

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

რევაზ სახვაძე

საქართველოში საჰაეროკოსმოსური თავდაცვის სისტემის შექმნა, ორბიტალური
კომპლექსის ტექტიკური და ტექნიკური პარამეტრების გაუმჯობესებით
სადოქტორო პროგრამა „სამხედრო ინჟინერია“

შიფრი 1031

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2023 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში

სამშენებლო ფაკულტეტი

სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელები: პროფესორი ელგუჯა მექმარიაშვილი
პროფესორი თამაზ ხმელიძე

რეცენზენტები: პროფესორი შოთა წეროძე, სტუ. სამშენებლო ფაკულტეტი,
გენერალ-მაიორი ვახტანგ კაპანაძე, სპეციალური სისტემებისა და
საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტი

დაცვა შედგება 2023 წლის 14 ივლისს, 12:00 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის

სადოქტორო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე,

I კორპუსი, აუდიტორია 508

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო

ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი

დემურ ტაბატაძე

შესავალი

ნაშრომის აქტუალურობა ვლინდება თანამედროვე ინჟინერიაში ორბიტალურ გადამცემ მოწყობილობათა მონაცემების გაუმჯობესების მიმართულებით. კერძოდ, მოიცავს რეფლექტორული ანტენის სტრუქტურის კვლევას, გეომეტრიის განხილვას, ქცევის ბუნების დადგენასა და ფორმების ჩამოყალიბებაზე მოქმედი პროცესების შესწავლას, ტრანსფორმაციის უნარს. აღნიშნული თემა ეხმაურება ცალკეული კომპონენტისა და დეტალის გეომეტრიულ და ფუნქციურ გადაწყვეტას, სისტემის ფორმათა ცვალებადობის განსხვავებულ პრინციპსა და საცდელი პროტოტიპის შექმნის საფეხურებს.

სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანია სხვადასხვა კომპონენტში ხელოვნურ თანამგზავრთა ან მათ კომპლექსთა მონაცემების გაუმჯობესება. კერძოდ, სატრანსპორტო პაკეტის გაბარიტული ზომების შემცირება და კონსტრუქციის მზიდი უნარის გაუმჯობესება. აგრეთვე, კვლევის ფარგლებში უნდა შეიქმნას და დამზადდეს ფიზიკური პროტოტიპი, რომელშიც მოყვანილი იქნება იმგვარი შეერთების კვანძების გადაწყვეტა და კომბინაცია, რაც განსხვავებული ხედვით დაგვანახებს აღნიშნულ საკითხს და მის აქტუალურობას. შეძლებისდაგვარად განხილულ იქნას ყველა დასაშვები შესაძლებლობა ამოცანის გადაწყვეტისთვის.

შესავლისთვის აღსანიშნავია არსობრივად გავიაზროთ ზოგადად ანტენის როგორც კვლევის ობიექტის ცნება და შემდგომ დეტალურად განვიხილოთ იმ კონკრეტული პრობლემების თუ გამოწვევების ერთობლიობა და აქტუალურობა, რაც დღევანდელ თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიური მიღწევებისა და განვითარების პირობებში არსებობს.

ნაშრომში სამეცნიერო სიახლეს შეადგენს კონკრეტული კვანძების კომბინაციით მიღწეული შედეგი. კერძოდ, განხორციელებული ახლებური ტრანსფორმაციის უნარი და ექსპლოატაციის ფუნქცია, გაზრდილი ძალოვანი დატვირთვების პირობებში რეფლექტორული ანტენის ბადის დამჭერი კონსტრუქციისთვის. მათსადაამე, აღნიშნული კონსტრუქციის გაანგარიშებისთვისა და შექმნისთვის საჭირო ღონისძიებები, რაც მოცემულია კონკრეტულ შეზღუდვებთან და დაშვებებთან ერთად, წარმოადგენს ნაშრომში მთავარ

სამეცნიერო სიახლეს და იძლევა მსგავსი ფორმის კონსტრუქციების რეალიზებისა და განხორციელების საშუალებას.

სადოქტორო კვლევის **პრაქტიკული ღირებულებაა** კონცეპტუალური საცდელი მოდელის შექმნა და რეალური განხორციელება, რომლის საფუძველზეც დადგინდა რეფლექტორული ბადის დამჭერი კონსტრუქციის ქცევის თავისებურებანი.

ნაშრომში მიღწეული შედეგების **გამოყენების სფერო** ერთის მხრივ მულტიდისციპლინარულია, მეორეს მხრივ შექმნილი კონსტრუქციის პირდაპირი დანიშნულებაა რეფლექტორული ტიპის გადამცემი ანტენის გეომეტრიული მდგრადი ფორმის უზრუნველყოფა.

საექსპერიმენტო მოდელი შექმნილია ციფრული წარმოების მეთოდის გამოყენებით. ციფრული მოდელის საანგარიშოდ გამოყენებულია **სასრულ ელემენტთა მეთოდი**.

ნაშრომის აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომში გამოყენებული მასალები წარმოდგენილია ორ სამეცნიერო კონფერენციაზე, გამოქვეყნებულია სამ სამეცნიერო ნაშრომში და ტექნიკურ ჟურნალში.

დოსერტაციის სტრუქტურა: რეფლექტორული ანტენის ტრანსფორმირებადი კონსტრუქციის განხილვის თემა ეხება რადიოგადამცემი მოწყობილობის პარამეტრების გაუმჯობესების მიზნით გატარებულ ღონისძიებებს. კერძოდ, ცალკეული კომპონენტის და დეტალის გეომეტრიული და ფუნქციური გადაწყვეტის ახლებურ ხედვას, სისტემის ტრანსფორმირების განსხვავებულ პრინციპს და საცდელი პროტოტიპის შექმნის საკითხებს. ნაშრომი შედგება ლიტერატურის მიმოხილვის, პარამეტრების განსაზღვრის, პრაქტიკული სამუშაოებისა და მიღწეული შედეგების განხილვის ნაწილისაგან, მოცულობა შეადგენს 111 გვერდს.

დისერტაციის შედეგები და ზოგადი დასკვნები

პირველ თავში განხილულია: თეორიული საფუძვლები და თანამედროვე საინჟინრო გამოწვევები ტექნიკური პარამეტრების დადგენის მიზნით. კერძოდ, ტრანსფორმირებადი სტრუქტურების არსებული ფორმები და მათი განხორციელების ეტაპებზე არსებული საინჟინრო ტექნოლოგიური გამოწვევები აღნიშნულ დარგში. ელექტრომაგნიტური სპექტრი და რადიოსიხშირეები როგორც გეომეტრიული ფორმების განმსაზღვრელი უპირველესი ფაქტორი.

ნაშრომში მეორე თავი ეთმობა პარამეტრთა განსაზღვრის წანინლს, კერძოდ რადიოპარამეტრებს და მათ განხილვას, როგორც სტრუქტურის ფორმათა განმსაზღვრელ ძირითად მიზეზს, გამოკვლეულია ასევე სამხედრო და სამოქალაქო დანიშნულებით წაყენებული მოთხოვნები აღნიშნული სისტემებისთვის. რეფლექტორული ანტენის ტრანსფორმირებადი კონსტრუქციის ფორმები განპირობებულია რადიოგადამცემი მოწყობილობის პარამეტრების გაუმჯობესების მოთხოვნებიდან გამომდინარე. ამისთვის ასევე მნიშვნელოვანია რადიო პარამეტრების განსაზღვრა, სიგნალის გადაცემაზე და მიღებაზე მოქმედი ფაქტორების დადგენა. შესაბამისად, აღნიშნულ თემაში განხილულია ორბიტულ კომპლექსში შემავალი ხელოვნური თანამგზავრის ტექნიკური პარამეტრების გაუმჯობესებასთან დაკავშირებული ღონისძიებების ერთობლიობა და მათ ფორმაზე რადიოპარამეტრებით დადგენილი მოთხოვნების გამოკვლევა.

მესამე თავი შეადგენს პრაქტიკულ სამუშაოებს. ნაშრომში ექსპერიმენტული კვლევის ამოცანას წარმოადგენს კონცეპტუალური მოდელის შექმნა და მასზე დაკვირვება, ქცევის შესწავლა განსხვავებული დატვირთვებისა თუ ძაბვების არსებობის პირობებში.

მეოთხე თავში განხილულია მოიღწეული შედეგები და მათი ადგილი სამხედრო საინჟინრო და სამოქალაქო სამრეწველო მიმართულებით

დასკვნის ნაწილში მნიშვნელოვანია აღინიშნოს განხორციელებული შედეგი ორი ძირითადი მიმართულებით. კერძოდ ერთის მხრივ ტრანსფორმაციის განსხვავებული ფორმა სისტემისთვის, ასევე კონსტრუქციის გაუმჯობესებული მზიდი უნარი და მეორეს მხრივ პროტოტიპის შექმნის პროცესში გამოყენებული

წარმოების ტექნოლოგია, რამაც სისტემის შემადგენელი დეტალების გეომეტრიული ფორმების შესრულების შესაძლებლობა მოგვცა.

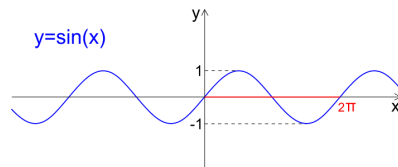
თეორიული კვლევა და პარამეტრთა განსაზღვრის ნაწილი

რადიოტალღები არის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, რომლის ტალღის სიგრძეებიც ელექტრომაგნიტურ სპექტრში (ნახ. 2) გრძელ ტალღებს დედამიწის ნაწილის დაფარვა შეუძლიათ ძალიან თანამიმდევრულად, უფრო მოკლე ტალღებს შეუძლიათ იონისფეროდან არეკვლა და დედამიწის ზედაპირზე გავრცელება, ხოლო კიდევ უფრო მოკლე სიგრძის რადიოტალღები იდრიკება ან ირეკლება ძალიან სუსტად და ვრცელდება პირდაპირი ხედვის საზღვრებში [1].

ფიზიკურად ანტენა წარმოადგენს ერთი ან მეტი გამტარისგან შედგენილ კონსტრუქციას, რომელსაც მიეწოდება ცვლადი ელექტრული სიგნალი. ანტენის ელემენტების ელექტრომაგნიტური მუშაობის შედეგად ელექტრული სიგნალი გარდაიქმნება ელექტრომაგნიტურ ტალღად. ელექტრომაგნიტური ტალღების მიღება შესაბამისად შებრუნებული პროცესია. ელექტრომაგნიტური ტალღა მიმდებ ანტენაში აღძრავს შესაბამის ცვლად ელექტრულ დენს. იმის მიხედვით, თუ რა სიხშირისა და სიმძლავრის დიაპაზონში ხდება გამოსხივება და მიღება, შემუშავებულია სხვადასხვა ზომისა და ფორმის ანტენები, ესენია მანჭვალისებრი ან ტელესკოპური (გასაშლელი ტიპის ანტენა ხშირად გამოიყენება FM სამაუწყებლო დიაპაზონის რადიომიმღებებში, რაციებში), დიპოლური (ფართოდ გამოიყენება სატელევიზიო მიმღებში), დირექტორული (გამოიყენება სატელევიზიო დეციმეტრულ დიაპაზონში, ორ პუნქტს შორის Wi-Fi კავშირის უზრუნველყოფისათვის, რადიო სამოყვარულო კონსტრუქციებში), რუპორული (გამოიყენება რადიო-სარელო ხაზებში, როდესაც მნიშვნელოვანია ანტენის გამლიერება, გამოიყენება იშვიათად, რადგან აქვს დიდი ზომები პარაბოლურ ანტენასთან შედარებით), პარაბოლური (გამოიყენება რადარებში, რადიო-სარელო ხაზებში, თანამგზავრულ კავშირებში, რადიო ასტრონომიული დაკვირვებებისათვის) [2].

