვე აღსანიშნავია, რომ რადიალური ფურცლების დამხვევი სისტემა 9 თევშის გახსნის პროცესში ჩახსნილია ცენტრალური დოლიდან 7. იგი გამოიყენება მხოლოდ გაშლილი ფურცლების დასახვევად და მონტაჟდება მხოლოდ გაშლილ რეფლექტორზე.

რადგან გადასაადგილებელ პლატფორმაზე 13 დამონტაჟებული ანტისტაპელის 14 სიმალე დაწვენილ მდგომარეობაში 6მ-ს აღემატება, აუცილებელია რეფლექტორის თევშის აწევა გაუწონადობის სტენდის საშუალებით. ამის შემდეგ გადასაადგილებელი პლატფორმა შედის ანტენის ქვეშ და წარმოებს მათი სიმეტრიის ღერძების თანხვედრა. ყოველივე ეს ადვილად განხორციელებადია, რადგან ჯერ კიდევ გაუწონადობის სტენდზე დაკიდებული რეფლექტორის თევში საკმაოდ დამყოლია (ფიგ. 5.16).

სიმეტრიის ღერძების თანხვედრის შემდგომ ხდება თევშისა და ანტისტაპელის ერთმანეთთან ხისტად დამაგრება და თევშის გაუწონადობის სისტემის საკიდებიდან განთავისუფლება.

მეორე ეტაპი. ელექტრომაგნიტური ტალღების გამტარი საფარი 12 ბრეზენტით 16 შემოჭერილი ფერმული კონსტრუქციაა, რომელიც სპეციალური დამჭერი მოწყობილობით 11 დაკიდებულია ანტისტაპელის თავზე.



ფიგ. 5.17

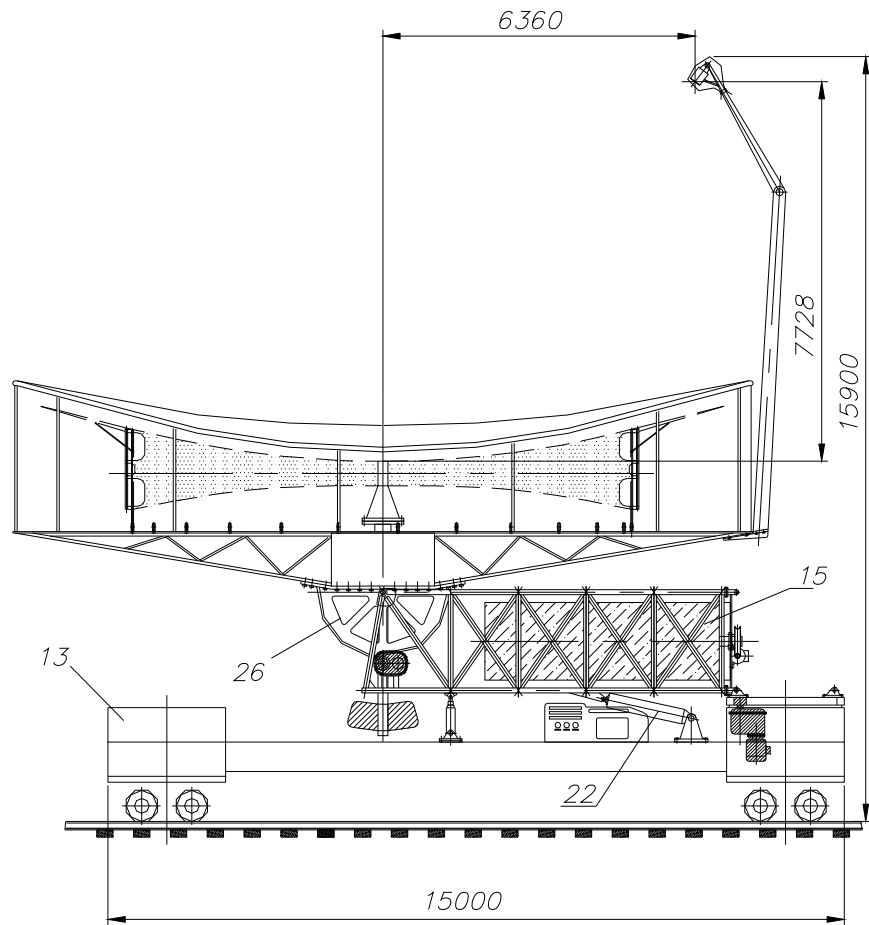
მისი დანიშნულებაა ანტისტაპელზე დამაგრებული თევზის გარემოს მავნე ზემოქმედებებისგან დაცვა (ქარი, თოვლი, წვიმა). დამზადებულია ელექტრომაგნიტური ტალღების არეკვლის არ მქონე მასალისაგან, კერძოდ ხისგან.

პირველი ეტაპის დასრულების შემდგომ გადასაადგილებელი პლატფორმა 13 მასზე დამონტაჟებული მოწყობილობებით გადაადგილება დაკიდებული დამცავი საფარის 12 ქვეშ, რის შემდეგაც დამცავი საფარი ეშვება და მაგრდება ანტისტაპელზე ხისტად მის განაპირა 17 წერტილებში (ფიგ. 5.17).

რაც შეეხება ფოკალურ კონტეინერს 18, ისიც დამცავ საფარშია 19 მოთავსებული და ხისტი ფეხით 20 და კრონშტეინით 21 მაგრდება ანტისტაპელის მარჯვენა კიდეში.

