

გიორგი ბერაძე

“მილსადენების დიდძალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის
წინასწარ დამაბული კომბინირებული კონსტრუქციის გაანგარიშებისა
და კონსტრუირების საკითხები”

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური
ხარისხის მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
10 იანვარი, 2014 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი, ვადასტურებთ, რომ გავეცანით გიორგი ბერაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „მილსადენების დიდმალისანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაბული კომბინირებული კონსტრუქციის გაანგარიშებისა და კონსტრუირების საკითხები“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი. 10 იანვარი, 1014 წელი

ხელმძღვანელი:

სრული პროფ. ბიჭიკო სურგულაძე

რეცენზენტები: ტმკ, აკად. დოქტორი ალ.
ბერძენიშვილი

სრული პროფ. შახი ბაქანიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი 2014 წ.

ავტორი: გიორგი ბერაძე

დასახელება: „მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის გაანგარიშებისა და კონსტრუირების საკითხები“

ფაკულტეტი : სამშენებლო ფაკულტეტი

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: თარიღი 10 იანვარი, 2014 წელი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებულ საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის კონსტრუირების, ანალიზური კვლევისა და ტექნიკო-ეკონომიკური გაანგარიშების შედეგები.

ნაშრომში მოცემულია მაგისტრალური მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელების არსებული კონსტრუქციების მიმოხილვა, კლასიფიკაცია და კრიტიკული ანალიზი. აღნიშნულის საფუძველზე დამუშავებულია ახალი ტიპის კონსტრუქცია რომლის ტექნიკურ გადაწყვეტილების სიახლეზე „საქპატენტის“ მიერ გაცემულია პატენტი განაცხადზე №12245/01 (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ცენტრი, საქპატენტი, ბრძანება პატენტის გაცემის შესახებ განაცხადზე №12245/01, ბრძანების №737/01, 12. 06. 2013 წ.), რომლის ტექნიკურ გადაწყვეტით მიიღწევა მისი ანალოგების ტექნიკურ გადაწყვეტებში არსებული კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ხარვეზების აღმოფხვრა. ასევე ახალი ტიპის კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტა არსებული ანალოგიური კონსტრუქციებისაგან განსხვავდება წინასწარდასაძაბავი ელემენტების განლაგებით და მისი დაძაბვის ახალი-გაუმჯობესებული სქემით. ნაშრომში აღწერილი ტექნიკური გადაწყვეტით მიიღწევა მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელის კონსტრუქციის ყველა მზიდ ელემენტში ძაბვების მოხერხებული რეგულირება. შემუშავებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრებისა და დატვირთვების გაანგარიშება. დადგენილია ბაგირებისა და თაღოვანი წამწეების მოხაზულობის დამოკიდებულება გადასასვლელის მალის სიდიდეზე და შეაფრების აწეულობის/ჩაწეულობის ისარზე, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია რკალის სეგმენტის რადიუსზე და რვაკუთხა ფორმის პრიზმების განლაგების ზომაზე, რომელიც განისაზღვრება მის შიგა ნაწილში გასატარებელი მილსადენის მილის ზიდვისუნარიდან დადგენილი მალის სიდიდის მიხედვით. მოცემულია კომბინირებული კონსტრუქციაზე შესაძლო მოქმედი დატვირთვების სახეობები და მათი გაანგარიშების მეთოდი.

ნაშრომში მოცემულია მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული, კომბინირებული, ახალი ტიპის კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობაზე გაანგარიშება, რომელიც შესრულებულია, მისი ცენტრალური ხისტი ნაწილის განივი კვეთის, დრეკადი წირის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირების მეთოდით. განხილულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის

მდგრადობის კარგვის სავარაუდო ფორმები, მისი ცენტრალური ხისტი ნაწილის ერთი ან ორი ნახევარტალღის სახით გადუნვისას.

შემოთავაზებული, წინასწარ დაძაბული, კომბინირებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის მდგრადობაზე გაანგარიშება შესაძლებელია „სახსრული ჯაჭვი“-სა და ენგესსერ-ტიმოშენკოს მეთოდებით. „სახსრული ჯაჭვი“-ს მეთოდის გამოყენების დროს გართულებულია დიაფრაგმის (დგარებისა და კავშირების ერთობლიობის) ღუნვის სიხისტის გავლენის გათვალისწინება, ხოლო ენგესსერ-ტიმოშენკოს მეთოდით გაანგარიშებისას, მართალია შესაძლებელია დიაფრაგმების ღუნვის სიხისტის გავლენის გათვალისწინება, მაგრამ ეილერის მრუდის შესაბამისად მდგრადობის დაკარგვისას შეუძლებელია წინასწარ დაძაბვის ძალის გათვალისწინება.

ნაშრომში მოცემულია კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის განივი კვეთის დრეკადი წირის დიფერენციალურ განტოლების ამონახსნის საბოლოო შედეგი, რომელიც წარმოადგენს მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (ღეროს) გრძივი ღუნვის ამოცანის გადაწყვეტას. განხილულია სიმეტრიული და ირიბსიმეტრიული მდგრადობის კარგვის ფორმების ერთგვაროვანი განტოლებების სისტემა ძალოვანი ფაქტორების ზემოქმედების დროს (მათ შორის ღეროს გადუნვის ერთი ან ორი ნახევარტალღის ფორმის შემთხვევისათვის). მიიღებულია ორი მახასიათებელი განტოლება, რომლებსაც გააჩნიათ კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (ღეროს) მდგრადობის კარგვის სხვადასხვა ფორმების ამსახველი ფესვთა უსასრულოდ ბევრი ამონახსნი. პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება ამონახსნთა მინიმალურ მნიშვნელობას რომელიც ასახავს მდგრადობის კარგვის რეალურ ფორმას და კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის კრიტიკული ძალის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

დამუშავებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშება (ალბათური ინტერპრეტაცია).

ნაშრომში მოცემულია მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული, კომბინირებული, ახალი ტიპის კონსტრუქციის ბაგიროვანი ნაწილის გაანგარიშება. რომელიც შესრულებულია, „მოქნილი ძაფისა“ და „ჯაჭვირის“ პარაბოლით აპროქსიმაციის მეთოდებით.

შემუშავებულია ახალი ტიპის მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქცია, რომლის კონსტრუქციული გადაწყვეტა ანალოგებისაგან განსხვავდება წინასწარ დამძაბავი/დასაძაბავი ელემენტების განლაგებით და მისი დაძაბვის ახალი-გაუმჯობესებული სქემით.

ნაშრომში აღწერილი ტექნიკური გადაწყვეტით მიიღწევა მაგისტრალური გაზსადენის მილის მონტაჟის გამარტივება და ასევე გადასასვლელის მზიდ ელემენტებში ძალვათა მოხერხებული რეგულირება. ასევე, ახალი ტექნიკური გადაწყვეტილების შედეგია მშენებლობის ხანგრძლივობისა და მასალის ხარჯის შემცირება, კონსტრუქციის ზიდვის უნარის ამაღლება და ექსპლუატაციის დროს საიმედოობის გაზრდა.

ტექნიკური შედეგი მიიღწევა იმით, რომ L მალისა f აწეულობის/ჩაწეულობის ისრის მქონე მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის მზიდ ელემენტების მისამაგრებელი ელემენტები შესრულებულია რვაკუთხა ფორმის პრიზმებისაგან, რომელთა ოთხ ფერდზე რადიანულად განლაგებულია პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწები, ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიანულად განლაგებულ დგარებზე განთავსებულია ბაგირები, რომლებიც სახსრულად არიან ჩამაგრებული მილსადენის კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებთან, ხოლო დგარებს, თავისუფალ ბოლოში, გააჩნიათ კუთხვილიანი სადებები, რომლებშიც ჩახრახნულია კუთხვილიანი მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტები, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონტრქანითა და მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ნახვრეტებით, მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტების ბოლოები ცილინდრული სახსრითაა მიმაგრებული ბაგირის დგართან დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, რომელზეც სახსრულადაა დამაგრებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები, ხოლო ბაგირი ფურცლოვანი სადებითა და ჭანჭიკებით შეერთებულია ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, წამწის ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ხისტი კავშირებით.

გადაწყვეტილი და დამუშავებულია ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის პროექტირებისათვის საჭირო საყრდენი და მზიდი ელემენტების შეერთების ძირითადი კვანძები.

სამშენებლო კონსტრუქციების ტიპური საანგარიშო პროგრამების გამოყენებით ჩატარებული გაანგარიშებების საფუძველზე დასაბუთებულია საავტორო უფლებაში მოცემულ ფორმულაში აღწერილი ტექნიკური გადაწყვეტილების მართებულობა და უპირატესობა არსებულ ანალოგებთან შედარებით.

ტექნიკურ-ეკონომიკურ გაანგარიშების საფუძველზე შეფასებულია შემოთავაზებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის ეფექტურობა.

Resume

This thesis shows the results of the constructing, analytical research and technical-economic calculations for the pre-strained combined construction of large-span crossing of new-type pipelines.

The thesis shows the review, classification and critical analysis of the existed constructing of the main pipelines' large-span crossings. On the basis of the above, the new-type construction is elaborated and the positive decision is issued by "Sakpatenti" for the innovation of its technical decisions.

The method is provided for the geometric parameters, probable active-load types and calculations of the proposed construction. The dependence of the ropes and arch truss inflection on the crossing span's value and arch ground-to-top distance is determined, which in its turn depends on the radius of arc segment and size of octagonal prisms' arrangement, which is defined according to the span's size, determined from the bearing capacity of a pipeline's pipe to be passed inside it.

Thesis shows the elaboration of calculation method of rigidity of the rigid part of pre-strained combined new-type construction of pipelines' large-span crossing, which is performed with the integration method of differential equation of flexible line for the cross-section of its central rigid part. Possible shapes of proposed construction resistance loss are described, when its central rigid part is bent in the shape of one or two semi-wave.

Calculations on the rigidity of the proposed pre-strained combined new-type construction is possible with the "Hinge-Chain" and Engesser-Timoshenko methods. When using the "Hinge-Chain" method, it is complicated to take into account the diaphragm's (combinatin of foot-pieces and connections) bending rigidity influence, and when calculating with the Engesser-Timoshenko method, although it is possible to take into account the diaphragms' bending rigidity influence, but it is not possible to take into account a pre-stain force when there is an Eulerian instability.

Thesis shows the final result of the differential equation's solution of the construction rigid part's cross-section flexible line, which is the solution for the task of longitudinal bending of rigid part (stem) of the construction of the main pipeline's large-span crossing. The system of homogeneous equations of the shapes of the simmetrical and slant-symmetrical loss of rigidity is described, when the power factors make influence (including a case when a stem is bent in one or two semi-wave shape). Two characteristic equations are received, which have infinitely many solutions of the roots describing different shapes of rigidity loss of the construction rigid part (stem). The minimum values of the solutions, which describe the real shapes of rigidity loss and gives possibility to determine a critical power of a construction rigid part, have the practical importance.

Calculations of the stretched and off-centrally compressed elements of the proposed construction are made with the use of probabilistic method.

This thesis shows the calculations of the rope part of the pre-strained combined new-type construction of the pipelines' large-span crossing, which is performed with the "ideal cable" and "chain-line" parabolic approximation methods.

The new-type pipelines' large-span crossing's pre-strained combined construction is elaborated, the construction solution of which differs from the analogues with the placement of pre-straining/to be strained elements and new improved scheme of its strain. Simplified installation of the main pipelines' pipe as well as convenient adjustment of the force in crossing's load-bearing elements are achieved with the technical solution of the thesis. Technical solution also reduces the construction period and materials' costs and increases the bearing capability of a construction and reliability during an operation.

Technical result is achieved with the fact that the connecting elements of load-bearing elements of main pipelines' large-span crossing with L span f up/down arrow is performed with the octagonal prisms; on the four lateral sides of which the arch trusses, with the parabolic inflection and upper belt, are placed radially; and on the other four lateral sides the ropes are placed on the radially arranged foot-pieces; which are hinged to the supporting node-pieces of the pipeline's construction; and the racks at the free ends have the screw-pads in which the screw uniform cross-section elements are screwed; which have the counter-nuts and cross-like holes in its rectangular part; the ends of the uniform cross-section elements are connected with the cylindrical hinges to the rope rack linked open-section elements; on which the semi-cylindrical node-details are hinged; and a rope with the sheet pad and bolts are connected to the open-section elements; the node-points of truss upper belt and rope-holding radially arranged supports are connected to each other with the rigid connections.

The main node-points for the connection of supporting and load-bearing elements, needed for the new-type pre-strained combined construction's engineering, are decided and elaborated.

On the basis of the calculations carried out with the typical calculation programs of the building structures the validity and priority of the technical solution, described in a formula shown in an author's right, is substantiated compared with the analogues.

On the basis of technical-economic calculations the effectiveness of the proposed new-type construction is assessed.