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება - ტალღური ტიპის მოვლენაა, რომელიც ვრცელდება ვაკუუმში ან გარემოში. ის შედგება ელექტრული და მაგნიტური

ველებისაგან, რომლებიც ირხევიან ერთსა და იმავე ფაზაში ერთმანეთისა და ტალღის გავრცელების მიმართულების მართობულ სიბრტყეში. ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას ყოფენ რამდენიმე სხვადასხვა ტიპად ტალღის სიხშირის მიხედვით. ეს ტიპები მოიცავს (სიხშირის ზრდის მიმართულებით) რადიოტალღებს (ნახ. 2) 3 KHz - 300 GHz-მდე, მიკრო ტალღებს, ტერაჰერცულ გამოსხივებას, ინფრაწითელ გამოსხივებას, ხილულ სინათლეს 400 THz 800 THz-მდე, ულტრაიისფერ გამოსხივებას, რენტგენის სხივებს და გამა გამოსხივებას. სიხშირის საკმაოდ ვიწრო, ცვალებადი დიაპაზონი აღიქმება ცოცხალი ორგანიზმების თვალის მიერ. ამ დიაპაზონს ხილული სპექტრი, ან უბრალოდ სინათლე ეწოდება. ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას გადააქვს ენერგია და იმპულსი, რომელიც შეიძლება გადაეცეს გარემოს.



ნახ. 1 ელექტრომაგნიტური ტალღის გრაფიკული გამოსახულებითი მოდელი სადაც y წარმოადგენს ამპლიტუდას, $2 \times \pi$ კი სიგნალის სიგრძის $2 \times \lambda$ მაჩვენებელს შეესაბამება

ტალღის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია სიხშირე, რომელიც SI სისტემაში ჰერცებში Hz იზომება (ნახ. 2). ერთი ჰერცი არის ისეთი რხევის სიხშირე, რომელიც ერთ სრულ ციკლს ერთ წამში ასრულებს. ტალღის კიდეც ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია ტალღის სიგრძე λ (ნახ. 1), რომელიც განისაზღვრება, როგორც მანძილი ტალღის ორ მომდევნო მაქსიმუმს შორის. ელექტრომაგნიტური ტალღების სიგრძე იცვლება ფართო დიაპაზონში - რადიოტალღებისთვის ის ასეულობით მეტრის რიგის შეიძლება იყოს, ხოლო გამა გამოსხივებისთვის კი შეიძლება ატომის ბირთვზე მცირე ზომის.

გამოსხივების სიხშირე ტალღის სიგრძის უკუპროპორციულია. კავშირს ამ სიდიდეებს შორის შემდეგი სახე აქვს (განტ. 1):

$$v = f \lambda \quad (\text{განტ. 1})$$

სადაც v არის ტალღის გავრცელების სიჩქარე (ვაკუუმში ის c - სინათლის სიჩქარის ტოლია, ხოლო სხვა ნებისმიერ გარემოში უფრო ნაკლებია), f - არის

სიხშირე, ხოლო λ - ტალღის სიგრძე. როდესაც ტალღა ერთი გარემოდან მეორეში გადადის, გავრცელების სიჩქარე იცვლება, ხოლო სიხშირე უცვლელი რჩება.

ნებისმიერი აჩქარებით მოძრავი მუხტი, ან მაგნიტური ველი დროში აგენერირებს ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას (ნახ. 3). ელექტრომაგნიტური ინფორმაცია მუხტის შესახებ ვრცელდება სინათლის სიჩქარით.

სხვადასხვა სიტუაციაში ელექტრომაგნიტური გამოსხივება სხვადასხვაგვარად იქცევა - ან როგორც ტალღა, ან როგორც ნაწილაკების ერთობლიობა. როგორც ტალღა, ის ხასიათდება გავრცელების სიჩქარით (სინათლის სიჩქარე), სიხშირით და ტალღის სიგრძით. როდესაც გამოსხივება განიხილება როგორც ნაწილაკების ერთობლიობა (რომლებსაც ფოტონი ეწოდება), თითოეულ ნაწილაკს აქვს ენერჯია.

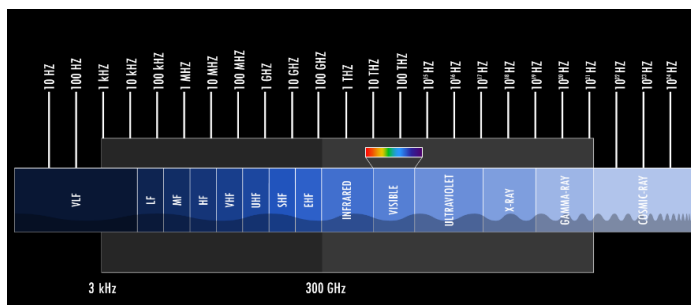
ერთი მტკიცება სამართლიანია ნებისმიერ შემთხვევაში - ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ვაკუუმში ყოველთვის სინათლის სიჩქარით ვრცელდება, მიუხედავად გამოსხივების წყაროს სიჩქარისა.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ტალღის სიგრძის მიხედვით კლასიფიცირდება რადიო, მიკროტალღოვან, ინფრაწითელ, ხილულ (ამ უკანასკნელს სინათლეს უწოდებენ), ულტრაიისფერ, რენტგენის და გამა გამოსხივებად. ნებისმიერი ელექტრომაგნიტური ტალღა შეიძლება დაიშალოს ბრტყელი მონო ქრომატული ტალღების ერთობლიობად, რომლებიც თვის მხრივ ამ დიაპაზონებს მიეკუთვნებიან. ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, რომლის ტალღის სიგრძე არის დაახლოებით 400 ნმ-დან 700 ნმ-მდე აღიქმება ადამიანის თვალის მიერ და მას ხილული სინათლე ეწოდება. როდესაც ხილული სინათლის შესაბამისი სიხშირის გამოსხივება ეცემა რაიმე სხეულს, მაგალითად ვაშლის ნაყოფს, ხოლო შემდეგ ხდება ჩვენს თვალში, ამ სიგნალის ტვინში გადამუშავების შედეგად იქმნება ჩვენი ვიზუალური აღქმა [3].

სამხედრო საინჟინრო დარგში ელექტრომაგნიტური სპექტრის მნიშვნელობის ანალიზისთვის მნიშვნელოვანია შევხებით ელექტრონული ომის ცნებას.

ელექტრონული ომი მოიცავს ნებისმიერ სამხედრო ქმედებებს, სადაც ხდება ელექტრომაგნიტური სპექტრის ან მიმართული ენერჯიის გამოყენება, რათა მოხდეს

როგორც ელექტრომაგნიტური სპექტრის კონტროლი სივრცეში, ისე მოწინააღმდეგეზე თავდასხმა მათი საშუალებით (ნახ. 2).



ნახ. 2 ელექტრომაგნიტური სპექტრი (პარაბოლური რეფლექტორული ანტენის სიხშირის დიაპაზონი 1 MHz-ზე იწყება და მთავრდება ინფრაწითელ გამოსხივებამდე.)

მათ მიეკუთვნება, რადიოტალღები, ინფრაწითელი სხივები, ულტრაიისფერი სხივები და ელექტრომაგნიტური სპექტრის სხვა ნაწილებიც. ელექტრონული ომის საშუალებების გამოყენება შესაძლოა მოხდეს ჰაერიდან, ხმელეთიდან, წყლიდან ან კოსმოსიდან, როგორც პილოტირებული, ისე უპილოტო სისტემების საშუალებით და შეუძლია მიზანში ამოიღოს საკომუნიკაციო სისტემები, რადარები და სხვა სისტემები.

ელექტრონულ ომში გამოყენებულ ქმედებებს მიეკუთვნება: ელექტრო-ოპტიკური, ინფრაწითელი და რადიო ელექტრული ჩახშობა, ელექტრომაგნიტური ინტერფერენცია, ელექტრონული შენიღბვა, დაზვერვა, ელექტრონული უსაფრთხოება და სხვა. ელექტრონული ომი შედგება სამი ნაწილისგან: ელექტრონული შეტევა, ელექტრონული თავდაცვა და ელექტრონული მხარდაჭერა: ელექტრონული შეტევა მოიცავს ელექტრომაგნიტური ენერჯის, მიმართული ენერჯის ან ანტი რადიაციული იარაღების გამოყენებას, ჯარისკაცების, დაწესებულებების ან აღჭურვილობებზე თავდასხმისთვის, იმ მიზნით, რომ მოხდეს განადგურება, ნეიტრალიზება ან მოწინააღმდეგის საბრძოლო შესაძლებლობების დაქვეითება.

ელექტრონული შეტევის თანამედროვე მეთოდები ძლიერ გასაიდუმლოებულია. ელექტრონული შეტევის მაგალითებს მიეკუთვნება კავშირგაბმულობის საშუალებათა ჩახშობა, მიმართული ენერჯის/ლაზერული შეტევები, რადიო მართვადი ხელნაკეთი ასაფეთქებელი საშუალებები.

ელექტრონული თავდაცვა მოიცავს ქმედებებს, რომელთა მიზანია, დაიცვას ადამიანები, დაწესებულებები და აღჭურვილობები მოწინააღმდეგის მიერ გამოყენებული ელექტრომაგნიტური სპექტრისგან. ელექტრონული თავდაცვის მაგალითს მიეკუთვნება მაგ: ინფრაწითელი დამიზნების რაკეტაზე მანათობელი ამუნიციის საწინააღმდეგო საშუალებების გამოყენება, რათა არ მოხდეს რაკეტის ტრაექტორიის, სამიზნისგან გადახვევა. ასევე დაბალი რადიო შემჩნევადობა, იგივე „სტელსი“.

ელექტრონული მხარდაჭერა მოიცავს ქმედებებს, როგორცაა მოძიება, იდენტიფიცირება, ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ან გავრცელების შეზღუდვის მოხდენა-გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ენერჯის, რათა მოხდეს საფრთხის შეფასება, სამიზნეების დადგენა და სამომავლო ოპერაციების დაგეგმვა.