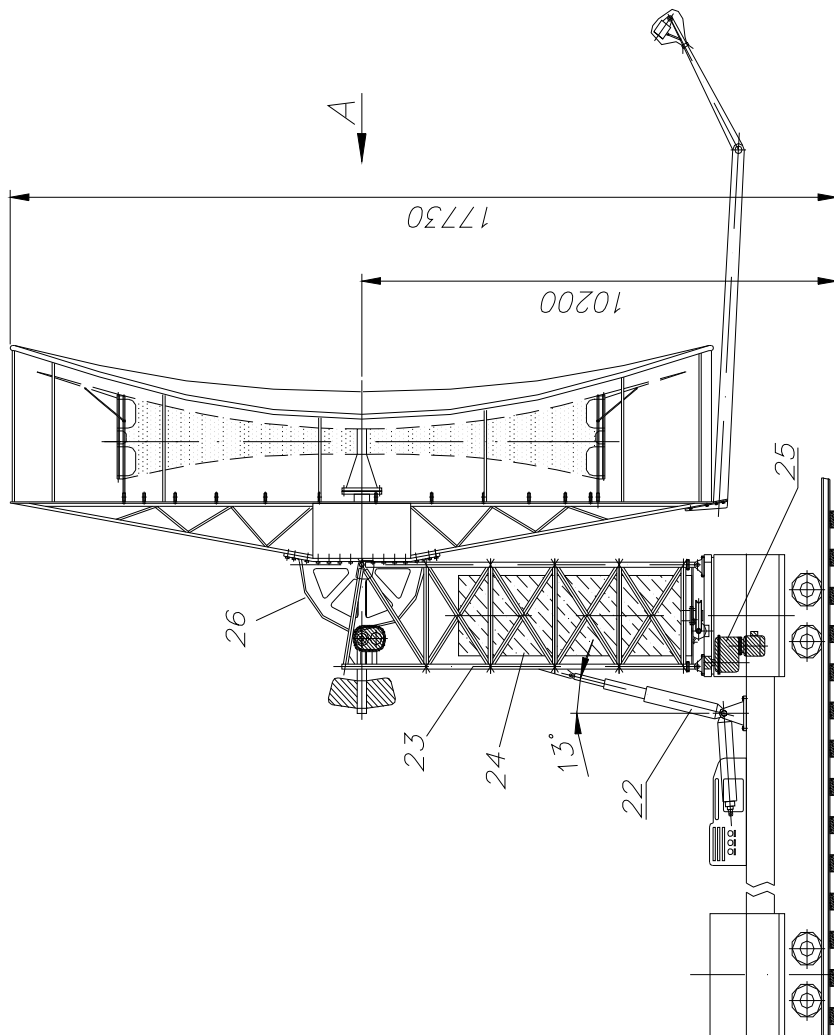
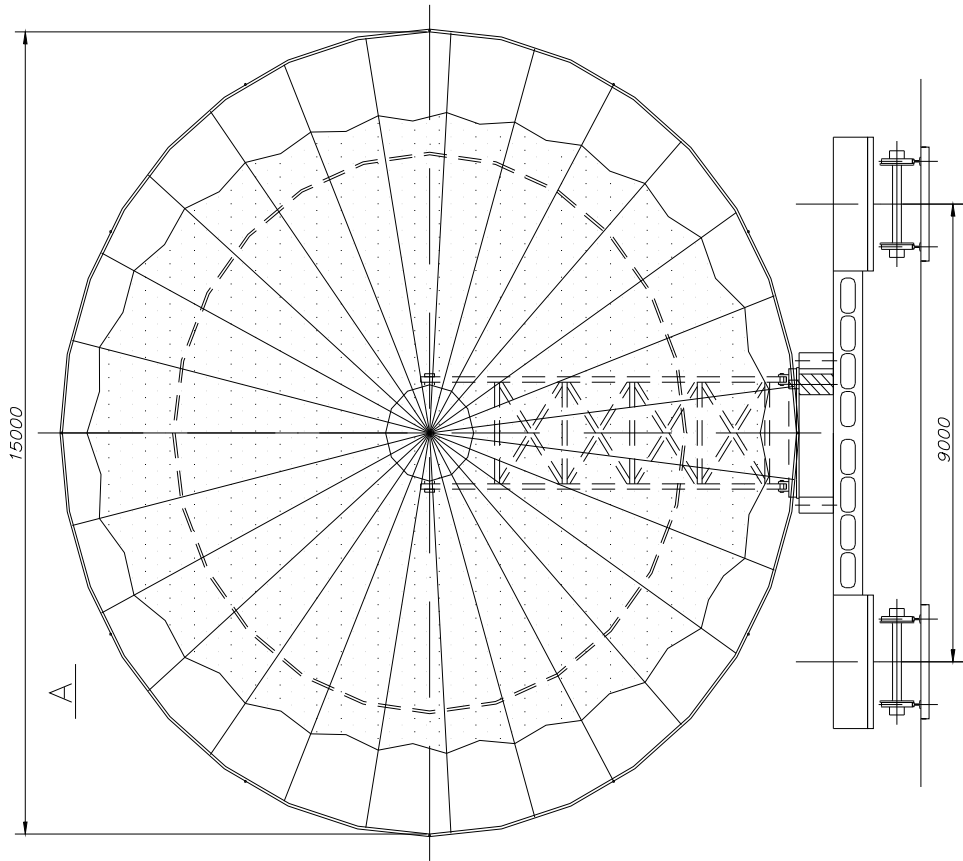
ვინაიდან რეფლექტორის თევზი ოფსეტურია, ფოკალური კონტეინერი არ ჩრდილავს ამრეკლი ზედაპირის ცენტრალურ ნაწილს და უმოკლესი მხარით ხისტადაა დამაგრებული მზიდ კონსტრუქციაზე.