შინაარსი

შესავალი	-----	16
თავი I. მაგისტრალური მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელების კონსტრუქციები	-----	18
§I.1 მაგისტრალური მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელების არსებული კონსტრუქციების მიმოხილვა, კლასიფიკაცია და კრიტიკული ანალიზი	-----	18
§I.2 მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის აღწერა	-----	33
თავი II. შემოთავაზებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის მუშაობის ანალიზი, გეომეტრიული პარამეტრებისა და დატვირთვების გაანგარიშება.	-----	40
§II.1 შემოთავაზებული კონსტრუქციის მუშაობის ანალიზი და გაანგარიშების მეთოდოლოგია	-----	40
§II.2 შემოთავაზებული კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრებისა და დატვირთვების გაანგარიშება.	-----	44
თავი-III. მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწ. კომბინირებული კონსტრუქციის გაანგარიშება და კონსტრუირება	-----	53
§III.1. შემოთავაზებული კონსტრ., ხისტი ნაწილის მდგრადობაზე გაანგარიშება	-----	53
§III.2 შემოთავაზებული კონსტრუქციის ბაგიროვანი ნაწილის გაანგარიშება	-----	61
§III.3 გარეცენტრულად შეკუმშული ღეროების ზიდვის უნარის განსაზღვრა (ალბათური ინტერპრეტაცია)	-----	68
§III.4 შემოთავაზებული კონსტრუქციის აეროდინამიკურ მდგრადობაზე გაანგარიშება	-----	76
§III.5 შემოთავაზებული კონსტრუქციის გაანგარიშება არსებული საანგარიშო ტიპური პროგრამების გამოყენებით	-----	83
თავი-IV. ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის კონსტრუირების, დამზადებისა და მონტაჟის საკითხები	-----	84
§IV.1. შემოთავაზებული ხალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის მოქნილი ელემენტების (ბაგირების) შეერთების კვანძების გაანგარიშება და ელემენტების განივი კვეთების შერჩევა.	-----	84
§IV.2. შემოთავაზებული კონსტრუქციის ელემენტების კოროზიისაგან დაცვის საკითხები.	-----	104
§IV.3. შემოთავაზებული კონსტრუქციის დამზადებისა და მონტაჟის საკითხები	---	106
თავი V. მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელების შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება	-----	113
ძირითადი დასკვნები	-----	121
გამოყენებული ლიტერატურა	-----	123
დანართი	-----	126

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 5-1 – მასალების ხარჯი არსებულ და შემოთავაზებულ კონსტრუქციებზე.	115
ცხრილი 5-2 – შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების მასალის ხარჯის ნატურალური და ერთეულის ღირებულება -----	116
ცხრილი 5-3–შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების დამზადების, მონტაჟისა და მოწყობის სამუშაოების დანახარჯები -----	117
ცხრილი 5-4 –შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების სატრანსპორტო დანახარჯები (განიხილება კონსტრუქციის ტრანსპორტირება 500 კმ მანძილზე)	118
ცხრილი 5-5 –არსებული და შემოთავაზებულ კონსტრუქციების საერთო (ჯამური) ღირებულება (ლ/კვ.მ.)	119

ფოტო მასალისა და ნახაზების ნუსხა

ფოტო-1 აპშერონის ნახევარკუნძულზე განლაგებული „ბალახანის“ საბადოდან ქ. ბაქოს ნავთობ გადამამუშავებელ ქარხანაში ნედლეულის გადასაქაჩი მილსადენი -----	19
ფოტო-2 ტრანს ალიასკის მილსადენი მდინარე ტანანაზე -----	22
ფოტო-3 მდინარე მინისოტაზე გამავალი მილსადენი -----	23
ფოტო-4 მდინარე კოლორადოზე ელ პასოს მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი -----	24
ფოტო-5 მდინარე ანდისკოე კოისუს მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი (დაღესტანში) -----	25
ფოტო-6 მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი მდინარე იესანჰეზე -----	26
ფოტო-7 მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი მდინარე „უცნობზე“ -----	27
ფოტო-8 მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების ხიდისებური კიდული კონსტრუქცია (სსრკ საავტორო მოწმობა №857343, კლ. E04 B17/00, 1981, ბიულეტენი N31) -----	27
ფოტო-9 მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების ხიდისებური კიდული კონსტრუქცია (სსრკ საავტორო მოწმობა №659684, კლ. E04 B17/00, 1979, ბიულეტენი N16.) -----	28

ფოტო-10 მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების შპრენგელური ტიპის კონსტრუქცია	-----29
ფოტო-11 ტრანს ალიასკის მილსადენის გადასასვლელი	-----29
ფოტო-12ა, 12ბ მდინარე რიონზე საჰაერო გადასასვლელის	-----30
ფოტო-13 მდინარე ტეხურაზე საჰაერო გადასასვლელის საერთო ხედი	-----31
ფოტო-14 მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების კომბინირებული კონსტრუქცია (პროტოტიპი, ყოფილი საბჭოთა კავშირის საავტორო მოწმობა SU 1678948 A1, კლ. E01 D 17/00, 1991, ბიულეტენი, N35)	-----32
ნახ.-I.1 მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხედი ჭრილი I-I-ის მიხედვით	-----37
ნახ.-I.2 მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხედი ჭრილი II-II-ის მიხედვით	-----38
ნახ.-I.3 მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის განივი ჭრილი A-A	----- 38
ნახ.-I.4 ბაგირების ჩამაგრების კვანძი ჭრილი 1-1 და 2-2-ს მიხედვით	-----39
ნახ.I.-5 კვანძი-2 და ჭრილი 3-3	----- 39
ნახ.-II.1 კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრები გრძივი კვეთის მიხედვით	-----47
ნახ.-II.1ბ კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრები განივი კვეთის მიხედვით	-----47
ნახ.-II.1გ კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრები	----- 48
ნახ.-II.2 მილსადენის მრავალმარულიანი გატარების სქემა	----- 51
ნახ.-III.1 კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობის კარგვის ფორმები	----- 55
ნახ.-III.2 კონსტრ. ხისტი ნაწილის მდგრადობის კარგვის დროს დიაფრაგმების დგარებისაგან გამომცემული დატვირთვების სქემა	-----56
ნახ. III.3 შემოთავაზებული კონსტრუქციის განივი კვეთი საკოჭებზე	-----64
ნახ.-III.4 საკოჭის საანგარიშო სქემა	-----64
ნახ. III.5 შემოთავაზებული კონსტრუქციის დიფერენცირებული საანგარიშო სქემა აეროდინამიკური გაანგარიშებისას	-----77
ნახ. IV.1 ბაგირის დგარებთან შეერთების კვანძი	-----90
ნახ. IV.2.1÷12 შემოთავაზებული კონსტრუქციის ნახაზები	-----91-102
ნახ. IV.3.1 მონტაჟის პირველი ვარიანტის სქემა	-----110
ნახ. IV.3.1ა, 1ბ მონტაჟის პირველი ვარიანტის სქემის ჭრილები	-----110
ნახ. IV.3.2 მონტაჟის მეორე ვარიანტის სქემა	-----111
ნახ. IV.3.2ა,2ბ,2გ მონტაჟის მეორე ვარიანტის სქემის ჭრილები	-----112

ანბანური საძიებელი

ა

აპშერონის ნახევარკუნძული, 18.

აწეულობის ზომა, 46

აეროდინამიკური კოეფიციენტი, 50

არადრეკადი დეფორმაციები, 52

არაწრფივი, 75

აპროქსიმაცია, 74

აეროდინამიკური მდგრადობა, 76, 77

ამპლიტუდა, 76, 78

ანტიკოროზიული დაცვის პრობლემა, 88

ბ

ბაგირები, ბაგიროვან ელემენტები, 27

ბურჯები, 19, 26

ბ

გამბრჯენები, 15

გარეცენტრალურად შეკუმშული ელემენტი, 36

გორვის ხახუნის კოეფიციენტი, 48

გამჭიმავი ძალა, 65

დ

დრეკადი ხაზის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირების მეთოდი, 37, 51

დამრეცი საკოჭი, 65

დეტერმინირებული, 71, 77

დისპერსია, 74

ქ

ეკოლოგიური საშიშროება, 28

ეილერის მრუდი, 37

ენგესსერ-ტიმოშენკოს მეთოდი, 51

ეილერის კრიტიკული ძალა, 82

ელექტროდული პოტენციალი, 91

ჰ

ვერტიკალური ძალა, 49

ვექტორი, 73

ვარიაციული მეთოდი, 82

ზ

ზიდვის უნარი, 29, 41, 72

თ

თაღოვანი წამწე, 19

ი

ინტეგრირების მეთოდი, 37

ინექციონება, 88

კ

კუთხვილიანი სადებები, 16

კონტრქანჩი, 16

კომბინირებული, 37

კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრები, 44

კუთხურა დამყოლობის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი, 53

კრიტიკული ძაბვები, 72

კლემის (მომჭერის) გაანგარიშება, 84

ლ

ლიპყინულის დატვირთვები, 46, 47, 61

ლინეარიზაციის (გაწრფევების) მეთოდი, 72

ლოკალური ზემოქმედებები, 90

მ

მოძრავი და უძრავი საყრდენები, 15

მზიდი ბაგირები, 15, 16

მაგისტრალური მილსადენის კიდული გადასასვლელები, 20

მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების შპრენგელურ და ხიდისებრი

კონსტრუქციები, 23

მდგრადობა, 37, 52

მდგრადობის დაკარგვა, 52

მობრუნების კუთხეები, 53

მახასიათებელი განტოლება, 58

მოდელირება, 62

მოქნილი ძაფი, 62

მტყუნება, 68

მათემატიკური ლოდინი, 73

მტყუნების ალბათობა, 75

მატიეს განტოლება, 78
მშენებლობის საერთო ხანგრძლივობა, 91
მცურავი ბაქანი, 94
ნ
ნულოვანი ვარიაცია, 74
პ
პილონები, 15
პარამეტრები, 71
პონტონისაგან შედგენილი ბაქანი, 94
რ
რეაქუთხა ფორმის პრიზმები, 16
რხევის ამპლიტუდები, 39
რეაქტიული მღუნავი მომენტები, 53
რეაქტიული ძალები, 55
რღვევის ალბათობა, 71
ს
საყრდენ დგარები, 15
საანკერო საყრდენები, 15
სეისმურად აქტიური, 15
საჰაერო გადაკვეთა, 24
„სახსრული ჯაჭვი“, 37
საკოჭი, 39, 61
სიმკრივე, 42
საანგარიშო სქემა, 55
სიმეტრიული და ირიბსიმეტრიული მდგრადობა, 56
საკვანძო დეტალები, 61
საწყისი სიმრუდე, 69
სინუსოიდური კანონი, 69
სიხშირე, 77
სიხშირეების სპექტრი, 81
ტ
ტექნიკური გადაწყვეტა, 16
ტეილორის მწკრივი, 72
უ
უგამრჯენო სისტემა, 39, 76

უსაფრთხოების კოეფიციენტი, 42

ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი, 72

ქ

ქარის დატვირთვა, 47

ქარის ჩქაროსნული დაწნევა, 47

ღ

ღუნვადი ელემენტი, 36

ღუზები, 94

ჩ

ჩაღუნვები, 52

წ

წინასწარ დაძაბული, 16, 36, 62

წინაღობის მომენტი, 42

წნულები, 84, 90

წრიული გამჭიმავი ძალა, 90

წნული და სპირალური ბაგირები, 84, 91

ჭ

ჭანჭიკები, 16

ჯ

ჯვრისებრი ნახვრეტები, 16

მადლიერება

სადისერტაციო ნაშრომის შესრულებისას გაწეული კონსულტაციისთვის და კვლევისთვის საჭირო მასალებით დახმარებისთვის განსაკუთრებულ მადლობას ვუხდის მეცნიერ-ხელმძღვანელს სრულ პროფესორს ბ-ნ ბექა სურგულაძეს.

ასევე უღრმეს მადლობას ვუხდის სრულ პროფესორს ბ-ნ ინგუშა მშვენიერაძეს, ჩემს მიმართ გაწეული ღვაწლისა და დახმარებისათვის.

მადლობას ვუხდის აკადემიურ დოქტორს ბ-ნ ა. ბერძენიშვილს და სრულ პროფესორს ბ-ნ შ. ბაქანიძეს ნაშრომზე მუშაობის დროს კონსულტაციებისათვის.

აგრეთვე მადლიერება მინდა გამოვხატო ყველა იმ პიროვნების მიმართ ვინც დახმარება გამიწია ნაშრომზე მუშაობის პროცესში და მაძლევდა საგულისხმო შენიშვნებსა და რჩევებს.

შესავალი

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია ახალი ტიპის მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ანალიზური კვლევის, კონსტრუირებისა და ტექნიკო-ეკონომიკური გაანგარიშების შედეგები.

ნაშრომში მოცემულია მაგისტრალური მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელების არსებული კონსტრუქციების მიმოხილვა, კლასიფიკაცია და კრიტიკული ანალიზი. აღნიშნულის საფუძველზე დამუშავებულია ახალი ტიპის კონსტრუქცია რომლის ტექნიკურ გადაწყვეტილების სიახლეზე „საქპატენტის“ მიერ გაცემულია პატენტი განაცხადზე №12245/01 (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ცენტრი, საქპატენტი, ბრძანება პატენტის გაცემის შესახებ განაცხადზე №12245/01, ბრძანების №737/01, 12. 06. 2013 წ.).

ნაშრომში განხილულია ახალი ტიპის, წინასწარ დაძაბული, კომბინირებული კონსტრუქცია. L მალისა, f აწეულობის/ჩაწეულობის ისრის მქონე მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის კონსტრუქცია, რომლის მზიდი ელემენტების მისამაგრებელი საკვანძო დეტალები შესრულებულია რვაწახნაგა ფორმის პრიზმებისაგან, რომელთა ოთხ წახნაგზე (ფერდზე) რადიალურად განლაგებულია პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყელიანი თაღოვანი წამწეები (ან სწორხაზოვანი, მთლიანკედლიანი ან გამჭოლი კოჭოვანი კონსტრუქციები), ხოლო დანარჩენ ოთხ წახნაგზე რადიალურად განლაგებულ დგარებზე, ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში, განთავსებულია საკოჭები (ბაგიროვანი შპრენგელები). წამწეების (ანდა სწორხაზოვანი კოჭოვანი კონსტრუქციების) ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის დამჭერი რადიალურად განლაგებული დგარები ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ხისტი კავშირებით და ქმნიან გისოსოვან დიაფრაგმას (იხ. ნახ.-1, კონსტრუქციის განივი კვეთი). ანუ კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი წარმოადგენს იმ ელემენტებს რომლებიც დებულობენ ბაგიროვანი კონსტრუქციებისაგან აღძრულ მკუმშავ ძალებს, ასევე, მღუნავ მომენტებსა და განივ ძალებს რომლებიც წარმოიშვებიან ბაგირებში (საკოჭებში) აღძრული სხვადასხვა სიდიდის გამჭიმავი ძალების სხვაობისაგან. ასევე კონსტრუქციის აღნიშნული ნაწილი მუშაობს მასზე მოქმედი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ზემოქმედებებისაგან (კონსტრუქციის საკუთარი წონა, სასარგებლო დატვირთვა, თოვლი, ქარისა და სეისმური ზემოქმედება) აღძრულ ძალოვან ფაქტორებზე.

წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომი შეიცავს შემოთავაზებული კონსტრუქციის კვლევისა და კონსტრუქციის შემდეგ საკითხებს:

- გაანალიზებულია არსებული მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის კონსტრუქციები. კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე შეფასებულია მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. კონსტრუქცასევე განხილულია სხვადასხვა ტექნიკური გადაწყვეტიებიანი სქემების საჭირო გადასასვლელის წინასწარდაძაბული კონსტრუქციები;
- მოცემულია მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის აღწერა;
- გაანალიზებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის მუშაობა და გაანგარიშების მეთოდი;
- განხილულია კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრებისა და მასზე მოქმედი შესაძლო დატვირთვების გაანგარიშება (დადგენა);
- მოცემულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობაზე გაანგარიშება;
- შესრულებულია ბაგროვანი საკოჭის გაანგარიშება დიფერენცირებული საანგარიშო სქემის გამოყენებით;
- ნაშრომში მოცემულია გარეცენტრულად შეკუმშული ღეროების ზიდვის უნარის განსაზღვრა ალბათური ინტერპრეტაციით, რომელიც, ზოგადად, კონსტრუქციების ხისტი ნაწილის ელემენტების გაანგარიშებისას მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს. დადგენილია მკუმშავი ძალის ზემოქმედებისას ღეროს ზიდვის უნარის ამოწურვისა და შენობა-ნაგებობების ჩონჩხედის ცალკეული ელემენტების მტყუნების ალბათობა;
- მილსადენების დიდმალიანი საჭირო გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის აეროდინამიკურ მდგრადობაზე გაანგარიშება;
- შესრულებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გაანგარიშება სამშენებლო კონსტრუქციების ტიპური საანგარიშო პროგრამა ილა-ს გამოყენებით. ძალის კონსტრუქციული გადაწყვეტის მიხედვით გაანგარიშებულია სამი სახის კონსტრუქცია. მოცემულია მასალის ხარჯი;
- მოცემულია მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის კონსტრუქციის საკითხები;

- მოცემულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის აგებისა და შემოთავაზებული კონსტრუქციის წინასწარი დაძაბვის განხორციელების ტექნოლოგია;

ნაშრომის ბოლოს, სტატიკური-დინამიკური გაანგარიშებისა და კონსტრუქციის შედეგებზე დაყრდნობით შესრულებულია ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშებები. მოცემულია ძირითადი დასკვნები, ეკონომიკური გაანგარიშებების თანახმად შემოთავაზებული კონსტრუქციის გამოყენებისას ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტი საშუალოდ შეადგენს დაახლოებით 28.6 %-ს

თავი I. მაგისტრალური მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელების კონსტრუქციები

I.1 მაგისტრალური მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელების

კონსტრუქციების მიმოხილვა, კლასიფიკაცია და კრიტიკული ანალიზი ენერგორესურსები გადამწყვეტ როლს თამაშობენ თანამედროვე ეკონომიკაში. თვითოეული სახელმწიფოს საწარმოო ძალების განვითარების ხარისხი განისაზღვრება ენერგო რესურსების (მატარებლების) მოპოვებისა და მოხმარების მიხედვით.