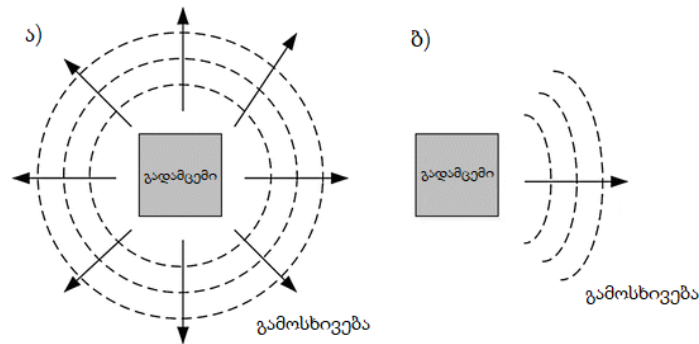
პარამეტრთა განსაზღვრისთვის საჭიროა ასევე თანამედროვე თანამგზავრული სისტემების და მათზე დაფუძნებული სერვისების ზოგადი მიმოხილვა. ფორმა ცვალებადი კონსტრუქციები ფართოდ გამოიყენება კოსმოსურ ხომალდებზე მზის პანელებისა და მზის იალქნების დასაყენებლად. პროექტის ფარგლებში უნდა მომზადდეს ტრანსფორმირებადი ფორმის კონსტრუქცია. მას უნდა ჰქონდეს შემაერთებელი სახსრები შეზღუდული მოძრაობით და განსაზღვრული თავისუფლების ხარისხით. აქედან გამომდინარე, ინდივიდუალური კომპონენტი, მათი დამაკავშირებელი კვანძების გადაწყვეტა, წარმოების ტექნოლოგია და გამოყენებული მასალების ტიპები მნიშვნელოვანია. მასალების სახეობები პირობითად შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად:

დასამუშავებელი - როგორცაა ალუმინის ფურცლოვანა, მრგვალი ან ოთხკუთხედი მილი და სხვა ნახევარფაბრიკატები, რომელთა საექსპლუატაციო ფორმის მისაღებად საჭიროა გარკვეული სამუშაოს გაწევა.

მზა მასალები - როგორცაა ჭანჭიკები, ქანჩები, შუასადები, საკისრები ტროსები და ა.შ.

პირველ შემთხვევაში საბოლოო ფორმების მისაღწევად გამოიყენება კონკრეტული დანიშნულების და ტექნიკური პარამეტრების მქონე მანქანა-დანადგარები, რომელთა შესაძლებლობებიც გათვალისწინებული უნდა იყოს ნახაზის შექმნის ყველა ეტაპზე. მასალათა მეორე ჯგუფი აირჩევა პროექტირების პროცესში.

ანტენის ტიპები იყოფა ორ ნაწილად. ესენია საერთო მიმართულებიანი (ნახ. 3 ა) და შემკრებ მიმართულებიანი (ნახ. 3 ბ).



ნახ. 3 საერთო და შემკრებ მიმართულებიანი გადამცემის ტიპები

პირველი ტიპის ანტენები სიგნალს ყველა მიმართულებიდან იღებს, გააჩნია მომცრო ზომა და არ გვაქვს შეზღუდვა მის გეომეტრიულ ფორმებთან დაკავშირებით. გამოიყენება უმეტესად მოკლე დისტანციაზე და ელექტროენერჯის მოხმარების მაღალი მაჩვენებელი გააჩნია. აღნიშნული შეიძლება შეგვხვდეს რადიო, ტელე და მობილური კავშირის მოწყობილობებში.

მაშასადამე, რეფლექტორულ ანტენას შეგვიძლია ვუწოდოთ მოწყობილობა, რომელიც წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური სიგნალების მიღების და გაგზავნის საშუალებას.

სიგნალის გადაცემის პროცესში ჩართულია მრავალი გარემო ფაქტორი, რაც აფერხებს მის გავრცელებას დისტანციაზე. კერძოდ, შემაფერხებელი ფაქტორია ობიექტები, რომელიც ეღობება ტალღას, ელექტრომაგნიტური ველები და მოწყობილობები, რომელიც სპეციფიკური სიხშირის ხმაურს გამოსცემენ სიგნალის სახით. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ შეფერხება სხვადასხვა სიგრძის ტალღისთვის განსხვავებულია.

მეორეს მხრივ, გარემო ფაქტორების გარდა მნიშვნელოვანია მოწყობილობა რომლითაც უნდა მოხდეს ტალღის მიღება და დამუშავება. ჩვენს შემთხვევაში მოწყობილობის სახით როგორც უკვე ვახსენეთ განხილულია რეფლექტორული ანტენა.

რეფლექტორის გეომეტრიული ფორმა განპირობებულია მისი დანიშნულებიდან გამომდინარე. ზედაპირმა უნდა მიიღოს და აირეკლოს სიგნალები განსხვავებული სიხშირით. არეკვლის მიმართულებას წარმოადგენს ფოკუსი. კერძოდ, ყველა სიგნალი თავს იყრის ერთ წერტილში.

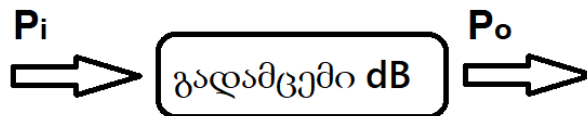
ანტენის მიღების სიმძლავრის გამოსათვლელად სასარგებლო პარამეტრი არის ეფექტური ფართობი ან ეფექტური დიაფრაგმა. A_e - ეფექტური ფართობი წარმოადგენს მაჩვენებელს გადამცემი მოწყობილობა რა სიძლიერით იჭერს სიგნალს და აწვდის მიმღებს, ირეკლავს მას (განტ. 2). რეფლექტორული ანტენის პირობებში ეს ზონა განაპირობებს ანტენის სიმძლავრეს.

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G \quad (\text{განტ. 2})$$

სადაც, λ - სიგნალის სიგრძე (შეიძლება წარმოადგენდეს 1 მმ-დან - 100 კმ მნიშვნელობას რადიო სიხშირის შემთხვევაში, ელექტრომაგნიტურ ველზე კი გამა გამოსხივების მაჩვენებელი 10^{-12} მეტრს შეადგენს), G - არის სიმძლავრე, გადამცემის მიერ სიგნალის ათვისების მაჩვენებელი ერთეული და წარმოადგენს ფარდობით სიდიდეს (განტ. 3).

$$G = 10 \times \log_{10} \frac{P_o}{P_i} \quad (\text{განტ. 3})$$

კერძოდ, G - არის არა აბსოლუტური არამედ ფარდობითი სიდიდე და აღნიშნება - dB (დეციბალი). განტ. 3-ში P_i - გვიჩვენებს გადამცემში შემავალ სიგნალს, P_o - კი გაგზავნილს (ნახ. 4). მისი უარყოფითი მაჩვენებელი აღნიშნავს დანაკარგებს. შესაბამისად დანაკარგების შემცირება ზრდის გადამცემის ეფექტურობას.



ნახ. 4 სიგნალის მიღების და გაგზავნის სქემა

რადიო ბერის სიგრძის და სიხშირის პარამეტრის მუდმივად ალების შემთხვევაში, სიგნალის ათვისების მაჩვენებელზე მოქმედ ფაქტორად გვჩვენებს რეფლექტორული ანტენის ამრეკლი ზედაპირი და მისი ფართობი - A_e , საიდანაც უზრუნველყოფილი უნდა იქნას სიგნალის მოხვედრა პარაბოლური ზედაპირის ფოკუსში.

ზედაპირის კვლევის პროცესში კი უპირველეს ყოვლისა გასათვალისწინებელია მისი საყრდენი კონსტრუქციის სტაბილურობა, სიმყარე და საიმედოობა. მაშასადამე, გეომეტრიულად პარაბოლური ფორმის შენარჩუნება მეტად კრიტიკულია.

ამოცანას ართულებს ასევე საყრდენი კონსტრუქცია, რაც არის ტრანსფორმირებადი ტიპის სისტემა. სისტემის ტრანსფორმირება გამოწვეულია მოთხოვნით ტრანსპორტირების პროცესში იგი იყოს მინიმალური წონისა და გაბარიტების, ექსპლოატაციისას კი მაქსიმალურად დიდი ამრეკლი ზედაპირის ფართობით - A_e .

ორბიტული რადიოტალღოვანი სიგნალის გადამცემი მოწყობილობების პროექტირების პროცესში, გაბარიტული მოთხოვნებისა და ტრანსფორმაციის უნარის გარდა გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება სისტემის საერთო წონას, მასალებს, რომლითაც კონსტრუქცია უნდა იქნას დამზადებული და აგრეთვე ცალკეულ დეტალს, როგორცაა საკისარი, გორგოლაჭი, ტროსი, ქანჩი თუ ჭანჭიკი.

მზიანი და მოფარებული უბნების გამო, კონსტრუქციაში ასევე განსხვავებულია ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტის გამო გამოწვეული მოძრაობები. ასევე, არაერთგვაროვან მასალას სხვადასხვა მაჩვენებელი აქვს, შესაბამისად, მათი ფორმების ცვლილებაც არაერთგვაროვანია. მოცემულ შემთხვევაში, რომ არ მოხდეს კომპონენტების უმართავი ფორმათა ცვლა, დაბალი ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტის მქონე მასალის გამოყენების გარდა, მიზანშეწონილი არის აღნიშნული პროცესის დაშვება და მართვა სისტემის სასარგებლოდ, ზედაპირის ცვლილების გათვალისწინება და კვლევა, საჭიროების შემთხვევაში კი ცალკეული ლაბორატორიული ექსპერიმენტების ჩატარება.

აქედან გამომდინარე, ვაკუუმური გარემოს გათვალისწინებით გეომეტრიულად სწორი ზედაპირების ურთიერთ შეხების არიდება, მზის გამოსხივებისა და რადიაციის დატვირთვის მიმართ მედეგობა და მასალების ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტის გათვალისწინება არის ის მთავარი გარემო ფაქტორები, რაც სისტემის პროექტირებაზე ახდენს გავლენას.

ჩამოთვლილი გარემო ფაქტორები უგულვებელყოფილი არ უნდა იყოს პროექტირების არცერთ ეტაპზე. კერძოდ, ზედაპირების კონტაქტი რეკომენდირებულია უზრუნველყოფილი იყოს წერტილოვან შეხებით და ყველა მოძრავი შეერთების კვანძი საჭიროა საკისრების გამოყენებით იქნას დაკავშირებული. მსგავსი გადაწყვეტა მინიმალურ მნიშვნელობამდე დაიყვანს ზედაპირების შეხების ფართობს და მის კონცენტრირებას მხოლოდ საკისრების ბურთულების შეხების წერტილებზე მოახდენს.