მესამე ეტაპი. მესამე ეტაპზე ხდება დახურული სტენდიდან მთელი

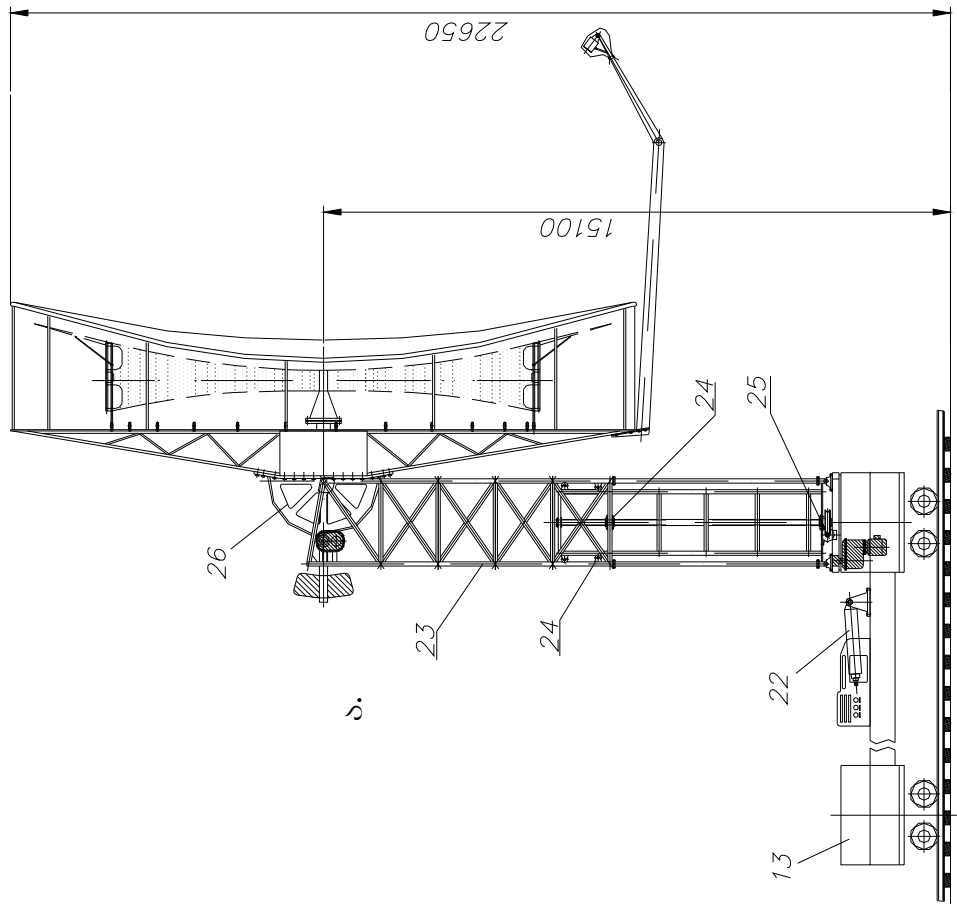
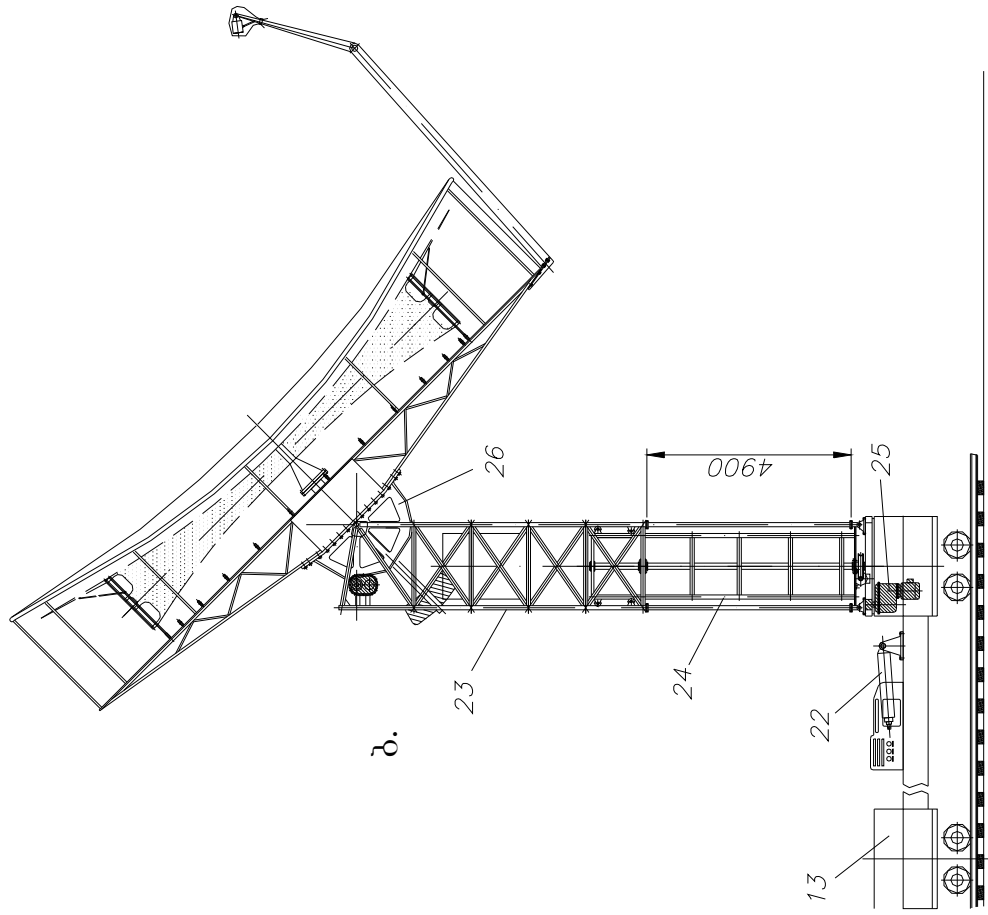


ფიგ. 5.18

სისტემის გამოყვანა (ფიგ. 5.18), რის შემდეგაც დგუმების 22 მეშვეობით ანტისტაპელის საყრდენი კონსტრუქცია 15 დგება ვერტიკალურ მდგომარეობაში (ფიგ. 5.19).



გიგ. 5.19



ანტისტაპელის საყრდენი ფეხი 15, თავის მხრივ შედგება ორი ერთმანეთში ჩადგმული მართკუთხა ფერმული კონსტრუქციებისაგან 23 და 24, რომლებსაც ერთმანეთის მიმართ შეუძლიათ გადაადგილება. მოძრაობა უზრუნველყოფილია სპეციალური ბაგირულ-ამძრავიანი სისტემით 25. ასე, რომ ანტისტაპელს შეუძლია, როგორც ვერტიკალური მიმართულებით ზევით-ქვევით გადაადგილება, ასევე კუთხის შეცვლა ჰორიზონტის მიმართ მბრუნავი მოწყობილობის 26 საშუალებით (ფიგ. 5.20 ა, ბ).

მეთხე ეტაპი. ამ ეტაპზე წარმოებს სასტაპელო კომპლექსის ორიენტაციისა და ფუნქციონირების განხორციელება. კერძოდ, თეფშის საჭირო პოზიციაში დაფიქსირება და მისი დასხივება ელექტრომაგნიტური ტალღებით მოძრავი ან უძრავი ობიექტიდან რის შემდეგაც შესაძლებელია რადიოტექნიკური პარამეტრების მოხსნა და შესაბამისად თეფშის რადიომახასიათებლების შესწავლა და დადგენა.

ძირითადი დასკვნები

1. შესწავლილია ამჟამად არსებული საკომუნიკაციო სისტემების ფუნქციონირებისათვის საჭირო ორბიტალური რადიოტექნიკური კომპლექსები მათი კონსტრუქციული სახისა და მათში გამოყენებული რეფლექტორული ანტენების კონსტრუქციული ტიპების მიხედვით ტალღის სიგრძიდან, ამრეკლის ზომებიდან და მათი მიმაგრების სქემებიდან გამომდინარე;
2. რეფლექტორული ანტენის ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევის მიზნით ახალი მოთხოვნების შესაბამისად დამზადებულია და საცდელი კონსტრუქციების სახით გამოცდილია ორი თხუთმეტ მეტრიანი რადიოტელესკოპი;
3. პროგრამა "რეფლექტორით" შექმნილია და კოსმოსურ ორბიტაზე გაყვანილია ექვს მეტრიანი სარკისებური ანტენა, რომელიც უზრუნველყოფილია ზედაპირის სიზუსტით, მაღალი სიხისტითა და ჩამაგრების წერტილში ზუსტი ორიენტაციით;
4. შექმნილია რეფლექტორული ანტენის ლოგიკური მოდელი და დადგენილია პასიური ინტერმოდულაციის მახასიათებელი (PIM). შემოწმებამ აჩვენა, რომ რეფლექტორის მიერ გენერირებული PIM-ის მაჩვენებელი, როდესაც იგი დასხივებულია ფოკუსში განთავსებული გამაძლიერებელი რუპორებით 166 ვატის სიმძლავრისანი ორი წყაროდან, - 140 დბ-ზე ნაკლებია. ამგვარი დონე სრულად აკმაყოფილებს მოთხოვნებს.
5. რეფლექტორული ანტენებისათვის დადგენილია წიბოვან-ქოლგისებრი და რგოლური სისტემების დადებითი და უარყოფითი მხარეები და ორბიტალური რადიოტექნიკური კომპლექსებისათვის მათი შერწყმით შექმნილია სრულიად ახალი ტიპის გასაშლელი ოფსეტური დიდი ზომის რადიოტელესკოპი, რომელიც ითვალისწინებს გაზარიტებს 6-დან 20 მ-მდე