ენერგო რესურსების ძირითადი სახეობებია - ნავთობი, ნახშირი, ბუნებრივი გაზი, ჰიდროელექტრო ენერჯია და ატომური ენერჯია.

მე- 20 საუკუნის 60 წლებიდან ნავთობი და ბუნებრივი აირი (გაზი) გვევლინება ერთერთი მთავარი ენერგო რესურსების სახეობები მსოფლიო ენერგეტიკაში. განვითარებულ ქვეყნების ეკონომიკაში მათი წილი შეადგენს ენერგო რესურსების საერთო მოხმარების 75-80% და ეს რიცხვი სულ უფრო იზრდება, ატომურ ელექტრო სადგურებზე მომხდარი ინციდენტების ფონზე. თუმცა, ამ ენერგეტიკულ რესურსს ჭირდება ტრანსპორტირება, მოპოვების ადგილიდან გადამამუშავებლამდე (მომხმარებლამდე).

დღევანდელ დღეს კი ყველაზე მომგებიანად უსაფრთხოების, მაქსიმალური ოდენობის გადაზიდვისა და ეკონომიკური თვალსაზრისით მილსადენები ითვლება.

ისტორიულად მიიჩნევა, რომ ჩვენს რეგიონში, პირველად მილსადენის გამოყენება ნავთობის ტრანსპორტირებისათვის მე-19 საუკუნეში რობერტ ნობელმა ქალაქ ბაქოს მახლობლად დაიწყო და 1878 წლის შემოდგომაზე, პირველი ნავთობი, მილსადენის მეშვეობით აპშერონის ნახევარკუნძულზე

განლაგებული „ბალახანის“ საბადოდან გადაქაჩა ბაქოს შემოგარენში აგებულ ნავთობ გადამამუშავებელ ქარხანაში, რომელიც მოცემულია ფოტო-1-ზე.



ფოტო-1

მოგვიანებით, 1907 წელს კი აშენდა 883 კილომეტრი სიგრძის მილსადენი ბაქო-ბათუმი.

მილსადენები არსებობს მიწისზედა და მიწისქვეშა, ორივე მეთოდს აქვს თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. დღეისათვის მილსადენის მიწისქვეშა მოწყობა საჰაერო გადასასვლელთან მიმართებაში ეკონომიურია (თანამედროვე ჰორიზონტალური საბურღი ტექნიკისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით), მაგრამ მაგისტრალური მილსადენების პროექტირებისა და მშენობლობის პრაქტიკაში არის ისეთი გადაკვეთები სადაც მილსადენის მიწისქვეშა მოწყობა ტექნიკურად იმდენად რთულია, რომ იგი ხდება არაეკონომიური.

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია მილსადენების საჰაერო გადასასვლელების საშუალებით არასტაბილური გრუნტების მქონე ფსკერის მდინარეებისა (ასევე ჩქარი მდინარეების) და ღრმა ხეობების გადაკვეთის პრობლემა.

ცნობილია მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების ხიდისებური კიდული კონსტრუქცია, რომელიც შეიცავს პილონებს, საანკერო საყრდენებს, ორშტოიანი მზიდ ბაგირებს, მათ შორის განთავსებულ გამბრჯენებს და მზიდ ბაგირებზე შეკიდებულ მილსადენს (იხ. „ა“ ტიპის კონსტრუქციების გრაფიკული მასალა).

ასევე, ცნობილია მაგისტრალური მილსადენის კიდული გადასასვლელი, რომელიც შეიცავს მზიდ ბაგირებს, რომლებზეც საკიდებით დამაგრებულ მალის ნაშენს და მასზე განთავსებულ მილსადენს, მოძრავ და უძრავ საყრდენებს (იხ. „ბ“ ტიპის კონსტრუქციების გრაფიკული მასალა).. ასევე ცნობილია მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელის შპრენგელური ტიპის კონსტრუქცია, რომელიც შეიცავს მილსადენს, შპრენგელის მოსაწყობად საჭირო ხისტ დგარებს და შპრენგელის წინასწარ დაძაბულ ბაგიროვან ელემენტებს, ბურჯებს და მასზე მოწყობილ საყრდენ დგარებს (იხ. „გ“ ტიპის კონსტრუქციების გრაფიკული მასალა).

აღნიშნული ტექნიკური გადაწყვეტილებების უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ მილსადენი ჩართულია გადასასვლელის კონსტრუქციის მუშაობაში და შესაბამისად მშენებლობის სეისმურად აქტიური რაიონებისათვის ნაკლებადაა უზრუნველყოფილი მისი საიმედო ექსპუატაცია, ხოლო ვანტებზე მილსადენის მიმაგრება ართულებს მის მონტაჟს, რაც იწვევს მასალის ხარჯის, შრომატევადობისა და საერთო ღირებულების გაზრდას.

ასევე ცნობილია მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელის კომბინირებული კონსტრუქცია (პროტოტიპი), რომელიც შეიცავს პილონებზე განთავსებულ საყრდენი ჭიმებით აღჭურვილ მზიდ ბაგირს, კონსტრუქციის მალის შუაში განლაგებულ თაღოვან წამწეს და მასზე განთავსებულ მილსადენს (იხ. „დ“ ტიპის კონსტრუქციების გრაფიკული მასალა).

აღნიშნული ტექნიკური გადაწყვეტის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ გართულებულია თაღოვანი წამწისა და მასზე მრუდწირული მილსადენის მონტაჟი, გადასასვლელის მილსადენის ნაპირა ნაწილები წარმოადგენს თვითმზიდ ელემენტებს, ყოველივე იწვევს მასალის ხარჯის, მშენებლობის ხანგრძლივობისა და შრომატევადობის გაზრდას, ზიდვის უნარისა და საიმედოობის შემცირებას. ასევე, მშენებლობის სეისმურად აქტიური რაიონებისათვის ნაკლებადაა უზრუნველყოფილი მისი საიმედო ექსპუატაცია.

მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქცია, შეიცავს პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიან თაღოვან წამწეს, წინასწარ დაძაბულ მზიდ ბაგიროვან ელემენტებს, მილსადენის მზიდ ელემენტებზე მისამაგრებელ ცილინდრული ფორმის ელემენტებს, დამჭიმავ მოწყობილობებს, საყრდენ ნაპირის ბურჯებს, განსხვავდება იმით, რომ მილსადენის მზიდ ელემენტებზე მისამაგრებელ ცილინდრული ფორმის ელემენტები შესრულებულია რვაკუთხა ფორმის პრიზმებისაგან, რომელთა ოთხ ფერდზე რადიანულად განლაგებულია

პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწეები, ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიანულად განლაგებულ დგარებზე განთავსებულია ბაგირები, რომლებიც სახსრულად არიან ჩამაგრებული მილსადენის კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებთან, ხოლო დგარებს, თავისუფალ ბოლოში, გააჩნიათ კუთხვილიანი სადებები, რომლებშიც ჩასრახნულია კუთხვილიანი მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტები, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონტრქანითა და მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ნახვრეტებით, მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტების ბოლოები ცილინდრული სახსრითაა დამაგრებული ბაგირის დგართან დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, რომლებზეც სახსრულადაა განთავსებული ნახევარ ცილინდრული საკვანძო დეტალები, ხოლო ბაგირი ფურცლოვანი სადებითა და ჭანჭიკებით შეერთებულია ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, წამწის ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ხისტი კავშირებით.

მშენებლობის პრაქტიკაში ძირითადად ცნობილია ნაშრომში დამუშავებული მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების შემოთავაზებული ახალი ტიპის წინასწარდაბული კონსტრუქციის შემდეგი სახის ანალოგიური კონსტრუქციები:

„ა“ ტიპის ხიდისებური კიდული კონსტრუქცია, რომელიც შეიცავს პილონებს, საანკერო საყრდენებს, ორშტოიანი მზიდ ბაგირებს, მათ შორის განთავსებულ გამბრჯენებს და მზიდ ბაგირებზე შეკიდებულ მილსადენს.

აღნიშნული ტექნიკური გადაწყვეტის გამოყენებით აგებული მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი შესრულებულია მრავალ ქვეყანაში სხვადასხვა მდინარეებზე და ხევებზე, კერძოდ:

1. ტრანს ალიასკის მილსადენი მდინარე ტანანაზე, რომელიც გამოსახულია ფოტო-2-ზე;



ფოტო-2

2. მდინარე მინისოტაზე გამავალი მილსადენი, რომელიც გამოსახულია ფოტო-3-ზე;



ფოტო-3

3. მდინარე კოლორადოზე ელ პასოს მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი, რომელიც გამოსახულია ფოტო-4-ზე;



ფოტო-4

4. მდინარე ანდისკოე კოისუს მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი (დაღესტანში), რომელიც გამოსახულია ფოტო-5-ზე;



ფოტო-5

„ბ“ ტიპის მაგისტრალური მილსადენის კიდული გადასასვლელიები, რომელიც შეიცავს მზიდ ბაგირებს, რომლებზეც საკიდებით დამაგრებულ მალის ნაშენს და მასზე განთავსებულ მილსადენს, მოძრავ და უძრავ საყრდენებს.

აღნიშნული ტექნიკური გადაწყვეტის გამოყენებით აგებული მილსადენის დიდმალიანი გადასვლელი შესრულებულია მრავალ ქვეყანაში სხვადასხვა მდინარეებზე და ხევებზე, კერძოდ: 2. მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი მდინარე იესანჭეზე, რომელიც გამოსახულია ფოტო-6-ზე;



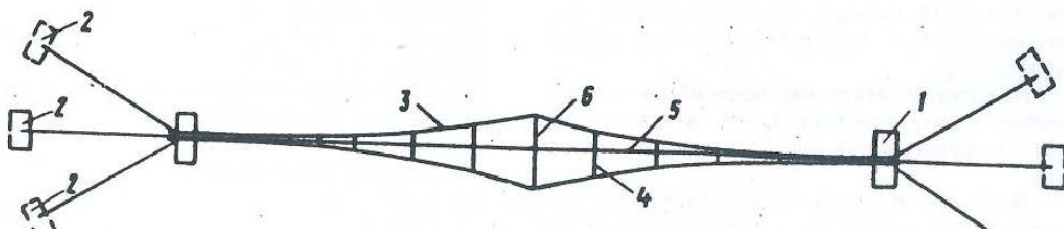
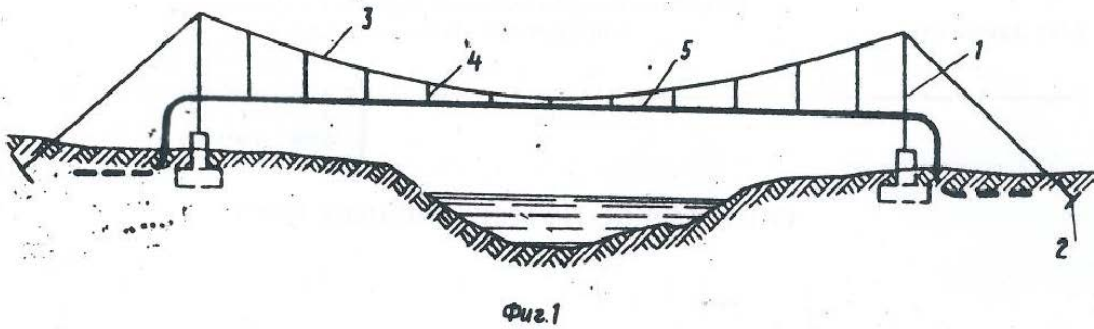
ფოტო-6

3. მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელი მდინარე



ფოტო-7

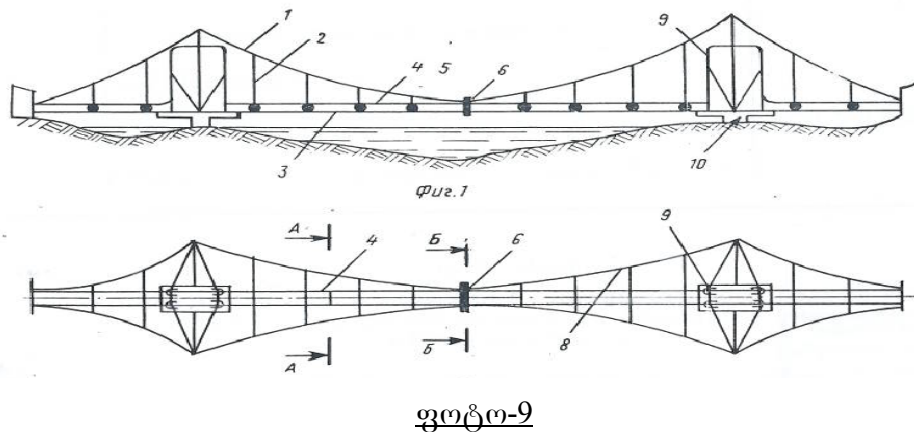
3. მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების ხიდისებური კიდული კონსტრუქცია (სსრკ საავტორო მოწმობა №857343, კლ. E04 B17/00, 1981, ბიულეტენი N31), [1], რომელიც გამოსახულია ფოტო-8-ზე;



ფოტო-8

მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელელის ხიდისებური კიდული კონსტრუქცია შეიცავს პილონებს, საანკერო საყრდენებს, ორშტოიანი მზიდ ბაგირებს, მათ შორის განთავსებულ გამბრჯენებს და მზიდ ბაგირებზე შეკიდებულ მილსადენს.

4. მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელელის ხიდისებური კიდული კონსტრუქცია (სსრკ საავტორო მოწმობა №659684, კლ. E04 B17/00, 1979, ბიულეტენი N16.), [2], რომელიც გამოსახულია ფოტო-9-ზე;

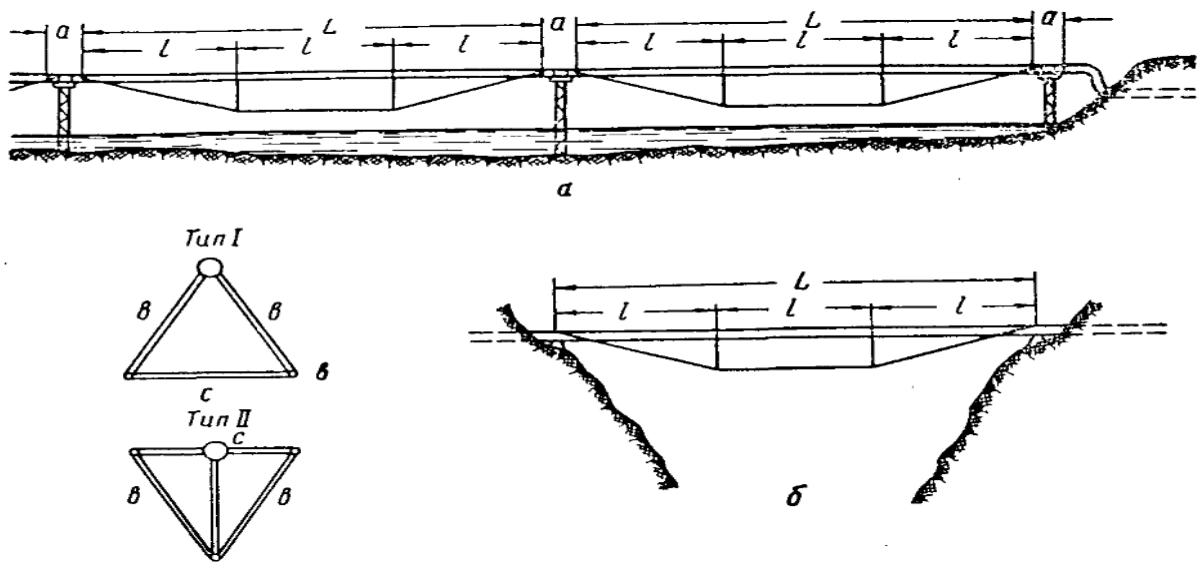


მაგისტრალური მილსადენის კიდული გადასასვლელელის კონსტრუქცია შეიცავს მზიდ ბაგირებს, მოქნილი საკიდებით დამაგრებულ მალის ნაშენს და მასზე განთავსებულ მილსადენს, მოძრავ და უძრავ საყრდენებს

„გ“ ტიპის მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელელის შპრენგელურ და ხიდისებრი კონსტრუქციები. შპრენგელური კონსტრუქციები შეიცავენ მილსადენს, შპრენგელის მოსაწყობად საჭირო ხისტ დგარებსა და შპრენგელის წინასწარ დაძაბულ ბაგიროვან ელემენტებს, ბურჯებს და მასზე მოწყობილ საყრდენ დგარებს, ხოლო, ხიდისებრი ტიპის კონსტრუქციები წარმოადგენენ ბურჯებზე მოწყობილ ხიდური ტიპის ნაშენს (მრავალმალიანი მალის კოჭური ან ერთმალიანი თაღოვანი ხისტი წამწეებისაგან შესრულებული ნაშენი), რომელზეც, სპეციალურ სამაგრებზე, განთავსებულია მილსადენი.

აღნიშნული ტექნიკური გადაწყვეტის გამოყენებით აგებული მილსადენის დიდმალიანი გადასვლელები შესრულებულია მრავალ ქვეყანაში სხვადასხვა მდინარეებზე და ხევებზე, კერძოდ:

1. მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელელის შპრენგელური ტიპის კონსტრუქცია (И. И. Петров, В. В. Спиридонов, надземная прокладка трубопроводов ст. 130, 131. издательство НЕДРА, москва 1965.), [3], რომელიც გამოსახულია ფოტო-10-ზე;



ფოტო-10

2. ტრანს ალიასკის მილსადენის გადასასვლელი, რომელიც გამოსახულია ფოტო-11-ზე;



ფოტო-11

3. მაგისტრალური გაზსადენის სენაკი-ფოთის მონაკვეთის მრავალმალიანი ხიდურა ტიპის გადასასვლელი მდინარე რიონზე ($\Sigma L=294.0$ მ.), რომელიც გამოსახულია ფოტო-12-ზე.

ხიდისებრი ტიპის გადასასვლელი (საპაერო გადაკვეთა) შესრულებულია 10 მალიანია სქემით $27.0+8 \times 30.0+27.0=294$ მ. აქვს ორი სანაპირო და 9 შუალედი ბურჯი. კონსტრუქციული თვალსაზრისით ბურჯები ერთნაირია და თითოეული მათგანი შედგება რკინაბეტონის 1.6 მ დიამეტრის სიმინჯ-გარსისა და მასზე გამონოლითებული ფილისაგან, რომლებზეც სპეციალური სამაგრი ელემენტების გამოყენებით განთავსებულია გაზსადენის მილი.



ფოტო №12, ა. საპაერო გადასასვლელის საერთო ხედი მდინარე რიონზე.



ფოტო №12, ბ. გადასასვლელის ხედი მდინარე რიონის მარჯვენა სანაპიროდან.

4. მაგისტრალური გაზსადენის აბაშა-სენაკი მონაკვეთის მრავალმალიანი ხიდურა ტიპის გადასასვლელი მდინარე ტეხურაზე ($\Sigma L=120.0$ მ.), რომელიც გამოსახულია ფოტო-13-ზე.

ხიდისებრი ტიპის გადასასვლელი (საჰაერო გადაკვეთა) შესრულებულია 4 მალიანია სქემით $27.0+32+2 \times 30.5=120$ მ. აქვს სამი სანაპირო და 2 შუალედი ბურჯი. კონსტრუქციული თვალსაზრისით ბურჯები ერთნაირია და თითოეული მათგანი შედგება ჩასარტობი ფოლადის მილბეტონის კომბინირებულ ორი ცალი 0.53 მ დიამეტრის ხიმინჯისა და მასზე გამონოლითებული რკინაბეტონის როსტვერკისაგან შედგენილ სისტემას, რომლებზეც სპეციალური სამაგრი ელემენტების გამოყენებით განთავსებულია გაზსადენის მილი.



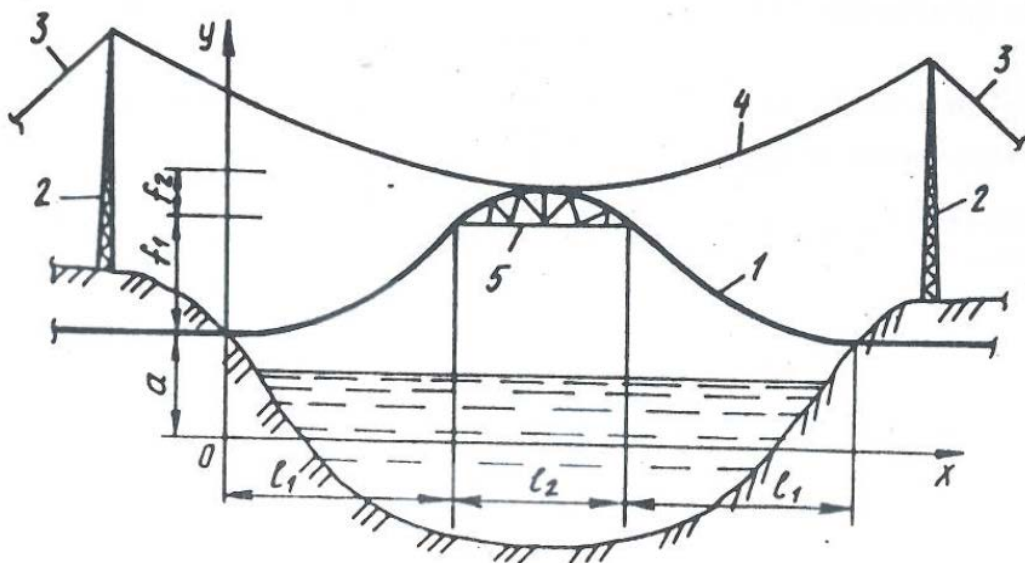
ფოტო №13 საჰაერო გადასასვლელის საერთო ხედი მდინარე ტეხურაზე.

„დ“ ტიპის მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების კომბინირებული კონსტრუქცია, რომელიც შეიცავს პილონებზე განთავსებულ საყრდენი ჭიმებით აღჭურვილ მზიდ ბაგირს, კონსტრუქციის მალის შუაში განლაგებულ თაღოვან წამწეს და მასზე განთავსებულ მილსადენს.

აღნიშნული ტექნიკური გადაწყვეტის გამოყენებით აგებული მილსადენის დიდმალიანი გადასვლელი შესრულებულია მრავალ ქვეყანაში სხვადასხვა მდინარეებზე და ხევებზე, კერძოდ:

1. მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების კომბინირებული კონსტრუქცია (პროტოტიპი, ყოფილი საბჭოთა კავშირის

საავტორო მოწმობა SU 1678948 A1, კლ. E01 D 17/00, 1991, ბიულეტენი, N35), [4], რომელიც გამოსახულია ფოტო-14-ზე;



ფოტო-14

მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელების კომბინირებული კონსტრუქცია (პროტოტიპი), რომელიც შეიცავს პილონებზე განთავსებულ საყრდენი ჭიმებით აღჭურვილ მზიდ ბაგირს, კონსტრუქციის მალის შუაში განლაგებულ თაღოვან წამწეს და მასზე განთავსებულ მილსადენს.

ანალოგიური ტექნიკური გადაწყვეტები გვხვდება JP H 4228709 (Kawasaki Steel CO), 18. 08. 1992, JP H 07259018 (Kurimoto LTD), 09. 10. 1995 და სსრკ საავტორო მოწმობა SU 844721 (ავტორი ი. ვ. გაიდაროვი), პატენტების რეფერატებში [5, 6, 7].

ზემოთ აღნიშნული ანალოგების ტექნიკური გადაწყვეტების ძირითად უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ მილსადენი ჩართულია გადასასვლელის კონსტრუქციის მუშაობაში და შესაბამისად მშენებლობის სეისმურად აქტიური რაიონებისათვის მიზანშეუწონელია, რადგან გართულებულია გაერმთლიანების კვანძების მოწყობა და ყოველივე აღნიშნულიდან გამომდინარე დაქვეითებულია მილის განივი კვეთის ზიდვისუნარი, ხოლო ვანტებზე მილსადენის მიმაგრება ართულებს მის მონტაჟს. ასევე გართულებულია თაღოვანი წამწისა და მასზე მრუდწირული მილსადენის მონტაჟი. გადასასვლელის მილსადენის ნაპირა ნაწილები წარმოადგენს თვითმზიდ ელემენტებს, ყოველივე ეს, კი იწვევს მასალის ხარჯის, მშენებლობის ხანგრძლივობისა და შრომატევადობის გაზრდას, ზიდვის უნარისა და საიმედოობის შემცირებას. ასევე, მშენებლობის სეისმურად აქტიური რაიონებისათვის ნაკლებადაა უზრუნველყოფილი მისი საიმედო

ექსპუატაცია, კერძოდ, ნავთობ პროდუქტებისათვის განკუთვნილი მაგისტრალური მილსადენის შესაძლო ავარია გარემოს უქმნის ეკოლოგიურ საშიშროებას (სშირად იწვევს გამოუსწორებელ ეკოლოგიურ კატასტროფას).

ნაშრომის მიზანია მაგისტრალური გაზსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის ისეთი კონსტრუქციის შექმნა და დამუშავება, რომლის ტექნიკური გადაწყვეტა აღმოფხვრის ანალოგებში არსებულ ხარვეზებს. დამუშავებული ახალი ტიპის მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქცია [შემოთავაზებული კონსტრუქციის ტექნიკურ გადაწყვეტაზე საქპატენტის მიერ გაცემულია პატენტი განაცხადზე №12245/01 (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ცენტრი, საქპატენტი, ბრძანება პატენტის გაცემის შესახებ განაცხადზე №12245/01, ბრძანების №737/01, 12. 06. 2013 წ.), განსხვავდება წინასწარ დამძაბავი/დასაძაბავი ელემენტების განლაგებით და მისი დაძაბვის ახალი-გაუმჯობესებული სქემა იძლევა ანალოგიურ კონსტრუქციების ტექნიკურ გადაწყვეტებში არსებული ხარვეზების აღმოფხვრის საშუალებას. შემოთავაზებული კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტით მიიღწევა მაგისტრალური გაზსადენის მილის მონტაჟის გამარტივება და ასევე გადასასვლელის მზიდ ელემენტებში ძალვათა მოხერხებული რეგულირება. ასევე, ახალი ტექნიკური გადაწყვეტილებით მიიღწევა მშენებლობის ხანგრძლივობისა და მასალის ხარჯის შემცირება, კონსტრუქციის ზიდვის უნარის ამადლება და ექსპლუატაციის დროს საიმედოობის გაზრდა.

§I.2 მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის აღწერა

სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებული კონსტრუქცია განეკუთვნება გაზისა და ნავთობ პროდუქტების მაგისტრალური მილსადენების მშენებლობას, რომლის გამოყენება შესაძლებელია მილსადენების საპარო (მიწისზედა) გადასასვლელების ასაგებად. ტექნიკური გადაწყვეტილება უზრუნველყოფს დღეისათვის მშენებლობის პრაქტიკაში ცნობილ კონსტრუქციებში (ხიდისებური კონსტრუქციები, კიდული გადასასვლელები, შპრენგელური ტიპის, კომბინირებული და სხვა სახის კონსტრუქციები) არსებულ ნაკლოვანებათა აღმოფხვრასა და აცილებას. გადასასვლელების

აგების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედეგია მშენებლობის ხანგრძლივობისა და მასალის ხარჯის შემცირება, კონსტრუქციის ზიდვის უნარის ამადლება და ექსპლუატაციის დროს საიმედოობის გაზრდა.

მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქცია, შეიცავს პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიან თაღოვან წამწეს (ან სწორხაზოვან, მთლიანკედლიან ან გამჭოლი კოჭოვან კონსტრუქციებს), წინასწარ დაძაბულ მზიდ ბაგიროვან ელემენტებს, მილსადენის მზიდ ელემენტებზე მისამაგრებელ ცილინდრული ფორმის ელემენტებს, დამჭიმავ მოწყობილობებს, საყრდენ ნაპირის ბურჯებს, განსხვავდება იმით, რომ მილსადენის მზიდ ელემენტებზე მისამაგრებელ ცილინდრული ფორმის ელემენტები შესრულებულია რვაკუთხა ფორმის პრიზმებისაგან, რომელთა ოთხ ფერდზე რადიანულად განლაგებულია პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწევები (ან სწორხაზოვანი, მთლიანკედლიანი ან გამჭოლკედლიანი კოჭოვანი კონსტრუქციები), ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიანულად განლაგებულ დგარებზე განთავსებულია ბაგირები, რომლებიც სახსრულად არიან ჩამაგრებული მილსადენის კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებთან, ხოლო დგარებს, თავისუფალ ბოლოში, გააჩნიათ კუთხვილიანი სადებები, რომლებშიც ჩახრახნულია კუთხვილიანი მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტები, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონტრქანჩითა და მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ნახვრეტებით, მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტების ბოლოები ცილინდრული სახსრითაა დამაგრებული ბაგირის დგართან დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, რომელზეც სახსრულადაა განთავსებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები, ხოლო ბაგირი ფურცლოვანი სადებითა და ჭანჭიკებით შეერთებულია ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, წამწის ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ხისტი კავშირებით.