სისტემის პროექტირების პროცესში მოქმედებს ასევე შინაგანი ფაქტორები. კერძოდ ის დატვირთვები და ძაბვები, რასაც უნდა გაუძლოს კონსტრუქციამ. ტრანსფორმირებადი ბუნებიდან გამომდინარე ცალკეული კომპონენტის მოძრაობის გათვალისწინება და ანალიზი, რათა არ მოხდეს მათი ურთიერთ გადაკვეთა ტრანსფორმირების პროცესში; დეტალების დამზადების ტექნოლოგიის გათვალისწინება რათა მათი შესრულება შესაძლებელი გახდეს რაოდენობის თუ გეომეტრიული ფორმების სირთულიდან გამომდინარე; ისეთი მაკომპლექტებელი ნაწილების ზომები და ფორმები როგორცაა ელ. ძრავი, ქანჩები, ჭანჭიკები, საკისრები, შუასადები და სხვა;

აქტუალურია ასევე წონა და მისი გადანაწილება. მნიშვნელოვანია საერთო სისტემის სიმძიმის ცენტრის გეომეტრიულ ცენტრში მოქცევა. კონსტრუქციის გარდა წონის ფაქტორს მნიშვნელობა ენიჭება ობიექტის უშუალოდ ორბიტაზე გატანის პროცესში, რაც უფრო ნაკლები იქნება მისი მასა, მით ნაკლებ ენერგიას საჭიროებს მისი შესაბამის პოზიციაზე გაშვება.

ორბიტაზე გაშვების პროცესში წონის და სიმძიმის ცენტრის გაანგარიშების გარდა მნიშვნელობა ენიჭება გეომეტრიულ ფორმებს და მის სიმცირეს. როგორც წონის შემთხვევაში, აქაც მნიშვნელოვანია მოცულობითი მაჩვენებლის დაბალი სიდიდე. მცირე მოცულობა და აეროდინამიკური ფორმები გადამწყვეტ როლს თამაშობს იმ ენერგიის მოხმარებაზე, რაც ობიექტის ორბიტაზე გატანისთვის იხარჯება.

შეჯამებისთვის შესაძლოა ითქვას რომ ნაშრომი აგებულია იმ აქტუალურ პრობლემებზე, რაც ელექტრომაგნიტური სიგნალის, კერძოდ რადიო ბერის გადაცემის პროცესში დანაკარგების ფარდობითი მაჩვენებლის - G (განტ. 2)

მინიმალურ მნიშვნელობამდე დაყვანას ეხება. განხილულია კინეტიკური ბმების განახლებული გადაწყვეტა და ტრანსფორმაციის პროცესის განსხვავებული ფორმა. მეორეს მხრივ, ასევე მნიშვნელოვანია გაბარიტული - მოცულობითი და წონის მაჩვენებლების გაუმჯობესება რეფლექტორული ანტენის ბადის საყრდენი კონსტრუქციისთვის და საერთო სისტემისთვის.

პარაბოლური რეფლექტორული ანტენის მუშაობა, როგორც აღვნიშნეთ დამოკიდებულია მრავალ გარემოებაზე. კვლევისთვის ეს ფაქტორები მრავლდება ერთმანეთზე, რათა მივიღოთ საერთო ეფექტურობის მაჩვენებელი განტოლების სახით (განტ. 4).

$$k = k_r \cdot k_t \cdot k_s \cdot k_m \quad (\text{განტ. 4})$$

განტ. 4 მოყვანილია საერთო ეფექტურობის მაჩვენებელ კოეფიციენტზე k - ზე მოქმედი ფაქტორები საიდანაც უმთავრესი ნაწილი საყრდენი კონსტრუქციის სიმტკიცესა და რეფლექტორის ფართობის სწორ ათვისებაზე მოდის [5].

k_r - რადიაციული ეფექტურობის აღმნიშვნელი სიდიდე. აღნიშნულში იგულისხმება რეფლექტორული ბადის ამრეკლი ზედაპირის გამოსხივების მაჩვენებელი და მისი დანაკარგები წინაღობის (Ohm) სახით. მნიშვნელოვანია რეფლექტორული ანტენის დაბალი წინაღობის მაჩვენებლიანი ელემენტით უზრუნველყოფა.

k_s - გადინების ეფექტურობის აღმნიშვნელი სიდიდე. იგულისხმება ნებისმიერი სიგნალი, რომელიც აირეკლება რეფლექტორის ზედაპირის კიდეზე, რაც ამცირებს საერთო ეფექტურობას და შესაბამისად ზრდის პარაბოლური რეფლექტორის ანტენის - k ფაქტორს. იდეალურ შემთხვევაში, რეფლექტორის ზედაპირი თანაბრად უნდა იღებდეს სხივს და იყოს სრულად დაფარული, ანუ არცერთი ბგერა არ უნდა აირეკლოს კიდეზე. რეალურად კი ეს ასე არ არის. კერძოდ, ხდება სიცოცხლისუნარიანობის და ეფექტურობის გარკვეული დონით დაქვეითება და შესაბამისად, ანტენის სიმძლავრის ფარდობითი მაჩვენებელის კლება - G .

k_t - დიაფრაგმის კონუსური ეფექტურობა. დიაფრაგმის კონუსური ეფექტურობა გავლენას ახდენს ანტენის სიმძლავრეზე. ოპტიმალური მაჩვენებლის მისაღწევად მთელი პარაბოლური რეფლექტორი სათანადოდ უნდა იყოს

ათვისებული. თუ ზედაპირის ცალკეული უბნები ოპტიმალურად არ არის ათვისებული გამოსხივებული ტალღით, მაშინ პარაბოლური რეფლექტორის ეფექტურობა შემცირდება. ოპტიმალური შესრულება მიიღწევა მაშინ, როდესაც მიიღწევა გეომეტრიულად იდეალური პარაბოლოიდი. შესაბამისად პარაბოლოიდის ფორმა დამჭერი სტრუქტურის შესრულების სიზუსტეზე და პრინციპზეა დამოკიდებული.

k_m - იმ განსხვავებული გარემოებების ერთობლიობაა, რაც აფერხებს სიგნალს კონკრეტულ ლოკაციაზე. ეს მოიცავს ზედაპირის შემადგენელი უბნების გადახრას, ჯვარედინ პოლარიზაციას, პარაბოლის ფოკუსის არა წერტილოვანი კონცენტრაციას, რეფლექტორის ზედაპირის ბლოკირების შემთხვევებს.

რეფლექტორული ზედაპირის შემადგენელი უბნების გადახრა (Surface error) - რეფლექტორული ანტენის მაღალი სიმძლავრის მაჩვენებლის უზრუნველსაყოფად, მისი ზედაპირი მაქსიმალურად ზუსტად უნდა მიჰყვეს პარაბოლურ კონტურს. ეს უნდა მოხდეს მაღალი ინტენსივობის პირობებში. შესაბამისად ფორმებიდან გადახრები გამოიწვევს დაბალი სიზუსტით არეკვლას პარაბოლოიდის ფოკალის მიმართულებით. როგორც პრაქტიკაში არის მიღებული, დასაშვებია რეფლექტორისთვის ამრეკლ ფენად ბადე იქნას გამოყენებული, მისი წონის, გეომეტრიული ზომების ცვალებადობის და სხვა სასარგებლო თვისებების გარდა. ამრეკლი ბადე, რომელიც უმეტესად ლითონის მასალისგან მზადდება (ვოლფრამი), ხვრელების და გამჭოლი ზედაპირისგან შედგება. შესაბამისად დადგენილია რომ აღნიშნული ჭრილების ან ხვრელების სიგანე უნდა იყოს $\lambda / 10$ -ზე ნაკლები.

ჯვარედინი პოლარიზაციის შემთხვევა სახეზეა იმ დანაკარგების არსებობისას, როდესაც გაცემული და მიღებული სიგნალის სიდიდე ზედაპირზე არეკვლის გამო არ არის ერთმანეთის ტოლი მათ შორის არსებული კუთხის გამო. აღნიშნული დანაკარგის სიდიდე იზომება ამ კუთხის სინუსის მაჩვენებლით ($\sin \theta$).

პარაბოლის ფოკუსის არა წერტილოვანი კონცენტრაცია. ფოკალური პოლუსი რეფლექტორულ ანტენას ერთ წერტილში გააჩნია კონცენტრირებული. გეომეტრიული ფორმებით რეფლექტორული ანტენის ცალკეული კვანძები

ზომებით ცდება ამ კონცენტრაციის პოლუსს და გააჩნია გამოსხივება. რაც უფრო დიდია გეომეტრიული ზომა აღნიშნულ პოლუსში ცალკეული ელემენტის და მეტია მისი გამოსხივება რეფლექტორის ზედაპირთან შეფარდებით, მით მაღალ მაჩვენებელს ვიღებთ დანაკარგების სახით.

რეფლექტორის ზედაპირის ბლოკირების შემთხვევები სახეზეა, როდესაც მის ზედაპირს სხვადასხვა შემადგენელი ელემენტი ფარავს. აღნიშნული შეიძლება იყოს ფოკალის დამჭერი კონსტრუქცია ან სხვადასხვა სტრუქტურული თუ ფუნქციონირებისთვის საჭირო დეტალი, რაც ჩრდილში აქცევს სხივების ამრეკლ უბნებს ანტენაზე.

ეფექტურობის მაჩვენებელი შემდეგი განტოლების სახით ჩაიწერება პარაბოლური ანტენის სიმძლავრის ფარდობითი მაჩვენებლის ანგარიშისთვის (განტ. 5):

$$G = 10 \log_{10} k \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (\text{განტ. 5})$$

სადაც D - გვიჩვენებს პარაბოლური ანტენის დიამეტრს.

განტოლებიდან როგორც ჩანს ანტენის სიმძლავრე პირდაპირ პროპორციულ დამოკიდებულებაშია მის k - ეფექტურობის აღმნიშვნელ სიდიდეზე. მაშასადამე ტალღის სიგრძის ზრდის კომპენსირება შესაძლებელია ანტენის ეფექტურობის მაჩვენებლისა და მისი დიამეტრის გაზრდის ხარჯზე.

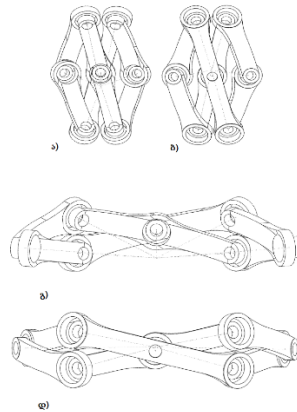
განხორციელებული პრაქტიკული სამუშაოები და შედეგები

ერთის მხრივ, შექმნილ პროტოტიპზე კვლევების განხორციელება საშუალებას იძლევა შესწავლილ იქნას სისტემის მდგრადობის და საიმედოობის საკითხები. მეორეს მხრივ კი შემოწმდეს გამოხაზული ფორმების და დეტალების შესრულების შესაძლებლობა, პრინციპები, რაც ნახაზის შექმნის წინამძღვარ პროცესს წარმოადგენდა. ასევე, არანაკლებ მნიშვნელოვანია გამოკვლეულ იქნას მოდელისთვის დადგენილი ტრანსფორმაციის უნარი.