და ამრეკლი ზედაპირის სიზუსტეს ზემადალი სიხშირის სანტიმეტრული ტალღების დიაპაზონში (3÷30გჰც).

6. ჩატარებულია რადიოტელესკოპების შედარებითი ანალიზი კონსტრუქციული და ფუნქციონალური თვალსაზრისით. მთლიანი სისტემის სიხისტისა და სიზუსტის გათვალისწინებით და კონსტრუირების ლოგიკით დადგენილია რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტი.
7. რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტისათვის ჩატარებულია გაშლის პროცესის შემაფერხებელი ფაქტორების კინემატიკური ანალიზი. განსაზღვრულია ხახუნის ძალები სახსრებში და მთლიანი დანაკარგების გათვალისწინებით სისტემის შემადგენელი ელემენტების სიმტკიცისა და სიხისტის პირობებიდან გამომდინარე განსაზღვრულია ტრანსფორმაციისა და ფორმათწარმოქმნისათვის საჭირო ძალები.
8. რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტისათვის შექმნილია კონსტრუქციის გაშლის არაწრფივი სასრულ-ელემენტოვანი მოდელი, რომელიც შედგება 898 კვანძისა და 4096 ელემენტისაგან. შედგენილია მოძრაობის დიფერენციალური განტოლებები და სხვაობითი სქემა, რომლის ამოხსნა მიიღებულია ბიჯური ინტეგრირებით. შედეგად მიღებულია რეფლექტორის ყველა კვანძის ტრაექტორიები და კოორდინატები დროსთან მიმართებაში და შესაბამისად რეზულტატების სახით დადგენილია ელემენტებში მოქმედი ძალოვანი ფაქტორები. აგებულია შესაბამისი გრაფიკები. ამასთანავე, ამ ფაქტორების გათვალისწინებით მიღებულია რეფლექტორის გაშლის სურათი, რომელიც მოიცავს ხუთ ეტაპს:

- გაშლის საწყის ეტაპზე პირველი 4-5 წამის განმავლობაში, ცენტრალურ დოლზე დახვეული რადიალური ფურცლები თავიანთი ღუნვის სიხისტის ხარჯზე დაგროვილი ენერგიით გამოთავისუფლდებიან და რეფლექტორი თავისთავად იშლება.
- გაშლის მეორე ეტაპზე მოქმედებაში ერთვებიან ელექტრული ძრავები და აჩქარებას ანიჭებენ მთელ სისტემას.

- გაშლის მესამე ეტაპზე სისტემა, მიღებული აჩქარების გამო, თავისი გაშლის სიჩქარით უსწრებს გამშლელი მექანიზმის მოქმედების სიჩქარეს და გამშლელი ბაგირები ეშვება. ამიტომ სტრუქტურა გარკვეული დროის განმავლობაში განიცდის ტრანსფორმაციას ინერციით, ვიდრე გამშლელი ბაგირები ძრავების მუშაობის შედეგად ხელახლა არ დაიჭიმებიან.
- გაშლის მეოთხე ეტაპზე, სისტემაში არსებული ხახუნის გამო გაშლის სიჩქარე თანდათანობით მცირდება და ელექტროძრავები ხელახლა, უკვე გაცილებით მცირე სიმძლავრეებით, კვლავ ერთვებიან მუშაობაში
- გაშლის საბოლოო მეხუთე ეტაპზე რადიალური ფურცლები იჭიმება და იმავდროულად გადადიან ვერტიკალურ მდგომარეობაში.

9. რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტისათვის დადგენილია გამჭიმავი ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც მოქმედებს რეფლექტორის ცენტრალურ ნაწილში ფურცლების განივი კვეთის ცენტრში რადიალური მიმართულებით და ტოლია $S_x = 0.566 \cdot 10^7$ ნ/მ², მაგრამ ეს მნიშვნელობა მცირდება $0.29 \cdot 10^7$ ნ/მ² - დან $0.118 \cdot 10^7$ ნ/მ²-მდე შესაბამისად ფურცლის განივი კვეთის ზედა და ქვედა ნაწილებში. ძაბვების აღნიშნული მნიშვნელობების შესაბამისი რადიალური ფურცლის გამჭიმავი ძალის სიდიდე მერყეობს 90-110 ნიუტონის ფარგლებში.
10. რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტისათვის დადგენილია, რომ რადიალური ფურცლების სისტემა ტემპერატურული დატვირთვების ზემოქმედებისას რჩება დაჭიმულ მდგომარეობაში. ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღინიშნება რეფლექტორის ცენტრთან ახლოს მდებარე ფურცლის განივი კვეთის ქვედა ნაწილში და ტოლია $0.5662 \cdot 10^7$ ნ/მ²-ის, $0.299 \cdot 10^7$ ნ/მ²-ის მის შუა ნაწილში და $0.3818 \cdot 10^6$ ნ/მ²-ის ფურცლის ზედა ნაწილში. ძალა, რომელიც შეესაბამება აღნიშნულ ძაბვებს მერყეობს 120—140 ნ-ის ფარგლებში.

11. რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტისათვის დადგენილია მაქსიმალური მკუმშავი ძალა პანტოგრაფის ბერკეტებში, რომელიც ტოლია 304.1 ნ. ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა კი $\sigma = -0.477 \cdot 10^8 \text{ ნ/მ}^2$. შესაბამისად, რომის ელემენტებში მაქსიმალური მკუმშავი ძალაა 59.17 ნ. ხოლო ძაბვა კი $\sigma = -0.3179 \cdot 10^7 \text{ ნ/მ}^2$.
12. რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტისათვის დადგენილია დინამიკური მახასიათებლები. საანგარიშო კომპიუტერულ პროგრამებში “ANSYS”-სა და “NASTRAN”-ში შედარებითი ანალიზის მიზნით პარალელურად შექმნილია მათემატიკური მოდელი და განსაზღვრულია საკუთარი რხევის სიხშირის 10 ფორმა.
13. რეფლექტორული ანტენების რეალური ზედაპირებისათვის, უმცირესი კვადრატების მეთოდით სამგანზომილებიან სივრცეში დადგენილია და ანალიზურად რადიკალებში ჩაწერილია მათი ფოკუსის ახალი პარამეტრების განსაზღვრისა და საუკეთესო მიახლოებისა (“Best fit”) და თეორიული პარაბოლოიდების მიმართ მათი საშუალო კვადრატული გადახრების გაანგარიშების მათემატიკური მოდელი. გაანგარიშების წარმოდგენილი მეთოდი რეალიზებულია კომპიუტერული პროგრამის სახით და შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ოფსეტური პარაბოლოიდური ზედაპირების სიზუსტის შესაფასებლად.
14. რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტისათვის, სასრულ ელემენტთა მეთოდზე დაფუძნებული მაღალი სიზუსტის კომპიუტერული პროგრამით “MSC/NASTRAN-V6.0”-ით, სამგანზომილებიან სივრცეში, ამრეკლი ბადის “ბალიშის ეფექტის” გათვალისწინებით, შეფასებულია საშუალო კვადრატული გადახრის ზედა ზღვარი საუკეთესო მიახლოების (“Best fit”) პარაბოლოიდის მიმართ, რომელმაც შეადგინა 3,4მმ. შედეგების შედარების ლოგიკური და პრაქტიკული გამართლებისათვის შემუშავებულია ექსპერიმენტული წერტილების შერჩევის ერთიანი სტანდარტი.
15. რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტის ძალოვანი ნაწილის ტრანსფორმაციის შესასწავლად დამზადებული იქნა 1,5მ-იანი მოდელი.

მოდელმა სრულად გაიმეორა თეორიულ ნაწილში წარმოდგენილი კინემატიკური მოძრაობების ყველა სტადიები. ასევე დამზადებული იქნა რეფლექტორული ანტენის ძირითადი ვარიანტის გრძელი ღერძის გასწვრივ დიამეტრულად განლაგებული რადიალური ფურცლებისა და კონსოლური ელემენტების მოდელი რეალურ ზომებში. პრაქტიკულად რადიალური ფურცლების 120 და 150 ნიუტონ ძალით დაჭიმვისას ადგილი ჰქონდა რადიალური ფურცლების პერიფერიული წერტილების წანაცვლებას და შეადგენდა 0,7მმ-ს, ხოლო თეორიულად ეს რიცხვი შეადგენდა 0.55მმ-ს. ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევები საკმაო სიზუსტით დაემთხვა ერთმანეთს და განსხვავება არ აღემატებოდა 15-20%-ს. რაც შეეხება ძაბვებს, მათი მაქსიმალური მნიშვნელობები 4,7-დან 8,3 მპა-მდე იცვლება რადიალური ფურცლის ზედა ბოლოს შუა ნაწილში. ქვედა ბოლო კი მაქსიმალურად იძაბება მის პერიფერიულ ნაწილში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Sh. Tserodze, E. MedzmariaShvili “SOME PECULIARITIES OF THE CREATION OF DEPLOYABLE RING-SHAPED SPACE ANTENNA REFLECTORS USING FLEXIBLE RODS AND ROPES” 28th ESA Antenna Workshop ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 2005.
2. Sh. Tserodze, E. MedzmariaShvili “A NEW DESIGN VARIANT OF THE LARGE DEPLOYABLE SPACE REFLECTOR” Earth & Space 2006 League City/Houston, Texas, USA, 2006.
3. Sh. Tserodze „Engineering Constructions of Concentrators, Power Transmitting & Receiving Antennas & Solar Batteries Large Squares for Space Electric Station” "Fourth European Space Power Conference" Poitiers, France. 4-8 Sept. 95.
4. Определение критической зависимости между силами растяжения радиальных лепестков и канатов в развертываемом двухпоясном рефлекторе. Церодзе Ш. П. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2000, №1, с. 97-100, (рус).
5. Определение параметров аппроксимирующего параболоида офсетной антенны по методу наименьших квадратов. Церодзе Ш. П. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2001, №3(4), с. 81-83, (рус).
6. Теоретическая оценка верхней границы среднеквадратического отклонения (СКО) отражающей поверхности офсетного рефлектора для сетки с различными размерами ячеек и назначение точек на поверхности антенны для дальнейшей экспериментальной проверки СКО. Медзмариашвили Э. В., Джаникашвили М. В., Церодзе Ш. П., Чхиквадзе К. Т., Сарчимелия А. Р. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2001, №4(5), с. 39-42, (рус).
7. Геометрия и аналитическое исследование поверхности офсетного рефлектора Медзмариашвили Э. В., Церодзе Ш. П., Чхиквадзе К. Т., Сарчимелия А. Р., Даташвили Л. Ш. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2001, №4(5), с. 43-46, (рус).
8. Определение среднеквадратического отклонения $СКО_A$ поверхности сетеполотна офсетной антенны относительно аппроксимирующего (“best fit”) параболоида. Церодзе Ш. П. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2002, №2(7), с. 73-75, (рус).

9. Определение $СКО_T$ поверхности сетеполотна офсетной антенны относительно теоретического параболоида. Церодзе Ш. П. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2002, №2(7), с. 76-78, (рус).
10. Методика изготовления отражающей поверхности и его крепления на крупногабаритном космическом рефлекторе. Церодзе Ш. П. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2002, №2(7), с. 79-82, (рус).
11. Конструкция крупногабаритного космического рефлектора, полученная синтезом кольцевых и ребристо-зонтечных систем. Церодзе Ш. П., Медзмариашвили Э. В. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2002, №3(8), с. 59-61, (рус).
12. расчет напряженно-деформированного состояния радиального лепестка крупногабаритного космического рефлектора методом конечных элементов. Церодзе Ш. П. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2002, №3(8), с. 62-64, (рус).
13. Новые суперлегкие гнустержневые мембранные конструкции регулируемые формообразующими структурами”. Церодзе Ш. П. “Проблемы прикладной механики”. Тбилиси, 2002, №3(8), с. 65-68, (рус).
14. А. С. СССР № 293086 на изобретение: “Раскладной рефлектор зеркальной антенны”. Заявка № 3190059, приоритет: 23.12.87. Авторы: Медзмариашвили Э.В., Лоладзе Т. Н., Савин А. И., Данилов Ю. И., Заксон М. Б., Церодзе Ш. П., Даташвили Л. Ш., Гогвава З. В. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
15. А. С. СССР № 298726 на изобретение: “Раскладной каркас отражателя” заявка ¹ 3192005, приоритет: 11.02.88. Авторы: Медзмариашвили Э.В., Церодзе Ш. П. и другие. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
16. А. С. СССР № 1802661 на изобретение: “Раскладной каркас отражателя”. Заявка ¹ 3192005, приоритет: 11.02.88. Авторы: Медзмариашвили Э.В., Церодзе Ш. П. и другие. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
17. А. С. СССР № 1807824 на изобретение: “Раскладной параболический рефлектор” заявка № 4524536, приоритет: 22.12.89. Авторы: Медзмариашвили Э.В., Церодзе Ш. П. и другие. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
18. А. С. СССР № 1809724 на изобретение: “Раскладной параболический рефлектор” заявка № 4526572, приоритет: 28.12.89. Авторы: Церодзе Ш. П., Гогвава З. В. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.