L მალისა f აწეულობის/ჩაწეულობის ისრის მქონე მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის მზიდ ელემენტებზე მისამაგრებელ ცილინდრული ფორმის ელემენტები შესრულებულია რვაკუთხა ფორმის პრიზმებისაგან 1, რომელთა ოთხ ფერდზე რადიანულად განლაგებულია პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწევები 2, ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიანულად განლაგებულ დგარებზე 3 განთავსებულია ბაგირები 4, რომლებიც სახსრებით 5 არიან ჩამაგრებული

მილსადენის კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებთან 6, ხოლო დგარებს 3, თავისუფალ ბოლოში, გააჩნიათ კუთხვილიანი სადებები 7, რომლებშიც ჩახრახნულია კუთხვილიანი მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტები 8, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონტრქანითა 9 და მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ნახვრეტებით 10, მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტების 8 ბოლოები ცილინდრული სახსრითაა მიმაგრებული ბაგირის 4 დგართან 3 დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან 11, რომელთაზეც სახსრულადაა დამაგრებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები 12, ხოლო ბაგირი 4 ფურცლოვანი სადებითა 13 და ჭანჭიკებით 14 შეერთებულია ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან 11, წამწის 2 ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის 4 დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები 3 ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ხისტი კავშირებით 15.

L მალისა f აწეულობის/ჩაწეულობის ისრის მქონე მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ერთიანად აკრება (მთლიანი კონსტრუქციის აკრეფა) ხორციელდება შემდეგი თანმიმდევრობით. სამშენებლო მოედანზე, სათანადო თარგის გამოყენებით, რვაკუთხა ფორმის პრიზმების 1 ოთხ ფერდზე წარმოებს აკრეფა, ქარხნული წესით დამზადებული, პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწების 2, ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიანულად მონტაჟდება დგარები 3, რომელთა თავისუფალ ბოლოებში გააჩნიათ კუთხვილიანი სადებები 7 რომლებშიც ჩახრახნულია კუთხვილიანი მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტები 8, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონტრქანითა 9 და მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ფორმით შესრულებულ ნახვრეტებით 10 მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტების 8 ბოლოები ცილინდრული სახსრითაა მიმაგრებული ბაგირის 4 დგართან 3 დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან 11, რომელთაზეც სახსრულადაა დამაგრებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები 12, რომელთაზეც ბაგირის 4 ჩამაგრება წარმოებს ფურცლოვანი სადებებისა 13 და ჭანჭიკების 14 გამოყენებით, კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებში 6 ხორციელდება ბაგირების 4 სახსრული ჩამაგრება, პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწების 2 ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის 4 დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები 3 ერთმანეთთან შეერთებული არიან ხისტი კავშირებით 15, აკრეფილი მთლიანი კონსტრუქცია მონტაჟდება საყრდენ ნაპირის ბურჯებზე 16.

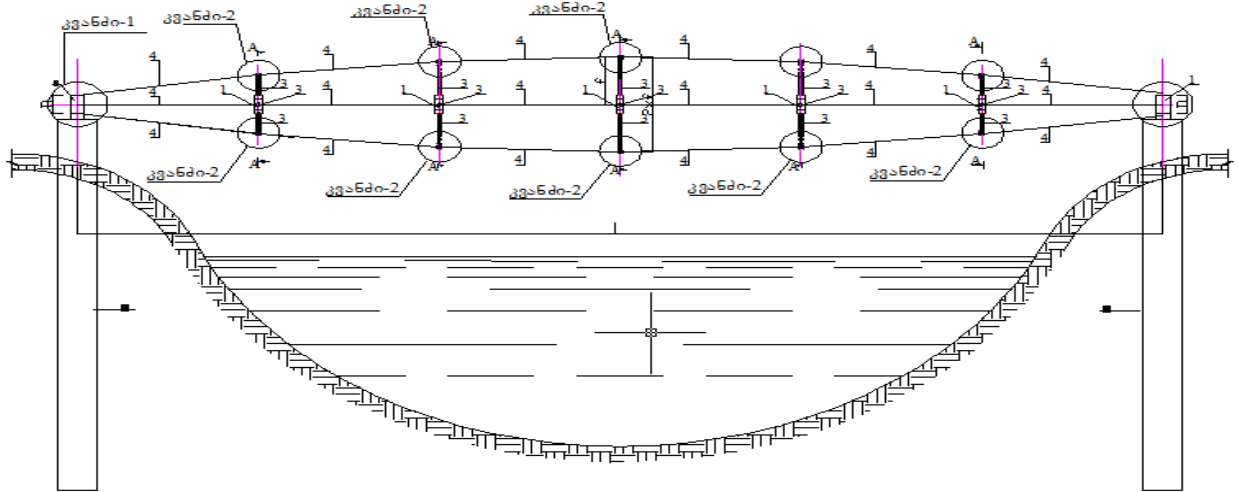
ასევე შესაძლებელია L მაღლისა f აწეულობის ისრის მქონე მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის კომბინირებული კონსტრუქციის სექციებად დაყოფა და მათი ქარხნული წესით დამზადება. სექციებად გამიჯვნა წარმოებს რვაკუთხა ფორმის პრიზმებზე 1 მათ შუა ნაწილში მიღტუჩების მოწყობით. სექციების აკრება ხორციელდება შემდეგი თანმიმდევრობით. სექციებში არსებული რვაკუთხა ფორმის პრიზმების 1 ოთხ ფერდზე წარმოებს აკრება, ქარხნული წესით დამზადებული, პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი სათანადო ნაწილებად დაყოფილი თაღოვანი წამწეების 2, ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიანულად მონტაჟდება დგარები 3, რომელთა თავისუფალ ბოლოებში გააჩნიათ კუთხვილიანი სადებები 7 რომლებშიც ჩახრახნულია კუთხვილიანი მთლიან განიკვეთიანი ელემენტები 8, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონტრქანითა 9 და მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ფორმით შესრულებულ ნახვრეტებით 10, მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტების 8 ბოლოები ცილინდრული სახსრითაა მიმაგრებული ბაგირის 4 დგართან 3 დამაკავშირებელ დია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან 11, რომელზეც სახსრულადაა განთავსებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები 12. სექციების გაერთმთლიანების შესრულება ხორციელდება სამშენებლო მოედანზე, სათანადო თარგის გამოყენებით, რომლის შემდეგ საკვანძო დეტალებზე 12 წარმოებს ბაგირის 4 ჩამაგრება ფურცლოვანი სადებებისა 13 და ჭანჭიკების 14 გამოყენებით, კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებში 6 ხორციელდება ბაგირების 4 სახსრული ჩამაგრება, პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწეების 2 ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის 4 დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები 3 ერთმანეთთან შეერთებული არიან ხისტი კავშირებით 15, აკრეფილი მთლიანი კონსტრუქცია მონტაჟდება საყრდენ ნაპირის ბურჯებზე 16.

მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელის კომბინირებული კონსტრუქციის წინასწარ დაძაბვა წარმოებს შემდეგნაირად: პირველ ეტაპზე წინასწარ დაძაბული მზიდი ბაგირის გარეშე აკრეფილი გადასასვლელის კონსტრუქციის მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტის 8 ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ნახვრეტების 10 გამოყენებით, სინქრონული ბრუნვით ბაგირის 4 დგართან 3 დამაკავშირებელ დია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებს 11 და მასზე დამაგრებულ ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალებს 12, უნდა განთავსდეს რადიანულად განლაგებული დგარის ბოლოსთან, წინასწარ განსაზღვრული სიდიდით, მინიმალურად ახლოს (ბაგირის 4 დგართან 3 მისამაგრებელი დეტალები 11,12 განთავსდება წინასწარ

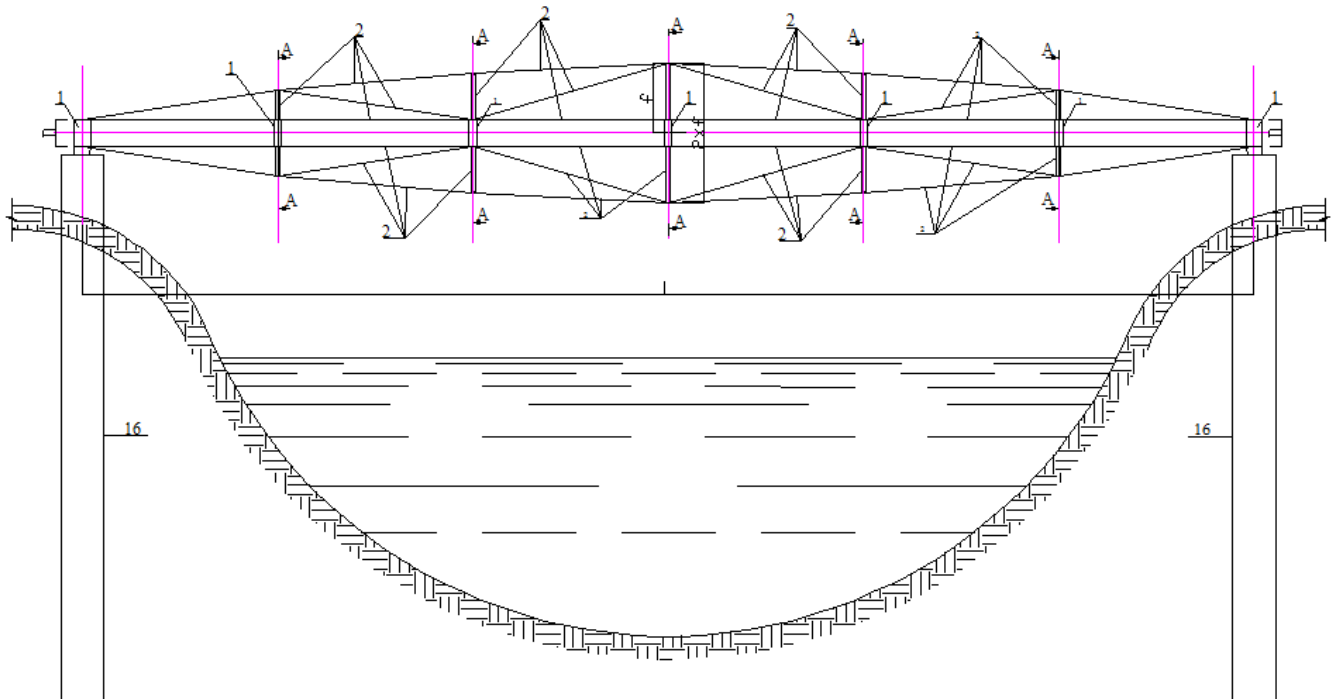
განსაზღვრული ზომაზე), კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებში 6 ხორციელდება წინასწარ განსაზღვრული სიგრძის ბაგირების 4 სახსრული ჩამაგრება, ხოლო დგართან 3 დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან 11, რომელზეც სახსრულადაა დამაგრებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები 12, ბაგირი 4 ჩამაგრება წარმოებს ფურცლოვანი სადებებისა 13 და ჭანჭიკების 14 გამოყენებით, რის შემდეგ მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტის 8 მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ფორმით შესრულებულ ნახვრეტების 10 გამოყენებით, სინქრონული ბრუნვის შედეგად ბაგირის ჩასამაგრებელი ელემენტები 11, 12 გადაადგილდებიან რადიანული მიმართულებით, რაც განაპირობებს (უზრუნველყოფს) ბაგირების დაძაბვას და შესაბამისად მთლიანი კონსტრუქციის საპროექტო მდგომარეობაში მოყვანას.

L მალისა f აწვეულობის/ჩაწვეულობის ისრის მქონე მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის კონსტრუქციის შემოთავაზებული ტექნიკური გადაწყვეტის უპირატესობა არსებულ ანალოგებთან განპიროვნებულია იმით, რომ კონსტრუქციის წინასწარ დაძაბვის შემდეგ სისტემა არ გადასცემს საყრდენ ბურჯებს ჰორიზონტალურ (გამბრჯენ) ძალებს, გამარტივებულია გასსადენის მილის მონტაჟი და იგი არ არის ჩართული სისტემის საერთო მუშაობაში, ასევე მოხერხებულია გადასასვლელის მზიდ ელემენტებში ძალვათა რეგულირება, რაც უზრუნველყოფს ელემენტების დამზადებისა და მონტაჟის გამარტივებას, მასალის ხარჯისა და მშენებლობის ხანგრძლივობის შემცირებას, კონსტრუქციის ზიდვის უნარის ამაღლებასა და ექსპლუატაციის დროს საიმედოობის გაზრდას.

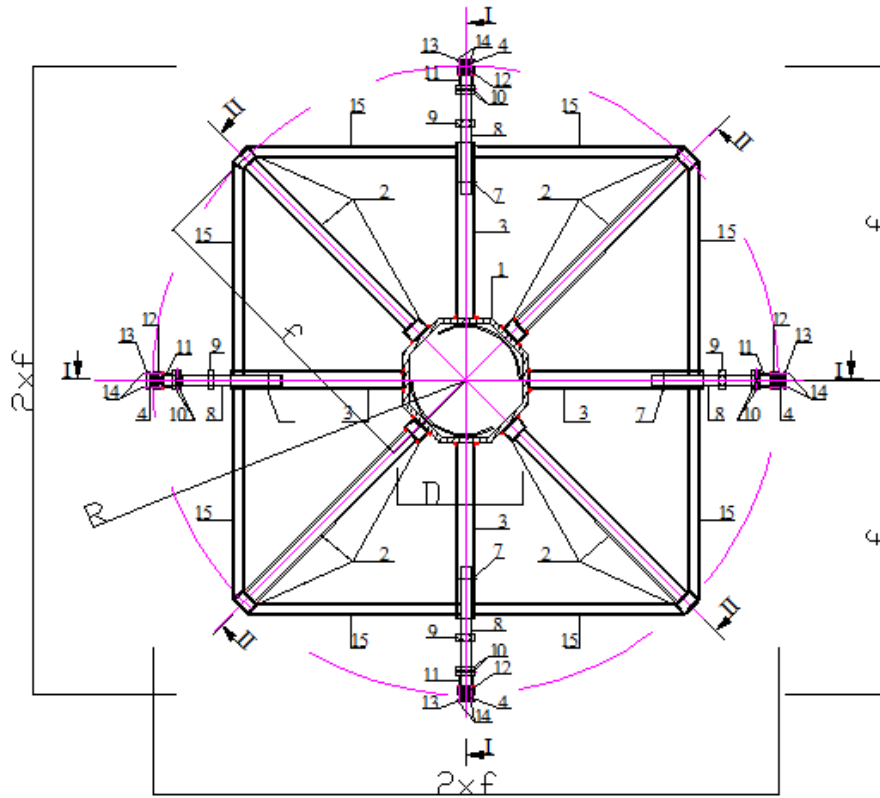
ნაშრომში განხილული ახალი ტიპის მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კონსტრუქციის [8] ტექნიკური გადაწყვეტილების აღსაწერად წარმოდგენილია გრაფიკული მასალა ნახაზების სახით (ნახ. 1÷4).