საცდელი პროტოტიპის შექმნის მეშვეობით დგინდება კონსტრუქციის ქცევის ხასიათი. ამოცანის სპეციფიკიდან გამომდინარე უნდა აღინიშნოს, რომ პროექტირების პროცესში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება განსხვავებული

დეტალების რაოდენობას და მათ მინიმუმამდე შემცირების საკითხს, სისტემის წონას, კვანძების რაოდენობას, საკისრების გამოყენების მიზანშეწონილობას, მათი დამზადების და აწყობის სირთულეს.

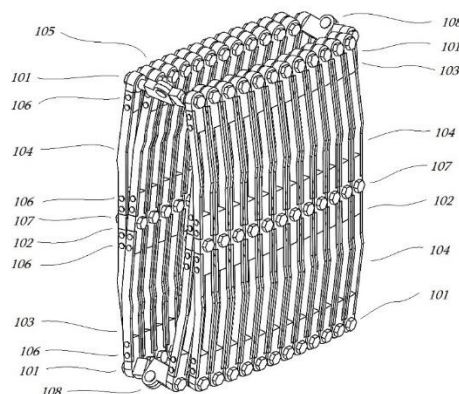
მოდელი დამზადებულია ამერიკული პატენტის საფუძველზე, სადაც განხილულია მოხრილი პანტოგრაფის სახსრების მექანიზმი (ნახ. 5).



ნახ. 5 მოხრილი პანტოგრაფების სისტემა დაკეცილ (ა, ბ) და გაშლილ (გ, დ) მდგომარეობაში

პატენტის ნახაზში მოდელი წრიულ ფორმას არ შეადგენს. მისი გამოყენება არ ყოფილა მსგავსი საჭიროებისთვის ჩაფიქრებული. ჩვენს შემთხვევაში კი, რეფლექტორული ანტენის დამჭერ კონსტრუქციის სისტემამ ტრანსფორმირების შედეგად მრგვალი ფორმა უნდა მიიღოს.

მაშასადამე, ამოცანას შეადგენს არსებული კონცეფციების საფუძველზე შექმნილი ახალი სისტემის გამოცდა (ნახ. 6).



ნახ. 6 წრიული ფორმის სისტემა ტრანსფორმაციის უნარით

ნახ 6-ში პანტოგრაფების რიგი პატენტის მოდელის ანალოგიურ წყობას ინარჩუნებს. ერთის შემთხვევაში (ნახ.5) თუ გვაქვს ორი სრული და 4 მოკლე ღეროსგან შექმნილი არა გამეორებადი კონსტრუქცია, მეორეში მხოლოდ სრული

სიგრძის პანტოგრაფებია, რომელთა რაოდენობა მეორდება და 24 ერთეულს აღწევს, თითო მხარეს განლაგებულია 12 ცალი (ნახ. 9 ა, ბ).

ცალკეული პანტოგრაფი შედგება ორი ღეროსგან. ღეროები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ცენტრში და ბოლოებში მოქცეული საკისრების გამოყენებით, რომლებიც შეკავშირებულია ქანჩისა და ხრახნის მეშვეობით. საკისრები განლაგებულია 8-მმ სისქის ფოლადის ფურცლოვნისგან დამზადებულ კვანძში. ზედაპირები შესაბამისად ავთენტური და დაუმუშავებელია, მაგრამ ნახვრეტების დიამეტრი დამუშავებული, რათა საკისრების დეტალებში ჯდომა განხორციელდეს ჭეჭის მეთოდით ნახ. 7. მათი გარე დიამეტრის ზომა 10-მმ, ხოლო სიმაღლე 4-მმ-ს ტოლია, შიდა და გარე ღერებში ისინი ერთმანეთის საპირისპირო მიმართულებით არის შებრუნებული. მათ შორის ნაპრალი კი რეგულირდება მილისას საშუალებით. გადამეტებული დატვირთვების თავიდან აცილების მიზნით კი დატანილია ასევე 1-მმ სისქის შუასადები. შესაბამისად მილისას ზომები 9-მმ-ს უტოლდება.

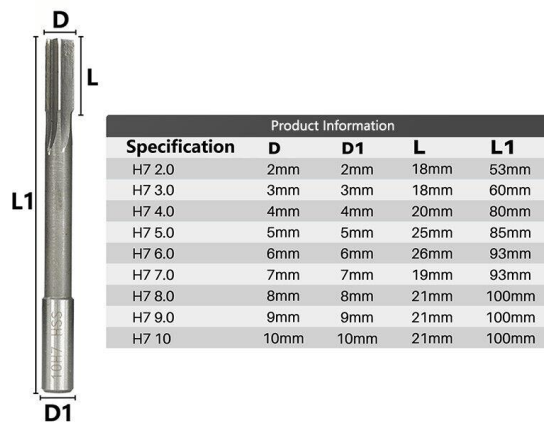
Basic size (mm)	Upper and lower deviations for tolerance class (Values μm)																Basic size (mm)					
	H11	p11	H9	d10	H9	e9	H8	f7	H7	g6	H7	h6	H7	k6	H7	n6		H7	p6	H7	s6	
Above	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	Above	
Up to and incl.	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	Up to and incl.	
0	3	6	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200
3	6	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250
6	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300
10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300	350
15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300	350	400
20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300	350	400	450
30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300	350	400	450	500
40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300	350	400	450	500	550
50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600
60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
80	100	120	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200
100	120	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300
120	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400
140	160	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400
160	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400
180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500
200	225	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500
225	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
250	280	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
280	315	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
315	355	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
355	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100

ნახ. 7 ლიმიტები და მორგება ISO 286-2, ნახვრეტებისთვის და მილებისთვის

ნახ. 7- ში მოცემულია ზომები ჭეჭით შეერთებისთვის, ესენია H7P6 და H7S6. ცხრილის მიხედვით ნახვრეტის ზომა აღებულია ნომინალურზე 40 მიკრონით ნაკლები. მისი დატანა მოხდა საბურღი დაზვის გამოყენებით 550 ბრ-წთ სიჩქარეზე¹. დასამუშავებელი 8-მმ დიამეტრის რგოლების გასაფართოებლად გამოყენებული

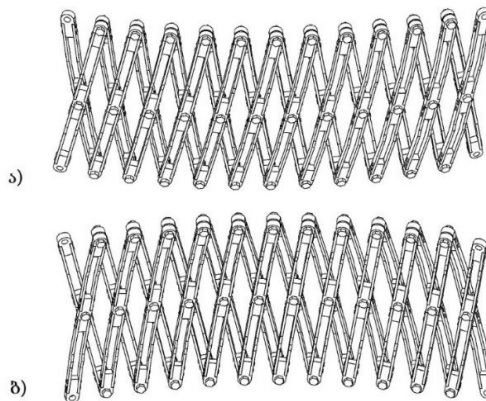
¹ მასალის სპეციფიკაციიდან გამომდინარე (ცხლად ნაგლინი რკინა) ნახვრეტების რეგულირების დროს საჭირო გახდა ბურღის უწყვეტი გაგრძელება, რაც სავარაუდოდ რკინის არასტაბილური ნაზავის და ლაზერული ჭრის შედეგად მისი გაცხელების გამო იქნა გამოწვეული.

იქნა H7 ბურღი (Reamer)², რომელსაც საჭრელი პირები ვერტიკალური სახით აქვს განლაგებული (ნახ. 8).



ნახ. 8 მაღალი სიზუსტით მისაღები ნახვრეტებისთვის განკუთვნილი ბურღი

ნახ. 9-ში ნაჩვენებია ა და ბ რკალები ცალ-ცალკე ტრანსფორმირების და გაშლის შემთხვევაში ნახევარწრეს წარმოადგენენ. შესაბამისად, წრიული ფორმის უზრუნველსაყოფად მნიშვნელობა ენიჭება მათი გადაბმის საკითხს, რასაც შემდგომში შევეხებით.



ნახ. 9 ა, ბ ნახევრად წრიული სისტემა

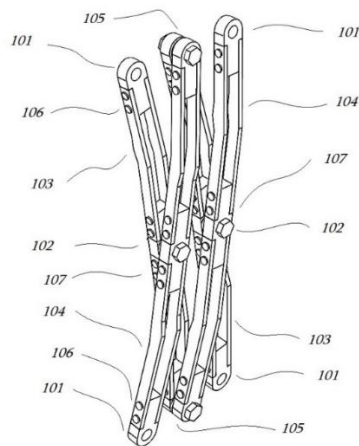
პანტოგრაფში შემავალი გარე ღერო განსხვავებული ზომის არის შიდა ღეროსთან შედარებით. გეომეტრიული ფორმა ერთიდაიგივეა, მხოლოდ სიგრძე არის გაზრდილი (ნახ. 10).

² აღნიშნული სახის ბურღების მოძიება ადგილობრივ ბაზარზე სირთულეებთან არის დაკავშირებული, ამიტომ მიზანშეწონილია მისი უცხოეთიდან ტრანსპორტირება.



ნახ. 10 შიდა და გარე განლაგების ღეროებს შორის სხვაობა

აღნიშნული სხვაობა წარმოადგენს პატენტში მოყვანილი მოდელის ფუნქციონირების ძირითად პრინციპს. რაც უფრო ახლოს არის ერთმანეთთან განლაგებული შიდა და გარე ღერები, მით ნაკლებია მათ სიგრძეში სხვაობა. ჩვენს შემთხვევაში კლირენსი შეადგენს 1-მმ (ნახ. 11), რაც დაფიქსირებულია შუასაღების მეშვეობით (დეტალი 105-ე), როგორც უკვე აღვნიშნეთ. იმ დეტალების გეომეტრია ერთიდაიგივეა სადაც საკისრებია განთავსებული (101-ე და 102-ე). პანტოგრაფების სიგრძეებს შორის სხვაობა კი მათი გადასაბმელი 3-მმ სისქის ფოლადის ფურცლოვნისგან დამზადებული ელემენტებით ხორციელდება (103-ე შიდა და 104-ე გარე). ისინი 8-მმ სისქის 101-ე და 102-ე დეტალებთან ალუმინის მოქლონის მეშვეობით ებმება (106-ე დეტალი).

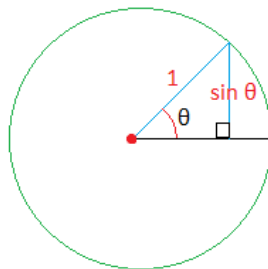


ნახ. 11 პანტოგრაფის შიდა და გარე წყობა

ნახ. 11-ში ნაჩვენებია ესკიზიდან გამომდინარე ელემენტი 101, რომელიც საკისრების დამჭერს წარმოადგენს, შიდა და გარე წყობაში მეორდება; აგრეთვე მეორდება ცენტრალური ნაწილი 102, სხვაობა მხოლოდ 103 და 104 ნაწილებში გვხვდება, რის საფუძველზეც მიიღწევა სისტემის გამართული ფუნქციონირება. ნახაზში 105 შუასაღებს, 106 ალუმინის მოქლონებს, 107 კი ქანჩს, მილისას, შუასაღების და ხრახნის კომბინაციას წარმოადგენს. აღნიშნული მიმდევრობა ნახ. 9

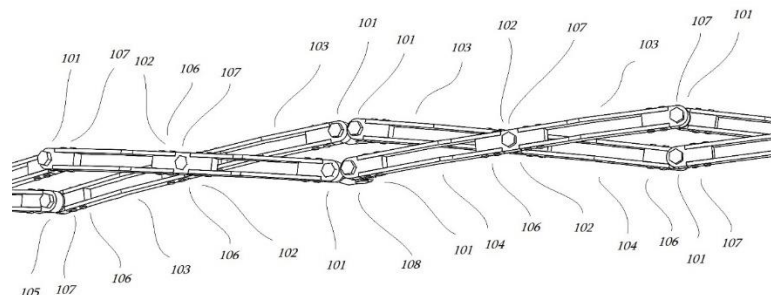
- ზე, სადაც 2 პანტოგრაფია მოყვანილი, სისტემისთვის როგორც უკვე აღვნიშნეთ 12 ჯერზე მეორდება.