19. А. С. СССР № 1797152 на изобретение: “складной рефлектор” заявка № 4876004, приоритет: 17.10.90. Авторы: Медзмариашвили Э.В., Церодзе Ш. П. и другие. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
20. А. С. СССР № 1787368 на изобретение: “Конструкция защиты от града сельскохозяйственных культур”, приоритет: 09.07.90. Авторы: Церодзе Ш. П. Гогава З. В. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
21. А. С. СССР № 1809935 на изобретение: “Раскладной каркас отражателя”, приоритет: 08.07.93. Авторы: Медзмариашвили Э.В., Церодзе Ш. П., Гогава З. В. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
22. საპატენტო სიგელი N 602 გამოგონებაზე ”გასაშლელი რეფლექტორი”. პრიორიტეტი: 08. 09. 93. ავტორები: მეძმარიაშვილი ე. ვ., ჯანიკაშვილი მ. ვ., წეროძე შ. პ., ჩალაური თ. ა., ნიკოლაძე მ. ნ., გოგავა ზ. ვ., ღათაშვილი ლ. შ. საქართველოს საპატენტო უწყება ”საქპატენტი”.
23. პატენტი პ 2160 გამოგონებაზე ”გასაშლელი რეფლექტორი”. ძალაშია: 19. 06. 98-დან. ავტორები: ელგუჯა მეძმარიაშვილი, ლერი ღათაშვილი, მიხეილ ჯანიკაშვილი, ნოდარ წიგნაძე, შოთა წეროძე, ღავით სუთიძე, გიორგი ხაზარაძე, კონსტანტინე ჩხიკვაძე. საქართველო, ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი ”საქპატენტი”.
24. განაცხადზე საკ. № 3021/01-00 ”გასაბერი კონსტრუქციის გახისგების ხერხი და გასაბერი გახისგებადი კონსტრუქცია”, პატენტის გაცემის დაღებითი გადაწყვეტილება ¹16458, 18. 02. 02. ავტორები: ლერი ღათაშვილი, ელგუჯა მეძმარიაშვილი, ჰორსტ ბაიერი, შოთა წეროძე, ნოდარ წიგნაძე. საქართველო, ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი ”საქპატენტი”.
25. “Большие космические структуры радиотелескопов с регулируемыми поверхностями”. Научно-техническая конференция “Большие космические структуры”, Севастополь, СССР, 1990, Церодзе Ш. П., Даташвили Л. Ш., Гогава З. В.

26. “Перспективные разработки больших разворачиваемых рефлекторов”, сборник научных трудов СКБ №1, “Трансформируемые конструкции”, Тбилиси, 1988г. Медзмариашвили Э.В., Церодзе Ш. П., Даташвили Л. Ш., Гогава З. В.
27. “Крупногабаритные высокоточные разворачиваемые антенны” - комплексное исследование по обоснованию и поиску рациональных путей создания крупногабаритных конструкций и их элементов. Церодзе Ш. П., Медзмариашвили Э.В. СКБ при ГПИ, Тбилиси, 1988, (инв. №106-20стр.).
28. “Каркас для отражателя зеркальной антенны” - комплексное исследование по обоснованию и поиску рациональных путей создания крупногабаритных конструкций и их элементов. Церодзе Ш. П., Медзмариашвили Э.В. СКБ при ГПИ, Тбилиси, 1989, (инв. №128-18стр.).
29. “Раскладной каркас отражателя” - комплексное исследование по обоснованию и поиску рациональных путей создания крупногабаритных конструкций и их элементов. Церодзе Ш. П., Медзмариашвили Э.В. СКБ при ГПИ, Тбилиси, 1990, (инв. №75-23стр.).
30. Светлицкий В.А. Механика стержней, часть 1. М.: “Высшая школа.” 1987, - 319 с.
31. Кисилев В.А. Строительная механика. (динамика и устойчивость сооружений). М.: “Наука.” 1969, - 430 с.
32. Patent 4030102 (USA). Deployable Reflector Structure./ Kaplen, Jack L. Schultz,
33. Справочник. Прочность, устойчивость, колебания. Т.2. М.: “Машиностроение.” 1968, - 463 с.
34. Герасимович А.И. Кеда Н.П. Сугак М.Б. Математический анализ, справочное пособие, часть 2. Минск : “Вышэйшая школа.” 1990,-265с.
35. Мантуров О. В. Курс высшей математики, численные методы. М.: “Высшая школа.” 1991,-442с.
36. Постников М.М. Аналитическая геометрия. М.: “Наука,” главная редакция физико-математической литературы. 1979,-334с.
37. Бермант А.Ф. Краткий курс математического анализа, для втузов. Государственное издательство физико-математической литературы. Москва 1963,-657с.
38. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: “Наука,” 1975,-852с.
39. Бартедьев О.В. Visual Fortran: новые возможности. М.: “ДИАЛОГ-МИФИ,” 1999,-301с.
40. Воскресенский Д. И., Кременецкий С. Д., Гринев А. Ю., Котов Ю. В. Автоматизированное проектирование антенн и устройств СВЧ. Издательство “Радио- связь”, 1988.-239с.