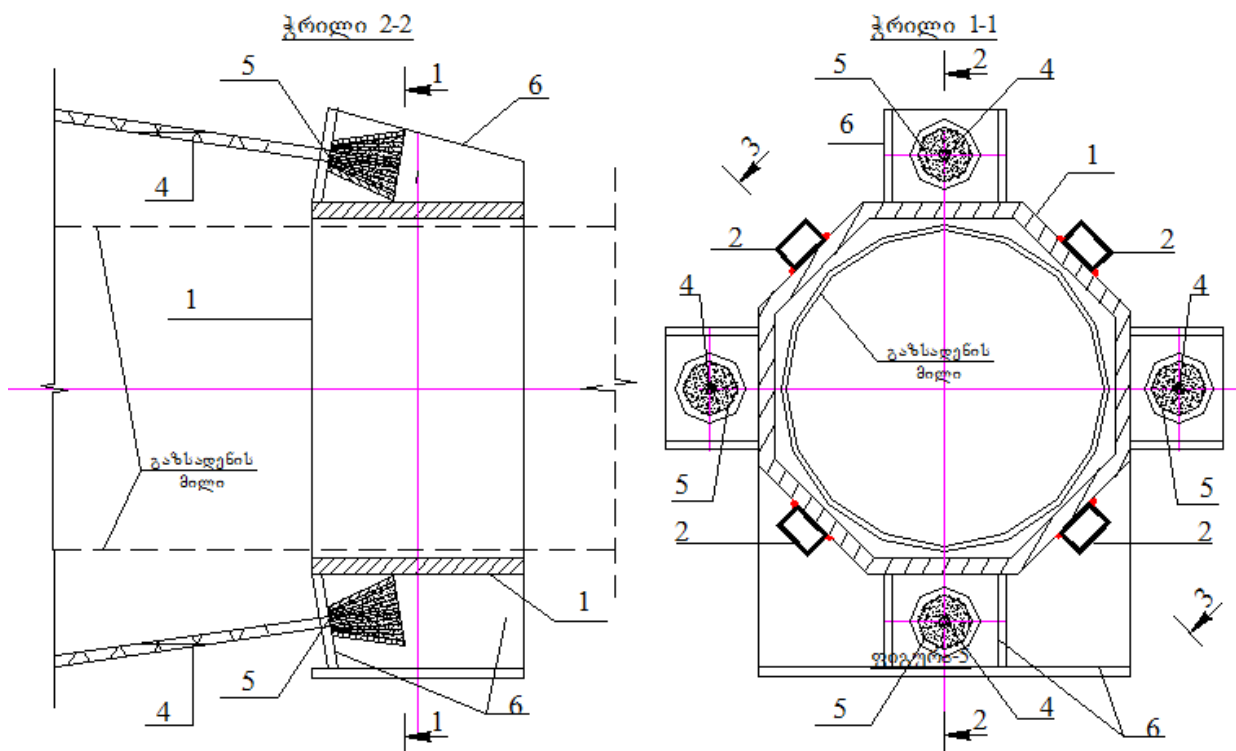
ნახ. I.1 — მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხედი ჭრილი I-I-ის მიხედვით;



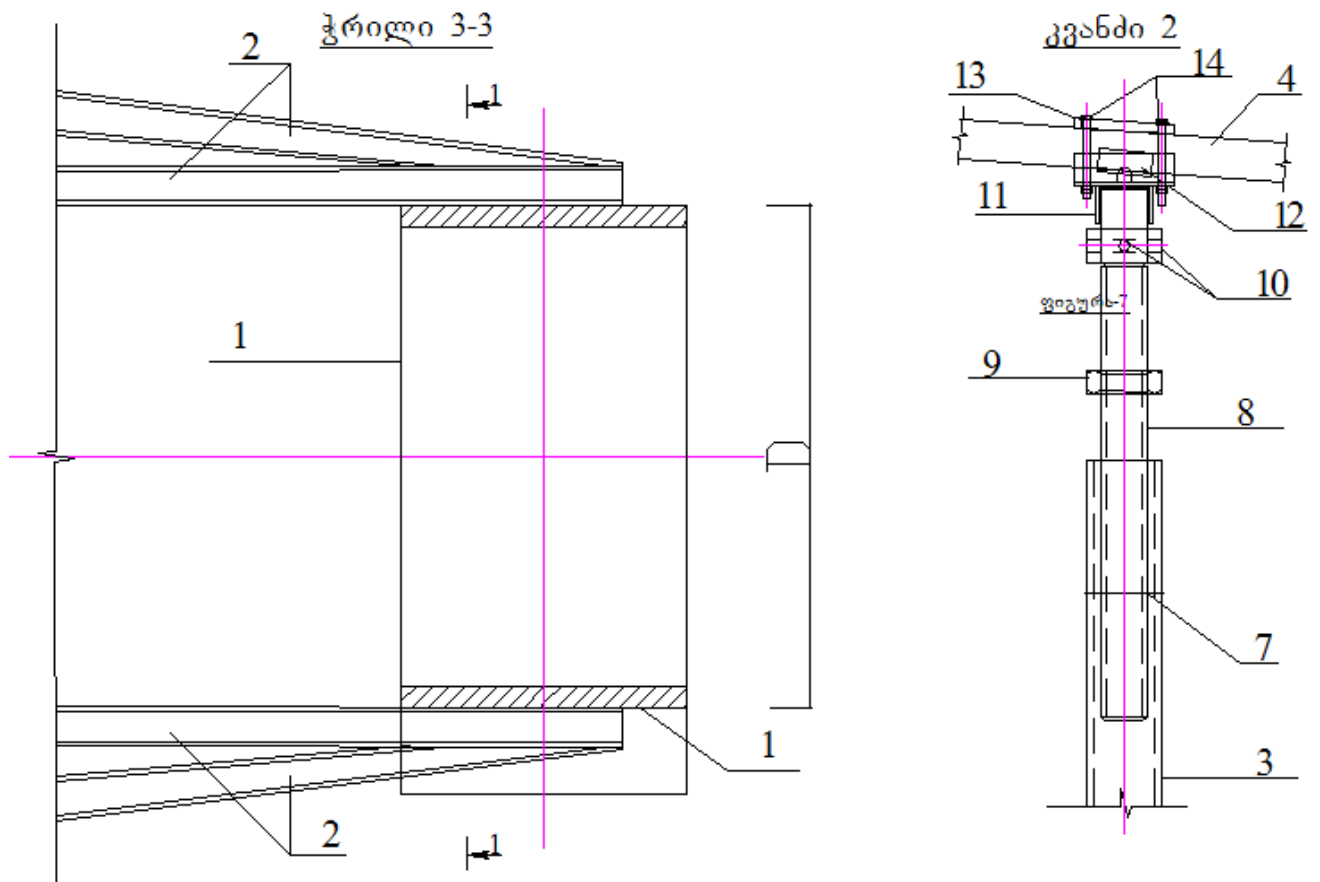
ნახ. I.2 — მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხედი ჭრილი II-II-ის მიხედვით;



ნახ. I.3 — მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის განივი ჭრილი A-A;



ნახ. I.4. — ბაგირების ჩამაგრების კვანძი ჭრილი 1-1 და 2-2-ს მიხედვით;



ნახ. I.5. — კვანძი-2 და ჭრილი 3-3

თავი II. შემოთავაზებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის მუშაობის ანალიზი, გეომეტრიული პარამეტრებისა და დატვირთვების გაანგარიშება.

§II.1 შემოთავაზებული კონსტრუქციის მუშაობის ანალიზი და გაანგარიშების მეთოდოლოგია

მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის, წინასწარ დაძაბული, კომბინირებული კონსტრუქცია, რომლის მზიდი ელემენტების მისამაგრებელი საკვანძო დეტალები შესრულებულია რვაწახნაგა ფორმის პრიზმებისაგან, რომელთა ოთხ წახნაგზე (ფერდზე) რადიალურად განლაგებულია პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყელიანი თაღოვანი წამწეები (ან სწორხაზოვანი, მთლიანკედლიანი ან გამჭოლკედლიანი კოჭოვანი კონსტრუქციები), ხოლო დანარჩენ ოთხ წახნაგზე რადიალურად განლაგებულ დგარებზე, ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში, განთავსებულია საკოჭები (ოთხი ცალი ბაგიროვანი შპრენგელი). (იხ. ნახ.-1, 2). კომბინირებული კონსტრუქციის საკოჭები მუშაობს მასზე მოქმედი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ზემოქმედებებისაგან (კონსტრუქციის საკუთარი წონა, სასარგებლო დატვირთვა, თოვლი, ქარისა და სეისმური ზემოქმედება) აღძრულ ძალოვან ფაქტორებზე. საკოჭები განკუთვნილია სივრცით სისტემაში ძალების რეგულირებისათვის, კერძოდ სივრცითი კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის განივ კვეთებში აღძრული ძალოვანი ფაქტორების რეგულირებისათვის. აღნიშნული მიიღწევა ტექნიკურ გადაწყვეტაში აღწერილი სისტემის წინასწარდაძაბვის თანმიდევრობის მეშვეობით, კერძოდ დგარების სათანადო ელემენტების (დამძაბავი ელემენტები) სინქრონული ბრუნვით მიიღწევა დგარების საკოჭთან ჩამაგრების კვანძების რადიალურად გადაადგილება, რაც იწვევს მის წინასწარ დაძაბვას. საკოჭების წინასწარ დაძაბვა განაპირობებს კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის განივ კვეთებში მოსალოდნელ მდუნავი მომენტების შემცირებას ან საჭიროების შემთხვევაში მათ მინიმუმამდე დაყვანას. აღწერილი რეგულაციის შემთხვევაში კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი გვევლინება მცირე ექცენტრისიტეტის მქონე გარეცენტრალურად შეკუმშული ელემენტი და არა როგორც ღუნვადი ელემენტი.

შემოთავაზებული ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობაზე გაანგარიშება შესრულებულია

მისი ცენტრალური ხისტი ნაწილის განივი კვეთის დრეკადი ხაზის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირების მეთოდით.

წინასწარ დაძაბული კომბინირებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის მდგრადობაზე გაანგარიშება შესაძლებელია „სახსრული ჯაჭვი“-სა და ენგესსერ-ტიმოშენკოს მეთოდებით. „სახსრული ჯაჭვი“-ს მეთოდის გამოყენების დროს გართულებულია დიაფრაგმის (დგარებისა და კავშირების ერთობლიობის) ღუნვის სიხისტის გავლენის გათვალისწინება, ხოლო ენგესსერ-ტიმოშენკოს მეთოდით გაანგარიშებისას, მართალია შესაძლებელია დიაფრაგმების ღუნვის სიხისტის გავლენის გათვალისწინება, მაგრამ ეილერის მრუდის მიხედვით (შესაბამისად) მდგრადობის დაკარგვისას შეუძლებელია წინასწარ დაძაბვის ძალის გათვალისწინება.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შემოთავაზებული კონსტრუქციის მდგრადობაზე გაანგარიშებას ვაწარმოებთ მისი ცენტრალური ხისტი ნაწილის განივი კვეთის დრეკადი ხაზის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირების მეთოდით. განიხილება n პანელისაგან (n ნაწილად დაყოფილი) შედგენილი შემოთავაზებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი, რომელიც ოთხი მხრიდან გაძლიერებულია სიმეტრიულად განლაგებული პოლიგონალური მოხაზულობის საკოჭებით (შპრენგელური სისტემებით). საანგარიშო სქემა დაყვანილი არის ორ საყრდენზე სახსრულად და 1, 2 ... $n-1$ წერტილებში დრეკად-პლასტიკური საყრდენებზე (რომლებიც ეწინააღმდეგებიან ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ გადაადგილებებსა და P_{kr} კრიტიკული ძალის ზემოქმედებით ღეროს გამრუდებასაგან გამოწვეულ შესაბამის განივი კვეთების მობრუნებებს) დამაგრებული L სიგრძის (ძალის) კოჭის მდგრადობის განსაზღვრის ამოცანამდე.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის მდგრადობის დაკარგვის სავარაუდო ფორმები იქნება მისი ცენტრალური ხისტი ნაწილის ერთი ან ორი ნახევარტალღის სახით გაღუნვისას წარმოქმნილი ფორმები, რასაც წინამდებარე გაანგარიშებაში ვუწოდებთ მდგრადობის დაკარგვის პირველ შემთხვევას და მდგრადობის დაკარგვის მეორე შემთხვევას. შესაძლებელია კონსტრუქციის მდგრადობის დაკარგვის სამი ნახევარტალღის შემთხვევა.

კომბინირებული კონსტრუქციის ბაგროვანი ნაწილის გაანგარიშება შესრულებულია დიფერენცირებული საანგარიშო სქემის გამოყენებით [12].

შემოთავაზებული კონსტრუქციის შემადგენლობაში შემავალი საკოჭები (ბაგირები), როგორც კვლევის ობიექტი, წარმოადგენს რთულ სისტემას და

ხასიათდება მთელი რიგი თავისებურებით, რომელთა გათვალისწინებას პროექტირების დროს არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება. ბაგირივანი ნაწილის სრულყოფილი მათემატიკური აღწერა და მოდელირება დაკავშირებულია სხვადასხვა სახის სირთულეებთან; კერძოდ, მთელი სისტემა სივრცეში განლაგებულია დიდი ზომის გადასასვლელებზე (მისი მაღლი შესაძლოა რამოდენიმე ასეულ მეტრის ტოლი იყოს), გაჭიმული ბაგირი ურთიერთკავშირშია მრავალ ელემენტთან, როგორებიცაა, საყრდენი კვანძის ელემენტები, დგარები, საკვანძო მომჭერები ბაგირის ჩასამაგრებელი მიმართველები. ყველა აღნიშნული თავის მხრივ წარმოადგენს არაწრფივ ელემენტებს. ბაგირს გააჩნია სიხისტე და ამდენად ადგილი აქვს დრეკად დეფორმაციასა და რხევას. განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია მომჭერებისაგან (კლემების მოჭერისაგან) წარმოშობილი ძალის არსებობა. ამრიგად, საკოჭების (ბაგირების) სისტემის მათემატიკური აღწერა ხდება ცვლად კოეფიციენტებიანი არაწრფივი განტოლებათა სისტემით, რომლის ამოხსნა პრაქტიკულად არცთუ ადვილი ამოცანაა. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ კონსტრუქციების გაანგარიშებები (არსებული ტიპური ან სპეციალური პროგრამების გამოყენებით), როგორც ერთიანი სივრცითი სისტემები ცხადია ძალოვან ფაქტორების ზუსტ და საიმედო შედეგებს იძლევა [9], მაგრამ ასეთი სიზუსტე ყოველთვის არ ესაჭიროება დამპროექტებელს, რადგანაც ხშირ შემთხვევებში გაანგარიშებები დიფერენცირებული სქემის გამოყენებით მიღებული შედეგები დამპროექტებლისათვის საკმარისი სიზუსტით უახლოვდება სივრცითი სისტემის გაანგარიშებიდან მიღებულ შედეგებს და იგი არ მოითხოვს დიდ შრომით დანახარჯებს.