გაშლილ მდგომარეობაში კონსტრუქციის ტრანსფორმირება იძლევა წრიულ ფორმას, რომელიც უწყვეტად 360° ანუ 2π მნიშვნელობას იძლევა. შესაბამისად, ხსენებულ პოზიციაში თითოეული პანტოგრაფის სისტემა წარმოადგენს წრეწირის $2\pi/24$, ანუ 15° . ერთეულოვანი სისტემის პირობებში თუ კუთხის სიდიდე $\theta = 15^\circ$, სეგმენტის სიგრძე გამოვა $2 \times \sin \frac{\theta}{2}$, (ნახ. 13), ჩვენს შემთხვევაში - $\sin 7.5^\circ \times 2 = 0.26$. მოცემული განტოლებიდან გამომდინარე მათი სიგრძე 24 ნაწილიან წრისთვის იანგარიშება $0.26 \times r$, სადაც, r - წრის რადიუსის სიდიდეს გამოსახავს.



ნახ. 12 პანტოგრაფის გაშლილი მონაკვეთის სიგრძის დადგენა

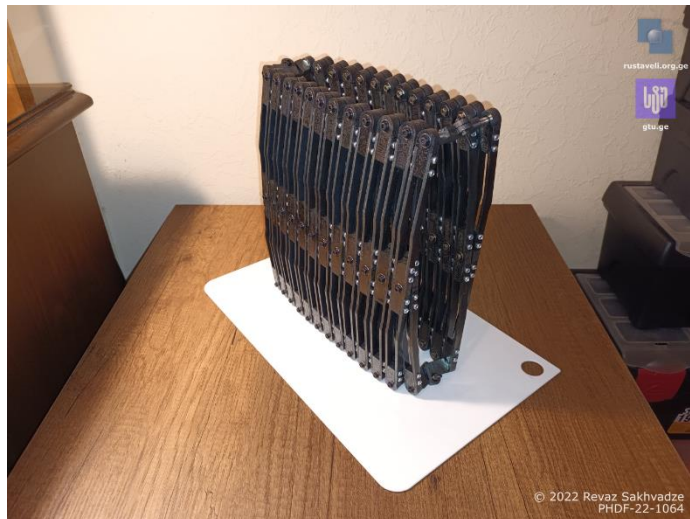
ნახ. 7-ში ორი 12 ერთეულ პანტოგრაფისგან შემდგარი სისტემა აუცილებელია გადაიბას. გადაბმისათვის გამოყენებულია საკისრების, ჭანჭიკების, ქანჩის და ფოლადის ფურცლოვნის მასალით დამზადებული დეტალის კომპოზიცია 108 (ნახ. 13).



ნახ. 13 გაშლილი რგოლი და ნახევარწრის გადაბმის კვანძი, დეტალი 108

ნახ. 13-ში გადაბმის შედეგად მიიღება ორი ნახევარწრისგან შემდგარი რეფლექტორული ბადის დამჭერი კონსტრუქცია, რომელიც დასრულებული სახით დაკეცილ მდგომარეობაში წარმოდგენილია მომდევნო სურათში (ნახ. 14). პრაქტიკული სამუშაოებისთვის, როგორც წინა ნაშრომებში აღვნიშნეთ არჩეულია ცხლად ნაგლინი ლითონის ფურცლოვანა. დამუშავების ტექნოლოგიას წარმოადგენდა ციფრული ჭრის მეთოდი, ლაზერის მეშვეობით. მაკომპლექტებელი დეტალები კი წინასწარ იქნა არჩეული ბაზარზე. ერთის მხრივ, სწორად დეტალების მინიმალურ ზომებმა, ფორმებმა და მათმა ხელმისაწვდომობამ უწინამძღვრა ნახაზის შექმნის და პროექტირების პროცესს. დასამზადებელი დეტალების ფორმებზე მეორეს მხრივ ლაზერული ჭრის განხორციელების შესაძლებლობამ იქონია გავლენა. ლითონის სისქე, ნახვრეტების მინიმალური დიამეტრი, ფიგურათა კონტურების მოყვანილობა და ერთმანეთთან სიახლოვე წარმოადგენდა ძირითად გასათვალისწინებელ გარემოებებს საჭრელი დანადგარის შესაძლებლობებიდან გამომდინარე³.

10 მმ-მდე და ნაკლები ნახვრეტების დატანა სასურველი სიზუსტით სირთულეებთან იყო დაკავშირებული 8 - მმ სისქის ფურცლოვანზე, შესაბამისად, მოხდა მათი ნაკლები დიამეტრით გაკეთება საკისრებისთვის და შემდგომ H7 ბურღით გასუფთავება როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ISO 286-2 ინსტრუქციით.



ნახ.14 სისტემა შესრულებული ფორმით

³ უნდა აღინიშნოს რომ დღეისთვის ანალოგიური დანადგარების შესაძლებლობები მნიშვნელოვნად არის გაზრდილი და გაუმჯობესებული ადგილობრივ ბაზარზე. ლაზერული ჭრის მეთოდით შესაძლებელია უკვე არამხოლოდ 8-მმ სისქის, არამედ 12-მმ ცხლად ნაგლინი ფოლადის დამუშავება. აგრეთვე 8-მმ მდე ალუმინის, სპილენძის და უჟანგავი ფოლადის ჭრა.

მეცნიერულ სიახლეს ნაშრომში წარმოადგენს 108 კვანძის მუშაობის პრინციპების შესწავლა.

მბრუნავი სისტემის მატრიცის საშუალებით ნახ. 11-ში ნაჩვენები პანტოგრაფების მოძრაობა შემდეგი სახით ჩაიწერება:

$$R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{განტ. 6})$$

ღეროები ერთმანეთთან Z -კოორდინატზე არის დაკავშირებული, ურთიერთ მობრუნება კი θ - კუთხის სიდიდით აღინიშნება. აღნიშნულ კუთხეს განსაზღვრავს გეომეტრიული მოყვანილობა. ის დამოკიდებულია შერჩეული საკისრების დიამეტრზე და მის განთავსებაზე 101-ე კომპონენტში⁴. აქედან გამომდინარე, ნებისმიერი A - მონაკვეთს Z - მიმართ მობრუნების შემთხვევაში მატრიცის მეშვეობით ანგარიშს შემდეგი ფორმა ექნება:

$$A' = R_z(\theta) \times A \quad (\text{განტ. 7})$$

A -ს ნებისმიერი მნიშვნელობისთვის, კოორდინატა სისტემაზე გვექნება 3×3 მატრიცის 1×3 ნამრავლი, რაც შემდგომი სახით ჩაიწერება:

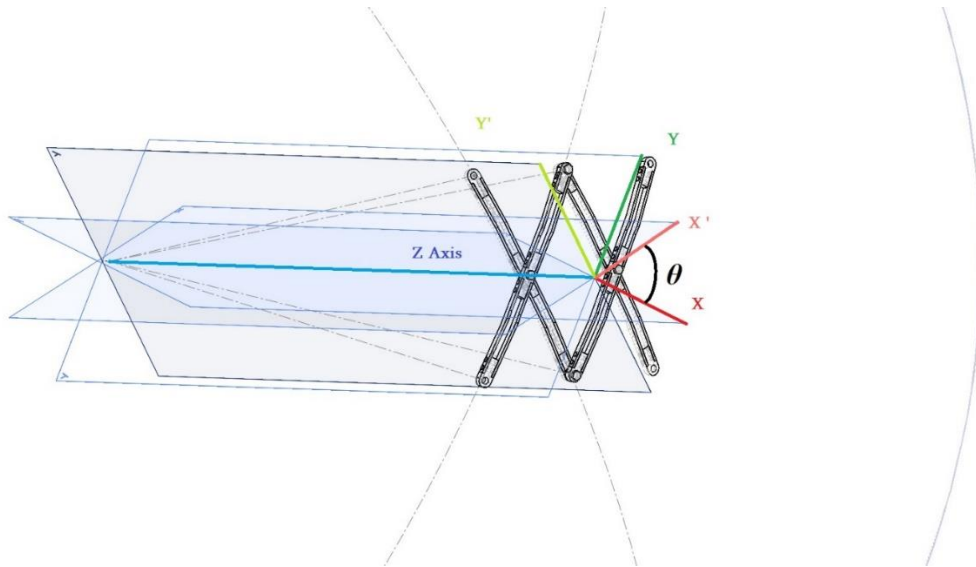
$$A = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$A' = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} x(\cos \theta) + y(-\sin \theta) + z \times 0 \\ x(\sin \theta) + y(\cos \theta) + z \times 0 \\ x \times 0 + y \times 0 + z \times 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z \end{bmatrix} \quad (\text{განტ. 8})$$

⁴ პროექტირებისთვის გათვალისწინებული იყო მინიმალური ზომები, რათა კუთხის სიდიდე არ ყოფილიყო შეზღუდული. კერძოდ, 10-მმ-ზე ნაკლები გარე დიამეტრის საკისრები ვერ იქნა მოძიებული ადგილობრივ ბაზარზე, მეორეს მხრივ 3-მმ ნაკლები კედლის სისქით ლაზერული ჭრა გამწვანდა, ჭრის დროს კედლის სისქემ 4-მმ შეადგინა, აუცილებელი გახდა დამატებით საბურღი დაზვის გამოყენება საჭირო ზომები მისაღწევად.