41. Филатов В. Н. Упругие текстильные оболочки. М.: Легпромбытиздат, 1987.-245с.
42. Янг Дж. Н., Хорта Г. Л. Эксперимент по управлению поворотом упругих конструкций. Аэрокосмическая техника. М.: 1987.-193с.
43. Большие космические антенны – обзор. Серия XII. М.: центр научно-технической информации “Поиск”, 1980.- 438с.
44. К. Бате, Е. Вилсон Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: “Стройиздат”, 1982.-446.
45. Аизенберг Г.З. и др. Антенны УКВ.-М.: Связь, 1977, Т.1-384 С.
46. Авдуевский В.С., Гришин С.Д., Жолобов И.Н. и др. Технологический Эксперимент на станции "Салют-5". Труды 12 чтения К.Э. Циолковского. Калуга, 1977. Секция К.Е. Циолковский и проблемы ракетной техники. м., 1979, с 23-28.
47. А.С. 402970 (СССР). Каркас для отражателя зеркальной антенны. Н.Б. Бахарев и др. - Оpubл. в Б.И, 1973, №42.
48. А.С. 508291 (СССР). Вантовое двухпоясное покрытие для здания и сооружения круглого в плане./Н.Б. Канчели.-Оpubл. в Б.И, 1977, №42.
49. А.С. 429486 (СССР). Каркас для отражателя зеркальной антенны. /Н.Б. Бахарев и др. Зависимое от авт. свид. 402970 - Оpubл. в Б.И., 1974, №19.
50. Богомоллов А.Ф., Букарев Н.В., Важенцев Г.Н. Космическая складная антенна. - В кн.: Антенны. Сборник научных статей. М.: Радио и связь, 1981, вып. 29, С. 10-20.
51. Богданов В.А. Устранение неоднозначности навигационных системах. - Зарубежная радио электроника, 1983, №9, с 18-22.
52. Большие космические антенны - обзор. серия XII. М.: центр научно-технической информации "Поиск", 1980.
53. Буюкас В.И, Гвамичева А.С. и др. Неограниченно Нарастиваемый космический радиотелескоп - космические исследования, 1978, Т. XVI, вып. 6, с.924-936.
54. Венскаускас К.К., Михайлова С.А. Тенденции развития и основные характеристики морских спутниковых систем поиска объектов, терпящих бедствия, и системы радиосвязи и радионавигации - Зарубежная радиоэлектроника, 1983, №10, С 3-21.

55. Гвамичева А.С. Вопросы создания складных космических конструкции, - В кн.: развитие конструктивных форм и методов расчета металлических конструкции инженерных сооружений типа антенных устройств и опор. Труды ЦНИИПСК М., 1981, с 29-36.
56. Гряник М.Б., Ломан В.Н. Развертываемые зеркальные антенны зонтичного типа - М.: радио и связь - 1987- с 69.
57. Заболоцкий А.А. Производство и применение композиционных материалов В. кн.: Итоги науки и техники. Серия композиционные материалы. М.: ВИНТИ, ГКНТ, АН СССР, 1979-105с.
58. Кардашов Н.С. Парийский Ю.Н., Умарбаев Н.Д. Возможность прямых измерения расстояний во вселенной радиометодами и "трехмерная" радиоастрономия - изд. САО АН СССР Астрофизические исследования, 1973, №5, с 16-29.
59. Кисилев В.А. строительная механика (Динамика и устойчивость сооружений) М., 1969, с 399-404.
60. Книжкин Р.Г., Кочубей А.Н. Передача энергии пучком СВЧ радиоволн и солнечные космические электростанции - Зарубежная радиоэлектроника, 1983, №7, с75-85.
61. Ломан В.И, Гряник М.В. развертываемые антенны СВЧ диапазона. Зарубежная радиоэлектроника Совместное радио - 1979 №7 с 68-93.
62. Медзмаришвили Э.В. Трансформируемые системы. Тбилиси - 1982.
63. Научно-технический отчет о/нир. Исследование деформации в космических условиях при неравномерном нагреве антенны. /Академия наук УССР институт технической механики СИТМ АН УССР/.
64. Попов М.П. Антенные системы межспутниковой связи и передача информации - Зарубежная радиоэлектроника, 1983, №2 с 63-71.
65. Русаков А.А. Экспериментальный искусственный спутник земли АТС-6 - зарубежная радиоэлектроника, 1976, №8, с 3-22.
66. Y. Rahmat-Samili, A.I. Williams, "Large deployable antennas for satellite communications", AP-S Digest, Vol.2, pp 528-529, 2000
67. P.S. Aston, "Satellite telephony for field and mobile applications", IEEE Aerospace Conference Proceeding, Vol.1, pp 179-190, 2000

68. S.J. MacMullan et alii, "Geosynchronous satellites for MOUS", MILCOM 1999, Vol.2, pp 1119-1124, 1999
69. PE 168.184/Vol 2/5STO, "Interception Capabilities 2000", Luxembourg, October 1999
70. Y. Danolov et alii, "The first space radiotelescope", Nauka I Zhizn, No 11, 1979, pp 2-6
71. <http://vsop.isas.ac.jp/>
72. <http://arise.jpl.nasa.gov/>
73. ღ. ' დდარო, " იცროწავე ტეცქნლოგყ ინნოვაციონს ინ ორბიტინგ V I", I თო-შ იგესტ, 1992, №№ 1375-1378
74. E. Njoku et alii, "Large deployable-mesh antenna system for ocean salinity and soil moisture sensing", IEEE Aerospace Conference Proceedings, Vol.5, pp 141-150, 2000
75. E. Medzmariashvili, *Transformable Space and Ground Constructions. A monograph*
76. (in Russian), Georgia-Germany-Liechtenstein, 1995, 445 p.
77. Inventor's Certificate of the USSR No. 1248498 "A Space Antenna System", 1986.
78. V. Petrov, Synopsis of Thesis, St.Peterburg Mining Academy, 1996.
79. L. Scialino et.al, "Presentation of reflector dish development activities and achieved performances", 28th ESA Antenna Workshop, 2005, ESTEC, Noordwijk.
80. V. Lubrano, D.Raboso et al, "*PIM Characteristics of the Large Deployable Reflector antenna mesh*", 4th International MULCOPIIM Workshop, Noordwijk.
81. J.S. Petit, A. D. Rawlins, S. D. Mitchell, "*PIM Characterization of ESTEC CPTR for ARTEMIS PIM Testing*", Final Report, March 1996.
82. E. Medzmariashvili, A. Cherniavsky, et al, "Space Experiment 'Reflector' on Testing the Large-Scale Deployable High-Precisiion Offset Antenna Reflector of a new Generation at the Orbital Station 'MIR' ", Proceeding of the Millennium Conference on Antennas&Propagation, AP 2000, April 2000
83. L. Scialino, A. Cherniavsky, et al, "The Large Deployable Reflector Programme at S.p.A. EGS and Alenia Spazio", Proceedings of 25th Antenna Workshop,ESA Estec Noordwijk September 2002.
84. P. Angeletti, et al, "New Technologies and System Approaches for Future Mobile Satellite Missions", Proceedings of the 19th AIAA International Communications Satellite Systems Conference, 19th ICSSC'2001, April 2001
85. P. Angeletti, R. Mizzoni, et al, "Antennas for broadband and mobile sattelite communications", Proceedings of the IEEE Antenna and Propagation Society Symposium, APS 2002, June 2002
86. S. Oschkera, "AHD Executive Summary Report", MAGNA STEYR, Austria, 2004