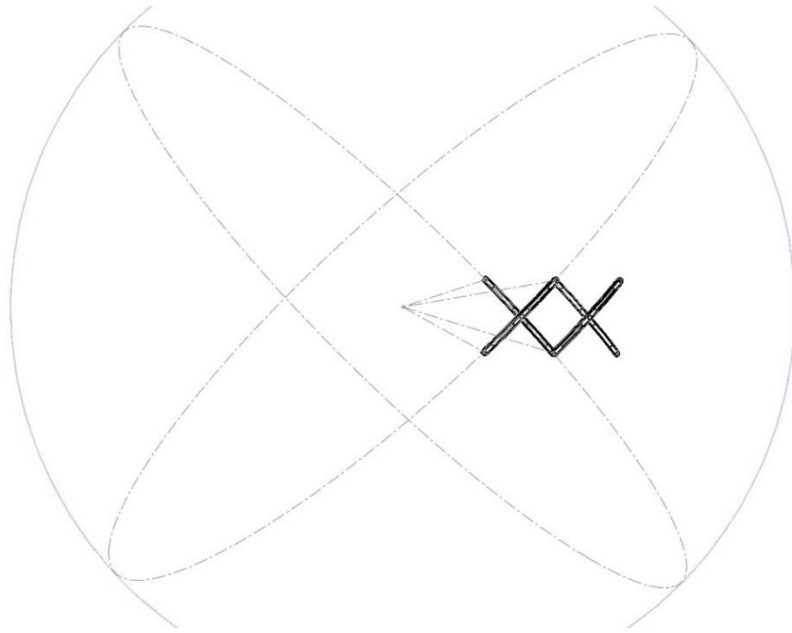
Z - ღერძის მიმართ მობრუნება ვიზუალური სახით წარმოდგენილია ნახ. 15, სადაც დატანილია პანტოგრაფის მოდელი. აღნიშნული სქემის მიხედვით ღეროების შემაერთებელი ღერძები იკვეთება სისტემის ცენტრში, ამასთან მათი მოძრაობა Z - ღერძზე გადაადგილებას არ იწვევს.



ნახ. 15 ვიზუალური ასახვა მობრუნების მატრიცის

ზემოთ მოყვანილ ნახაზში X და X' - ღერძებს შორის გვაქვს კუთხე θ , რაც ტოლია Y და Y' - ღერძებს შორის ანალოგიური კუთხის სიდიდისა. სურათის მიხედვით მოძრაობა საათის ისრის საპირისპირო მიმართულებითაა. სისტემა არ გადაადგილდება Z - კოორდინატზე რომელიც რადიუსს ემთხვევა და ტრანსფორმირებადი - ზომაში ზრდადი კონსტრუქციის საერთო დიამეტრის ნაწილია.

თუ ნახ. 8 ნაჩვენებ ა ან ბ ნახევარსფეროს ტრანსფორმირების პროცესს დავაკვირდებით, აღმოვაჩენთ რომ ჩვენს შემთხვევაში ისინი დაკეცილ მდგომარეობაშიც კი იმ დიამეტრის რკალს წარმოადგენენ, რასაც მათი გაშლილი ფორმა იძლევა. მაშასადამე სისტემა არ მოძრაობს Z - კოორდინატზე, რომელიც რადიუსს წარმოადგენს და ის მუდმივად უცვლელი რჩება (ნახ.16).



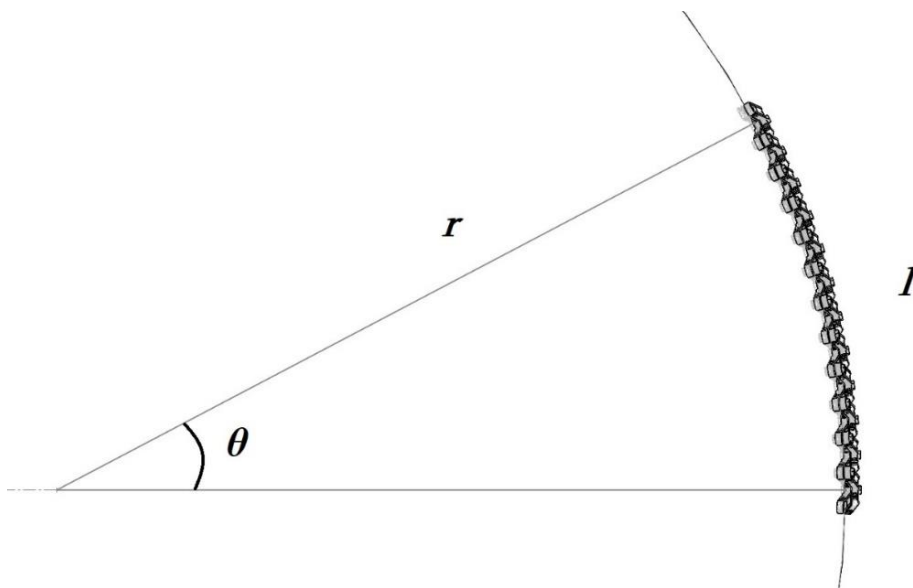
ნახ. 16 პანტოგრაფის ღეროების რადიუსები და პერიმეტრი

ზედა ხედიდან თუ დავაკვირდებით მოდელს, აღმოვაჩინთ რომ იცვლება მხოლოდ რკალის l - სიგრძე მოჭიმული θ - კუთხის შესაბამისად (ნახ. 17).

საანგარიშოდ აღნიშნული რკალის სიდიდე შემდეგი განტოლების სახით ჩაიწერება განტ. 9:

$$l = \frac{\theta}{360} \times 2\pi r \quad (\text{განტ. 9})$$

სადაც θ - სექტორის კუთხის სიდიდეს წარმოადგენს, r - კი რადიუსის უცვლელი სიდიდეა და რეფლექტორის დიამეტრის ნახევარს იძლევა (ნახ. 16).



ნახ. 17 პანტოგრაფის სისტემისგან შემდგარი რკალი, θ - კუთხით

მაშასადამე, სისტემის გარდაქმნა მიმდინარეობს არა r - რადიუსის ზრდის ხარჯზე, არამედ l - რკალის სიგრძის მაჩვენებლის ცვალებადობით, რაც სრულად გაშლის შემთხვევაში წრიული ფორმის ნახევარს შეადგენს. 108-ე ბმების საშუალებით კი მოცემული რკალი ანალოგიურ სისტემას უკავშირდება საპირისპირო მხარეს. შეკავშირების შედეგად კი ვიღებთ სრული წრის შემადგენელ კონსტრუქციას.

108-ე კვანძი სისტემაში 4 ერთეულის სახით არის წარმოდგენილი. ნახ. 13-ში ნაჩვენებია მისი გაშლილი მდგომარეობა, ხოლო ნახ. 6-ში ის დაკეცილია. მისი საშუალებით შესაძლებელია არამართო 2, არამედ მრავალი რკალის შეკავშირება.

თუ გვაქვს 2 ერთეული ნახევარი წრის შემადგენელი რკალი, რადიანული ზომის შემთხვევაში θ - სექტორის კუთხის მაჩვენებელი π - ს შემთხვევა 10-ე განტოლებიდან გამომდინარე:

$$\theta = \frac{2\pi}{n} \quad (\text{განტ. 10})$$

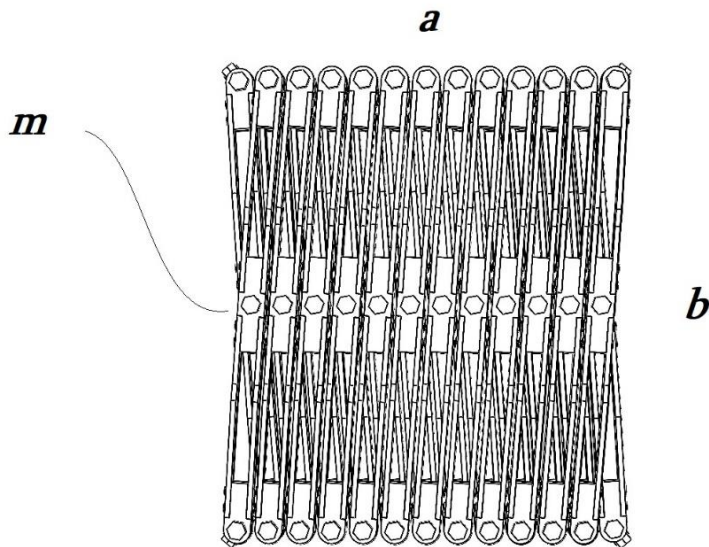
სადაც n - შემადგენელი რკალების რაოდენობას წარმოადგენს, θ - სექტორის კუთხის მაქსიმალური მაჩვენებელი იქნება. 108-ე კვანძის რაოდენობა კი კონსტრუქციაში $2n$ - ის ტოლი მიიღება.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მოყვანილი მაგალითის და აწყობილი პროტოტიპის საფუძველზე θ - კუთხის სიდიდის მინიმალური მაჩვენებელი წარმოადგენს დაკეცილი ტრანსფორმირებადი კონსტრუქციის ზომას.

დაკეცილ მდგომარეობაში სისტემის პანტოგრაფის ღეროები ეყრდნობა ერთმანეთს. რაც უფრო მცირე ზომის მაკომპლექტებელი ნაწილებით იქნება აგებული ღეროები, მით ნაკლები იქნება მისი ზომა დაკეცილ მდგომარეობაში.

სისტემის შემადგენელი ღეროების სიგრძე შესაძლოა იყოს ცვლადი, ისევე როგორც მათი m - რაოდენობა. ერთის მხრივ, იმ პანტოგრაფების m - რაოდენობის ზრდა, რაც კონსტრუქციაში 24 ერთეულის სახით არის წარმოდგენილი (უცვლელი სიგრძის პირობებში), გაზრდის რეფლექტორის დიამეტრს. მეორეს მხრივ კი რეფლექტორის დიამეტრის გაზრდა შესაძლებელია

იგივე პანტოგრაფების m - რაოდენობის შეუცვლელად, მათი სიგრძის მომატებით (ნახ. 18).



ნახ. 18 სიგრძის და სიმაღლის მაჩვენებლები

ამ ორი სიდიდის ცვალებადობას შორის სხვაობა მდგომარეობს შემდეგში: თუ ერთი იძლევა რეფლექტორისთვის სასურველი ზომის მიღწევის საშუალებას დაკეცილ მდგომარეობაში b - სიმაღლისთვის, მეორე მის a - სიგრძის რეგულირების შესაძლებლობას გვაძლევს (ნახ. 18).

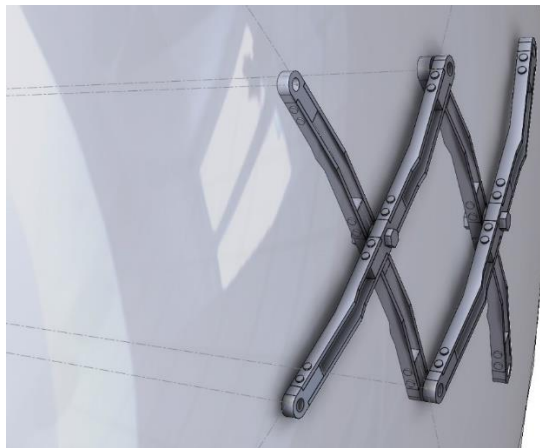
24 პანტოგრაფით შემდგარი სისტემის მაგალითზე წრის დიამეტრის გაზრდისთვის პანტოგრაფის ღეროს სიგრძის ცვლა მის გეომეტრიულ მოყვანილობაზე და სეგმენტებს შორის კუთხეზე გავლენას არ იქონიებს, რადგან მნიშვნელობა ისევ 15° -ის ტოლი დარჩება ($2\pi / 24 = 15^\circ$). ხოლო იმ შემთხვევაში თუ დიამეტრს გაზრდით პანტოგრაფების m - რაოდენობის ხარჯზე, მაშინ მათ სეგმენტებს შორის კუთხის სიდიდე ტოლი გახდება $2\pi / m$.