87. M. Domingo Olse, J. Vazquez, "Large Deployable Antenna Reflector Trimming Mechanism". 10th ESMATS, ESA SP-524.
88. A. Neukom, "ADB Executive Summary Report" Switzerland, 2005.
89. M. Gottero, E. Sacchi, S.V. Reznik, D. Yu.Kalinin, L. Scialino "The Large Deployable Antenna (LDA) – A review of materials aspects" ICES2005, Roma
90. E. Gabellini, P. Pelligrino, L. Scialino et al, "Kinematic and Dynamic Simulation of the Deployment of Large Space Antenna System" 25th ESA Antenna Workshop 2002.
91. Сагдеев Р.З. Космические исследования. Достижения и перспективы, - кн.: Проблемы космических исследований, М.: Международный центр научно-технической информации, 1981, с3-13.
92. Соколов А.Г., Гвамичава А.С. Решение инженерных конструкции космических радиотелескопов, - В кн.: Антенны. Сб. Научных статей. М.: Радио и связь, 1981, вып. 29, с 3-10.
93. Справочник. Прочность. Устойчивость. Коллебания. Т.З. М.: Машиностроение 1968.
94. Томски В.С. Управление остронаправленными антеннами. Зарубежная радиоэлектроника, 1983. №1, с 41-50.
95. Феоктистов К.П. Научный орбитальный комплекс. М.: Знание, 1980-64с.
96. Фаворин М.В. Моменты инерции тел. Справочник. М.: Машиностроение. 1977г.
97. Фролов К.В. и др. Теория механизмов и машин. М.: Высшая школа. 1987г.
98. Решетов Л.Н. «Рациональные механизмы». Москва, 1990.
99. Гогилашвили В.Н. «Моделирование динамики механизмов с регулярными звеньями». Проблемы прикладной механики, №1. 2000
100. Browh W. Solor power satellites, microwaves delever the power. JEEE Spectrum, 1979, 16. №.6, pp. 36-42.
101. Boundy R.A. advanced composites: future space application. adv. compos. Tecno. Pap. Conf. El Segundo, calif, 1978, pp.197-215.
102. British Extending life Spans of Satellites. aviation Week Space Technology, V. 118. №.12. pp. 68-70.
103. Craig c.NASA ShftS lorge StructureS planing. aviation wek Space Technology, 1979, 9IV.VOL 110, №15, pp. 43-49.

104. Card Michael F., Boyer William J. large Space Structures-Fantasies and Facts.- AIAA/ASME AHS 21 st. Structures Structural Dynamics and Material Conference, Seattle, Washington, may 1980, a collection of technical papers, pp. 101-115.
105. Card M.F., Kruszewski E.T., Guastafarro A. Technology assessment outlook. *Astronautics aeronautics*, v.16, №10. 1978, pp. 48-54.
106. Craig C. Shuttle mission control training starts. *Aviation week Spau Technology*, 1979, v. 110, № 18, pp. 125-135.
107. Dooling D. Specimen in the Wet. *Space flight*, 1978, 11, vol. 20, № 2, pp.71-72.
108. Exehddable Space Antenna Developed. *Aviation Week & space Technology*, 1979, V. 111, №19, 57p.
109. Fager J.A., Gariot R. Large-aperture expandable truss microwave antenna.-*IEEE Trans*, July 1969, ap-17, №4, pp. 452-458.
110. Glaser P.F. Power from the sun, It`s ruture. *Science*, 1968, vol. 162, pp. 857-886.
111. Garibotti J.F. et al Composites bor large space structures. *Acta astronautica*, 1978, 5, №. 10, pp. 899-916.
112. Gvamichava A.S., Saveliev V.A., Sokolov A.G. Possibilities of Developing & rabricating large Replecting Surfaces for Cosmic Space applications. Report XXVIII Congress of Iynernational astronautical federation, Praha, Czechoslovakia, 1977, pap. 77-88.
113. Gvamichava A.S. et al. Collapsible Antenna Deployed Electrostatic Forces. - Report of the XXXII Congress IAF, Rome, Italy. Report 81-383, 1981, 14p.
114. Hedgepeth J.M. Primery desingn requirements for large space stuctures. -*AIAA Pap.*, 1981 №443., pp.11-16.
115. Heard W. et al. Structural Sizing Consideration for Large Space platforms. *J.Spacecraft Rockets*, 1981, 18, №. 6, pp. 556-564.
116. Hedgepeth J.M. Dynamics of large Spin-Stiffened Deployable paraboloidal Antenna *J.Spacecraft*, 1970, v.7, №9, pp. 1043-1049.
117. Hadgepeth John M. Practical Design ob low-Cost large Space Struqtures.-*astronautics and Aeronautics*, october 1978. pp.30-34.
118. Koelle D.E., Klinan W. The Geo-SPAS platform, a third generation communication satelite concept. *AIAA 8th. Commun. Sat. Syst. Conf.* Orlando Fla, 1980, collect, Techn. Pap. S.I. s.a. pp. 185-191.
119. Kline Richard I. Construction of Large structures in space, - *J. astronautic Sci.*, 1979, 27, №.4, pp. 401-418.

120. Kats E., Pankopf D.L. Making a Start on Shuttle-Erectable Structures. *Astronautics Aeronautics*, 1978, v.16, №10, pp.40-43.
121. Meirovitch I., Baruch H. et al. Comparison of Control Techniques for Large Flexible Systems. *J. Guidance, Control Dynamics*, 1983, pp. 303-310.
122. Nonsen R.H., Ramio H.D. Structures for Solar Power Satellites. *Astronautics*, 1978, v.16, №10, pp. 55-59.
123. Pend T.C. An oxidative erosion study of carbon composites With high speed photography *AIAA Pap.*, 1979, №375, pp.1-9.
124. Patent 3546706 (USA) Light Weight reflecting structures. utilising electrostatic inflation. J.H. Cover et al, 1970.
125. Patent 3397399 (USA). Collapsible dish reflector /R.R.German et., 1968.
126. Patent 3496687 (USA), Extensible Structure. /H.S. Greehberg, 1971.
127. Patent 3618111 (USA). Expendable Truss parabolic antenna.//H.Vandhan Desmond, 1971.