სეგმენტების მოძრაობა სფეროს მოყვანილობის ობიექტზე ვიზუალური სახით მოყვანილია შემდეგ სურათში (ნახ. 19).



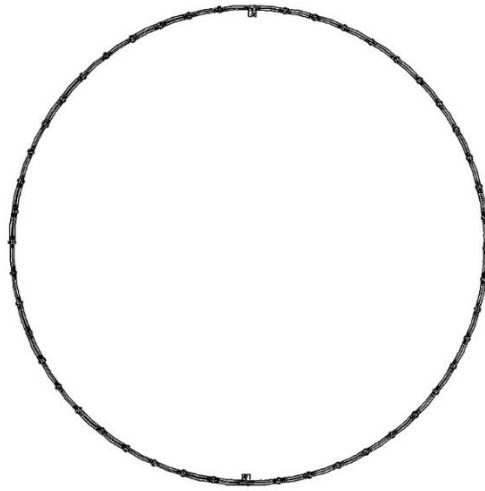
ნახ.19 სფეროს ზედაპირზე მოძრავი ღეროები

ნახ. 19-ზე განთავსებულია სფერო, რომლის ზედაპირზე არის ამოწეული პანტოგრაფის დიდი ღერო, ხოლო შიდა მცირე ზომის ღერო - ზედაპირის შიგნით დარჩენილი. მაგალითი მოყვანილია ორი სეგმენტის საფუძველზე. პანტოგრაფების განლაგება უფრო დეტალურად მომდევნო ნახაზზეა მოცემული (ნახ. 20).



ნახ.20 სფეროს ზედაპირის მიმართ განლაგებული პანტოგრაფის შიდა და გარე ღერო

სრული წრიული ფორმით წარმოდგენილი ფორმა მოცემულია ნახ. 21, საიდანაც ჩანს რომ გეომეტრიულად მრგვალი ფორმის მიღება არამხოლოდ სეგმენტების რაოდენობით, არამედ მათი ფორმების მომრგვალებითაც მიიღწევა. შესაბამისად, მიღებული გამოცდილებიდან გამომდინარე უნდა აღინიშნოს, რომ 24 სეგმენტიანი პანტოგრაფის სისტემა შეიძლება გადაჭარბებული იყოს კონსტრუქციისთვის, მისი კომპლექსურობისა და დეტალების სიმრავლის გამო, თუ სხვა ტექნიკური მოთხოვნა არ გვაქვს.



ნახ.21 წრიული ფორმა გახსნილ მდგომარეობაში

ექსპერიმენტისთვის ანალოგიური შედეგის განხორციელება 18 ან 12 სემენტის სისტემისგან შედარებით მარტივად შესრულებადი შესაძლოა აღმოჩნდეს.

დასკვნა

კვლევაში მიღებული შედეგები შემდეგი ძირითადი მიმართულებებით ჩამოყალიბდა:

1. სადისერტაციო ნაშრომის მიზნის შესაბამისად მოხდა ტრანსფორმირებადი რეფლექტორული ანტენის პარამეტრების გაუმჯობესება სახსრული შეერთების კვანძების ახლებური კომბინაციით.
2. დადგინდა, რომ შემოთავაზებული კვანძების გამოყენება აუმჯობესებს რეფლექტორული ბადის დამჭერი კონსტრუქციის ტრანსფორმირების პროცესს.
3. საყრდენი კონსტრუქციის შემოთავაზებული მოდელი აუმჯობესებს სტრუქტურულ მდგრადობას, რაც აუცილებელი პირობაა რეფლექტორული ბადის ამრეკლი ზედაპირის ფორმის უცვლელობისთვის.
4. დადგინდა, რომ დამზადებული კვანძების ახლებური გადაწყვეტით შესაძლებელი გახდა მოხრილი პანტოგრაფების სისტემისთვის წრიული ფორმის მიღწევა.

5. შექმნილი კონსტრუქციის საფუძველზე ახალი მნიშვნელობა შეიძინა კვლევების გაგრძელებამ მულტიდისციპლინარული მიმართულებით და მიღწეული შედეგის გამოყენებამ სხვადასხვა დარგში.
6. შეზღუდული რესურსებისა და ტექნოლოგიების საფუძველზე ციფრული წარმოების CNC დანადგარების გამოყენებით შესაძლებელია მრავალკომპონენტთან რთული ტრანსფორმირებადი კონსტრუქციის შექმნა.
7. შემოთავაზებული ციფრული მოდელის დამზადების პროცესში გადაწყვეტილი ამოცანების ერთობლიობა შესაძლებელს ხდის შეიქმნას სასურველი პარამეტრების ტრანსფორმირებადი კონსტრუქციები.
8. საკვლევი კონსტრუქცია დამზადებულია ფოლადის ელემენტებისაგან (არსებული ხელმისაწვდომი რესურსებიდან გამომდინარე). კოსმოსში გასატანი რეალური კონსტრუქციის დასამზადებლად დაშვებულია კომპოზიტური და კერამიკული მასალები რაც გათვალისწინებულ იქნა კონსტრუირების პროცესის საწყის ეტაპზე.
9. წარმოდგენილი გაუმჯობესებული შეერთების კვანძებისა და მოძრავი სახსრების გამოყენება შესაძლებელია არამარტო დიდგაბარიტიან LDA ანტენებში, არამედ განსხვავებული საინჟინრო ამოცანების გადასაჭრელად მშენებლობაში, მედიცინაში, ავტონდუსტრიაში და მრეწველობის სხვადასხვა დარგში.
10. საცდელი მოდელისა და კონცეპტუალური დიზაინის შექმნა თანამედროვე ტექნოლოგიების პირობებში სირთულეებთან არ არის დაკავშირებული და პროექტის კვლევას ადვილად განხორციელებადს ხდის.

დისერტაციის თემასთან დაკავშირებული პუბლიკაციები

აღნიშნული თემის გარშემო გამოცემულია შემდეგი პუბლიკაციები და ნაშრომები: კონფერენცია - რეფლექტორული ანტენის ცვლადი გეომეტრია (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასი წლის იუბილისადმი მიძღვნილი სტუდენტთა საერთაშორისო კონფერენცია - ინოვაციური ტექნოლოგიები ინჟინერიაში, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2023. გვ. 181-193); კონფერენცია -

სამგანზომილებიანი ლაზერული სკანირების მოწყობილობები განსხვავებული დანიშნულებით (საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „გამოყენებითი მექანიკის პრობლემები, მიძღვნილი საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტის ირაკლი ლუდუშაურის 95 წლის იუბილისადმი“ 2023. გვ. 38-39); პუბლიკაცია - Truss Structure for Deployable Reflector Antenna (Problems of Mechanics, № 1(90), 2023. P. 47-52); პუბლიკაცია - ორბიტული ანტენის ტექნიკური პარამეტრების გაუმჯობესება (სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2023); პუბლიკაცია - ორბიტული ანტენის ტექნიკური პარამეტრების გაუმჯობესება (სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2023.), სამეცნიერო სტატია - Truss Structure for Deployable Reflector Antenna (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი საქპატენტი, დეპონირების დამადასტურებელი მოწმობა ნომერი 8910. დეპონირებულია 2023.03.14).

გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] რადიოტალღები - ka.wikipedia.org/wiki/რადიოტალღები
- [2] რადიო ანტენა - [ka.wikipedia.org/wiki/ანტენა_\(რადიო\)](https://ka.wikipedia.org/wiki/ანტენა_(რადიო))
- [3] ელექტრომაგნიტური გამოსხივება - ka.wikipedia.org/wiki/ელექტრომაგნიტური_გამოსხივება
- [4] ელექტრონული ომი - geoarmada.wordpress.com/2013/04/20/ელექტრონული-ომი/
- [5] Parabolic Reflector Antenna Gain - www.electronics-notes.com/articles/antennas-propagation/parabolic-reflector-antenna/antenna-gain-directivity.php
- [6] Hecht, Eugene (2001). *Optics*, 4th, Pearson Education.
- [7] Reitz, John; Milford, Frederick; Christy, Robert (1992). *Foundations of Electromagnetic Theory*, 4th, Addison Wesley. ISBN 0-201-52624-7.
- [8] Allen Taflove and Susan C. Hagness (2005). *Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method*, 3rd ed. Artech House Publishers.

Abstract

During the last five decades, space agencies have sent thousands of space crafts, space capsules, or satellites to the universe. Their purpose is different. In space, satellites move in a defined orbit. Information is exchanged through electromagnetic waves. This information can be either the simplest radio signal or a visual image. This field is rapidly developing and this development brought about a new age of combined Earth sciences. Earth observation is important to solve future scientific social or defense and security challenges.

Orbit-type transmitters are used worldwide in communication, monitoring, research and observation processes, both for civil and military purposes. The mentioned field is rapidly developing and the main task is to improve their production costs, service life and technical parameters. Shape of the transmission devices is primarily determined by their purpose. Therefore, in the paper, we will discuss the deployable reflector antenna and abilities to improve its technical parameters, construction of support truss and possibility of transformation.

Following topic includes improving the technical parameters of the artificial satellite introduced in the satellite complex. There are two major classes of communications satellites, passive and active. Passive satellites only reflect the signal coming from the source, toward the direction of the receiver. With passive satellites, the reflected signal is not amplified at the satellite, and only a very small amount of the transmitted energy actually reaches the receiver. Since the satellite is so far above Earth, the radio signal is attenuated due to free-space path loss, so the signal received on Earth is very, very weak. Active satellites, on the other hand, amplify the received signal before retransmitting it to the receiver on the ground. Passive satellites were the first communications satellites, but are little used now. The ultra-lightweight construction of large, deployable space structures is a fundamental prerequisite for the realization of space concepts. In addition to the functionality of the deployment technique and the development of control concepts, lightweight aspects and their technical implementation play a key role in future research missions. Orbital spaceflight requires a satellite or spacecraft payload to be accelerated to very high velocity. In the vacuum of space, reaction forces must be provided by the ejection of mass, resulting in the rocket equation. The physics of spaceflight are such that rocket stages are typically required to achieve the desired orbit. Following thesis includes the study and design of the structural nodes of this second type of satellite. Transformable constructions have connection joints with a limited movement and with a defined degree of freedom. Therefore, choosing the individual component, the solution of their connection nodes, the manufacturing technology and the types of materials are very important. Materials which would be used in the assembly can be divided into two groups: Processable (Raw materials) - such as aluminum sheet, round or square tubes and other semi-finished products, which need some machining to get them into functional condition; Finished materials - such as bolts, clamps, gaskets, bearings ropes, etc. In the first case, the machines are used to achieve the final shapes and because of that their physical and mechanical properties must have to be considered at all stages of the drawing, while the second group of materials can be selected during the design process. The small weight of the construction is also important. Minimizing the weight of structural components of the space application launched into orbit in a space shuttle can save cost, reduce the number of space shuttle missions.