შემოთავაზებული წინასწარ დაძაბული ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის ბაგირივანი ნაწილის გაანგარიშება შესრულებულია დრეკად გაჭიმული „მოქნილი ძაფის“ საანგარიშო ფორმულების გამოყენებით [9],10,11].

ვერტიკალურ სიბრტყეში განლაგებული საკოჭის საანგარიშო სქემად მიჩნეულია ორ საყრდენზე უძრავად ჩამაგრებული არადრეკადი (უჭიმვადი) უწონო ძაფი, რომელიც დატვირთულია შეყურსული ძალებით. შემოთავაზებული კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტის მიხედვით როგორც ზემოთ აღინიშნა, საკოჭების წინასწარ დაძაბვა ხორციელდება დგარების სათანადო ელემენტების სინქრონული ბრუნვით, რაც იწვევს დგარების საკოჭთან ჩამაგრების კვანძების რადიალურად გადაადგილებას, ამიტომ მნიშვნელოვანია საკოჭის დგარებთან

ჩამაგრების წერტილების რადიალური გადაადგილებათა სიდიდის განსაზღვრას, ანუ კვანძების გადაადგილებასა და უშაოლოდ მათზე მოქმედი კვანძურ დატვირთვებს შორის პირდაპირი დამოკიდებულების განსაზღვრას [10,11].

საკოჭის დგარებთან შეერთების კვანძებზე მოქმედი შეყურსული განივი ძალა შედგება შემდეგი სახის დატვირთვების ზემოქმედებისაგან; მუდმივი დატვირთვა (კონსტრუქციული მოსაზრებით კონსტრუქციის მუდმივი დატვირთვა მოდებულია სივრცითი კონსტრუქციის ვერტიკალურ სიბრტყის ქვედა შრეში განლაგებულ საკოჭზე ბ). ლიპყინულის დატვირთვა და გ). ლიპყინულის დროს ქარის ზემოქმედება. აღნიშნული დატვირთვები მოდებული არის საკოჭის დგარებთან შეერთების კვანძების (1, 2, ..., n-1) წერტილებში (ნახ. 3) როგორც შეყურსული ძალები P_1, P_2, \dots, P_{n-1} . საკოჭის დგარებთან ჩამაგრების წერტილებს შორის ზომა l , მალი, A და B წერტილებს შორის ზომა $L = l \cdot n$ [A(0)-დან B(n)-მდე].

კონსტრუქციული მოსაზრებით ვერტიკალურ სიბრტყის ქვედა შრეში განლაგებულ საკოჭის დაძაბვა ხორციელდება ლიპყინულის დატვირთვისა და წინასწარდაძაბვის რადიალური ძალების ჯამისაგან გაანგარიშებული გადაადგილების მიხედვით. ასევე, შემოთავაზებული სივრცითი კონსტრუქციის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებში განლაგებული საკოჭების განივი კვეთები მიიღება ვერტიკალური სიბრტყის ქვედა შრის გაანგარიშებიდან მიღებული შედეგების ანალოგიური.

სისტემების აეროდინამიკური მდგრადობის ამოცანის გადაწყვეტისას იყენებენ სხვა და სხვა სახის მიახლოებით მეთოდებს, რომლებიც გარკვეული სიზუსტით საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სისტემის არამდგრადი ზონები, ხოლო არაწვრივი ამოცანის შემთხვევაში იძლევა რხევის ამპლიტუდების შეფასების საშუალებას.

შემოთავაზებული ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქცია წარმოადგენს უგამრჯენო სისტემას. გამბრჯენ ძალებს ღებულობს მისი ხისტი ნაწილი, რომელიც შეიძლება შესრულებული იყოს ან პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწვებისაგან, ანდა სწორხაზოვან, მთლიანკედლიან ან გამჭოლი კოჭოვან კონსტრუქციებისაგან (რომლებიც რადიალურად არიან განლაგებული რვაწახნაგა ფორმის პრიზმების ოთხ წახნაგზე-ფერდზე). ხისტი ნაწილის კონსტრუქციული გადაწყვეტა დამოკიდებულია გადასასვლელის მალის ზომაზე და ადგილმდებარეობის კლიმატური პირობებზე. როცა კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი

შესრულებულია თაღოვანი წამწეებისაგან, მაშინ მისი აეროდინამიკურ მდგრადობაზე გაანგარიშება წარმოებს როგორც ცვლად სიხისტიანი ღეროს, ხოლო როცა ხისტი ნაწილი შესრულებულია კოჭოვან კონსტრუქციებისაგან-მუდმივ სიხისტიანი ღეროს. უნდა აღინიშნოს, რომ რვაწახნაგა ფორმის პრიზმების ოთხ წახნაგზე რადიალურად განლაგებულ დგარებზე, ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში, განთავსებული საკოჭები (ოთხი ცალი ბაგიროვანი შპრენგელი) და ხისტი ნაწილის სივრცითობა უზრუნველყოფს კონსტრუქციის საერთო აეროდინამიკური მდგრადობის გაზრდას (ამაღლებას) [12].

შემოთავაზებული უგამრჯენო ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის სისტემაზე ძირითადად მოქმედებს მუდმივი, ქარისა და სეისმური დატვირთვები.

ქარისა და სეისმური დატვირთვების ზემოქმედებისაგან კომბინირებული უგამრჯენო სისტემამ შეიძლება შეასრულოს დეტერმინებული ან იძულებითი რხევები. იმ შემთხვევაში თუ სისტემა იმყოფება რხევით მოძრაობაში, მაშინ მის ხისტ ნაწილზე გადაეცემა ცვლადი მკუმშავი ძალა, რომელიც კონსტრუქციის ბაგიროვანი და მისი ხისტი ნაწილის საკუთარი რხევის გარკვეული (რომელიმე კონკრეტულ) მნიშვნელობების ფარდობისას კომბინირებულ სისტემას მიიყვანს პარამეტრულ რეზონანსამდე. ანუ აღნიშნული მოვლენის განვითარებისას ადგილი ექნება კომბინირებული სისტემის წინასწარდაძაბული ხისტი ნაწილი აეროდინამიკურ მდგრადობის კარგვას.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გამო აუცილებელია განისაზღვროს ის პარამეტრები რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება შემოთავაზებული ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის აეროდინამიკურ მდგრადობა.

როგორც ცნობილია სისტემების აეროდინამიკური მდგრადობის ამოცანა დადის ხილლის ანდა მატიეს განტოლების ამოხსნაზე. შემოთავაზებული კონსტრუქციის დიფერენცირებულ (მიახლოებით) საანგარიშო სქემად აღებულია ვერტიკალურ სიბრტყეში განლაგებული საკოჭები და მის ცენტრალურ ნაწილში განთავსებული ხისტი ნაწილი, ანუ, საანგარიშო სქემა მიყვანილია ორშრიან კომბინირებულ ბაგიროვან წამწის საანგარიშო სქემაზე და წინამდებარე გაანგარიშება წარმოებს ანალოგიური კონსტრუქციების გაანგარიშების მეთოდით [12]. სისტემის რადიალურად განლაგებული დგარები მიჩნეულია როგორც დრეკადი საყრდენები.

§ II. 2 მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრებისა და დატვირთვების გაანგარიშება

1. გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრა

მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის შემოთავაზებული წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქცია შესრულებულია L მალისა f აწეულობის/ ჩაწეულობის ისრის მქონე მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის მზიდ ელემენტების მისამაგრებელი ელემენტები შესრულებულია რვაკუთხა ფორმის პრიზმებისაგან, რომელთა ოთხ ფერდზე რადიალურად განლაგებულია პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწეები, ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიალურად განლაგებულ დგარებზე, ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში, განთავსებულია ბაგირები (ნახ. 1, ა და ბ). ბაგირებისა და თაღოვანი წამწეების მოხაზულობა დამოკიდებულია გადასასვლელის მალის სიდიდეზე და შეაფრების აწეულობის ისარზე დამოკიდებული რკალის სეგმენტის რადიუსზე, რვაკუთხა ფორმის პრიზმების განლაგების ზომაზე, რომელიც განისაზღვრება მის შიგა ნაწილში გასატარებელი მილსადენის მილის ზიდვისუნარიდან დადგენილი მალის სიდიდის მიხედვით (ტექნოლოგიური მოთხოვნების შესაბამისად გაანგარიშებული მილის საჭირო დიამეტრის განივი კვეთის მიხედვით დადგენილი).

რკალის სეგმენტის რადიუსი, რომელზეც განთავსებულია რადიალურად განლაგებული დგარებისა და თაღოვანი წამწეების ზედა სარტყლები, განისაზღვრება ფორმულით [13]:

$$R_{\text{რკალი}}^{\text{ს.}} = \frac{4f^2 + L^2}{8f}, \quad (\text{II.1})$$

სადაც $f=1/10 \div 1/25L$ არის გადასასვლელის კონსტრუქციის აწეულობის/ ჩაწეულობის ისარი, რომელიც მიიღება კონსტრუქციული მოსაზრებებიდან გამომდინარე; L- გადასასვლელის კონსტრუქციის მალი.

მილსადენის მილის, ზიდვისუნარიდან დადგენილი, მალის სიგრძე (სიდიდე) განისაზღვრება ფორმულით [14,15,16,17]:

$$l \leq 0.5L_{\text{მილი}} = \sqrt{\frac{12W \left(R_2 - \frac{\gamma p D_{\text{შიგა}}}{4t_{\text{მილის}}} \right)}{q}}, \quad (\text{II.2})$$

სადაც- R_2 მილსადენის ფოლადის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე;
 $W = \pi R_{\text{მილი}}^2 t$ - მილის განივი კვეთის წინაღობის მომენტი,
 $q = q_{\text{მილ}} + q_{\text{გაზ}} = \rho g A_{\text{მილი}} + p D_{\text{შიგა}}^2$ გრძივი დატვირთვები მილის
საკუთარი წონისა და პროდუქტის წონისაგან. აქ g - არის თავისუფალი
ვარდნის აჩქარება; $A_{\text{მილი}}$ - მილის განივი კვეთის ფართობი; ρ - მილში
გასატარებელი მასალის (პროდუქტის) სიმკრივე; P - მილში სავარაუდო
მუშა (საპროექტო) წნევა. $D_{\text{შიგა}}$ მილის შიგა დიამეტრი; t - მილის სისქე;
 γ - უსაფრთხოების კოეფიციენტი დატვირთვებისათვის.
რეაქუთხა ფორმის პრიზმების განლაგების ზომა $l_{\text{მილი}}$ მიიღება
კონსტრუქციული მოსაზრებით $2f \leq l_{\text{მილი}} \leq 0.5L_{\text{გად. კონს. ფარგლებში}}$.

ზედა სარტყელის პანელის მოპირდაპირი კუთხე (ნახ. 1ა) განისაზღვრება
ფორმულით [18];

$$\beta_{\text{ს}} = \frac{2}{m} \arcsin \frac{L}{2R_{\text{რკალი}}}, \quad (\text{II.3})$$

სადაც m არის ზედა სარტყელის პანელების რაოდენობა.
ზედა სარტყელის პანელსა და ჰორიზონტს შორის კუთხე (ნახ. II.1ა და II.1გ)
განისაზღვრება ფორმულით;

$$\alpha_{\text{გს.ნ}} = (0.5m + 0.5) \beta_{\text{გს.ნ}} - n \beta_{\text{გს.ნ}}, \quad (\text{II.4})$$

სადაც- n არის ზედა სარტყელის პანელების რიგითი ნომერი.
ზედა სარტყელის პანელების ზომა განისაზღვრება ფორმულით;

$$S_{\text{გს}} = 2R_{\text{რკალი}}^{\text{გს}} \sin \frac{\beta_{\text{გს}}}{2} \leq 0.5L_{\text{მილი}}, \quad (\text{II.5})$$

დგარების სიმაღლე ზომა განისაზღვრება ფორმულით;

$$h_{\text{დგ.1}} = \text{tg} \alpha_{\text{ხს.1}}, \quad \text{II.6)}$$

$$h_{\text{დგ.n}} = h_{\text{დგ.1}} + \text{tg} \alpha_{\text{ხს.n}},$$

შეაფრების, აწეულობის ზომა, განისაზღვრება ფორმულით;

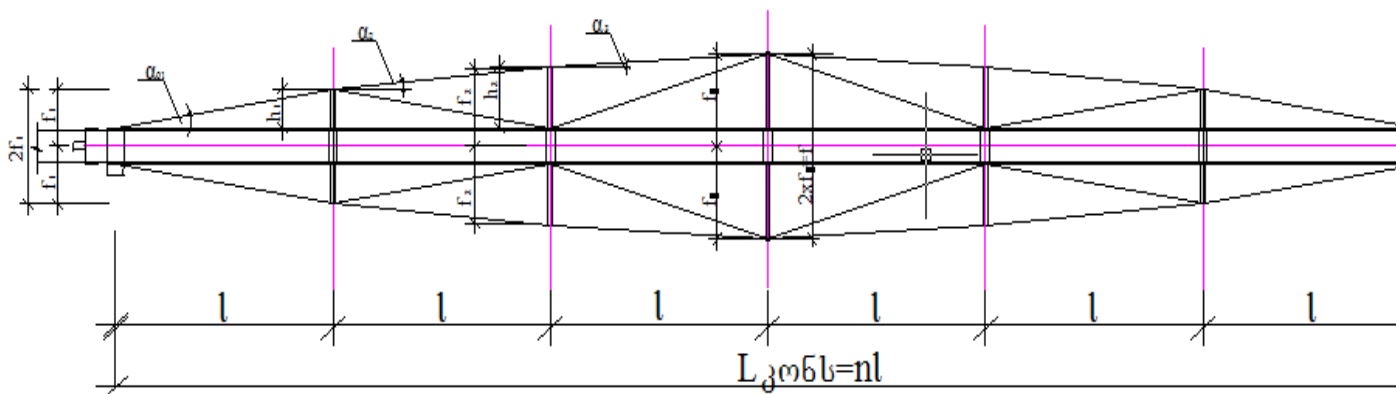
$$f_{\text{n.}} = h_{\text{დგ.1}} + 0.5D \leq f, \quad \text{(II.7)}$$

წამწის ირიბნების ზომა განისაზღვრება ფორმულით;

$$T_{\text{n.}} = \sqrt{h_{\text{დგ.n}}^2 + l^2}, \quad \text{(II.8)}$$

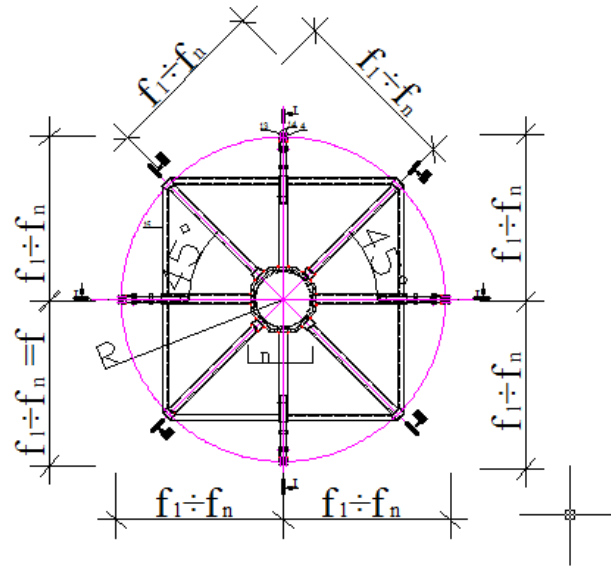
სადაც- n არის ზედა სარტყელისა და ირიბანის პანელების რიგითი ნომერი.

კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრები
გრძივი კვეთის მიხედვით

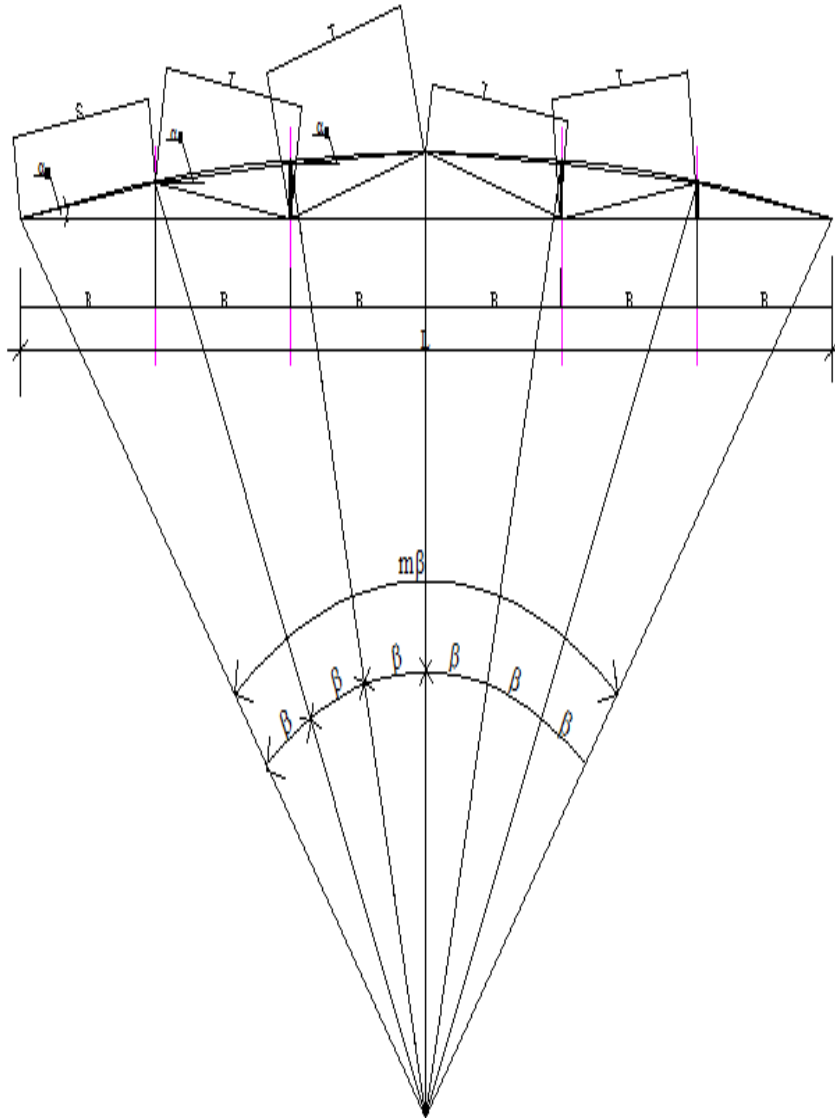


ნახ. II.1ა

კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრები
განივი კვეთის მიხედვით



ნახ. -II.1ბ



ნახ. -II.1გ

2. შემოთავაზებულ კონსტრუქციაზე შესაძლო მოქმედი დატვირთვების განსაზღვრა.

მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის შემოთავაზებული წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციაზე შესაძლო მოქმედი დატვირთვების გაანგარიშებას იგულისხმება, რომ ცნობილია გადასასვლელზე გამავალი მილების შემადგენლობა, მათი განივი კვეთების გეომეტრიული პარამეტრები და კომპესატორების განლაგების სქემები. ასევე ცნობილია მილსადენში გასატარებელი მასალის სახეობები, მათი მოცულობითი წონებისა და ტემპერატურის მნიშვნელობები.

ა). მუდმივი დატვირთვების განსაზღვრა

ნორმატიული და საანგარიშო ვერტიკალური დატვირთვები (მილის საკუთარი და პროდუქტის წონებისგან) განისაზღვრება ფორმულით [16,17];

$$q^{ნორ} = q_{მილ} + q_{გაზ} = \rho g A_{მილი} + p D_{შიგა}^2$$

$$q^{საან.} = \rho g A_{მილი} \gamma_g + p D_{შიგა}^2 \gamma_p \quad (II.9)$$

სადაც g არის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება; $A_{მილი}$ - მილის განივი კვეთის ფართობი; ρ ($\gamma_{მას.}$) - მილის მასალის სიმკრივე (მოცულობითი წონა); P - მილში სავარაუდო მუშა (საპროექტო) წნევა. $D_{შიგა}$ მილის შიგა დიამეტრი; t - მილის სისქე; γ_g და γ_p - უსაფრთხოების კოეფიციენტებია დატვირთვები-სათვის.

ბ). ლიპყინულის დატვირთვის განსაზღვრა

შემოთავაზებული კონსტრუქციის ელემენტების კომბინირებულობის გამო (ფოლადის პროფილებისა და ბაგირების არსებობის გამო) გაანგარიშებაში გათვალისწინებული უნდა იყოს ლიპყინულისაგან გამომწვეული დატვირთვები, რომლების მუდმივი დატვირთვების მიმართულებისა და ცვლის ელემენტების განივი კვეთის გეომეტრიულ პარამეტრებს რაც გასათვალისწინებელია ქარის ზემოქმედების განსაზღვისას.

წრიული განივი კვეთის მქონე ელემენტებისათვის (მათ შორის ბაგირებისათვის) რომელთა დიამეტრი ტოლია ან არ აღემატება 70 მმ-ს, ლიპყინულისაგან ნორმატიული დატვირთვა (n/m) გამოითვლება ფორმულით [19,20]:

$$i = \pi b k \mu_1 (d + b k \mu_1) \rho g \cdot 10^{-3}, \quad (II.10)$$

კონსტრუქციის სხვა განივი კვეთის მქონე ელემენტებისათვის ზედაპირული ლიპყინულის ნორმატიული დატვირთვის ($პა = n/m^2$) მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით;

$$i' = b k \mu_2 \rho g \quad (II.11)$$

ზემოთ მოყვანილ ფორმულებში:

b - ლიპინულის კედლის სისქე (5 წელიწადში ერთი მაქსიმალური მაჩვენებელი);

k - სიმაღლის გამათვალისწინებელი ლიპინულის კედლის სისქის ცვალებადობის კოეფიციენტი (აიღება სახელმწიფოში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტებიდან);

d - წრიული განიკვეთის მქონე ელემენტის დიამეტრი;

μ_1 - ლიპინულის კედლის სისქის ცვალებადობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია წრიული განივი კვეთის მქონე ელემენტის დიამეტრზე (აიღება სახელმწიფოში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტებიდან);

$\mu_2 = 0.6$ - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ყინვის ზემოქმედების ზედაპირის ფართობის ფარდობას ელემენტის მთლიანი ზედაპირის ფართობთან;

ρ - ყინულის სიმკრივე, რომელიც მიიღება 0.9 გრ./სმ³-ს ტოლი;

g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წმ.

საიმედობის კოეფიციენტი ლიპინულის დატვირთვისათვის γ_f მიიღება 1.3 ტოლი.

გ) ჰორიზონტალური დატვირთვების განსაზღვრა

1) ქარის დატვირთვის სიდიდე მილისა და ბაგირების ზედაპირზე განისაზღვრება ფორმულით [19,20] (ლიპინულის გათვალისწინების გარეშე):

$$W = \gamma_f \omega_0 k_h c_\omega D_{\text{მილ. ან ბაგ.}} \quad (\text{II.12})$$

სადაც: γ_f - საიმედობის კოეფიციენტი ქარის დატვირთვისათვის;

ω_0 - ქარის ჩქაროსნული დაწნევა 1 მ²-ზე;

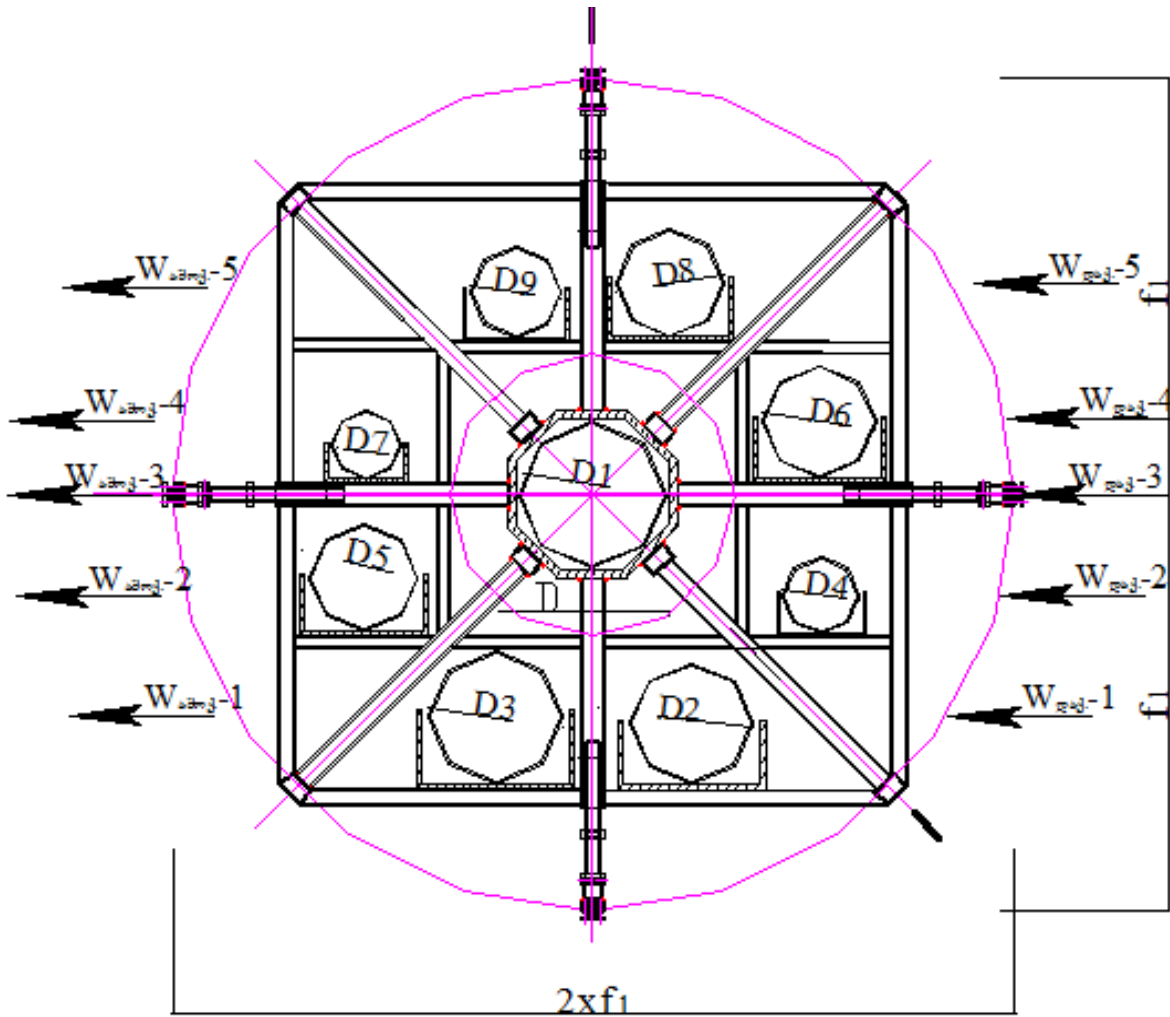
k_h - სიმაღლის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი;

c_ω - აეროდინამიკურიბის კოეფიციენტი;

$D_{\text{მილ. ან ბაგ.}}$ - მილსადენის (მილის) ან ბაგირის დიამეტრი.

გადასასვლელის კონსტრუქციაში რამოდენიმე მილსადენის მრავალიარუსიანი გატარების შემთხვევაში ზემოთ მოყვანილ ფორმულაში ქარის ზემოქმედების სიბრტყის სიმაღლედ (მამრავლად) ადება ერთ ჰორიზონტალურ რიგში განთავსებული მილების მაქსიმალური დიამეტრიც

ზომა. ნახაზზე (ნახ.-II.2) მოცემული სქემის შემთხვევაში დაქარული მხრიდან ქარის დატვირთვის მნიშვნელობები გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით



ახალი ტიპის კონსტრუქციის მილსადენის მრავალ იარუსიანი გატარების სქემა (ბურჯიდან პირველ განივ კვეთში)

ნახ.-II.2

$$\begin{aligned}
 W_{1 \text{ დაქ.}} &= \gamma_f \omega_0 k_h c_{\omega \text{ დაქ.}} D_3; & W_{2 \text{ დაქ.}} &= \gamma_f \omega_0 k_h c_{\omega \text{ დაქ.}} D_5; \\
 W_{3 \text{ დაქ.}} &= \gamma_f \omega_0 k_h c_{\omega \text{ დაქ.}} D_1; & W_{4 \text{ დაქ.}} &= \gamma_f \omega_0 k_h c_{\omega \text{ დაქ.}} D_6; & (II.13) \\
 W_{5 \text{ დაქ.}} &= \gamma_f \omega_0 k_h c_{\omega \text{ დაქ.}} D_8;
 \end{aligned}$$

ამოქარული მხრიდან დატვირთვის მნიშვნელობები გამოითვლება დაქარული მხრიდან მიღებული შედეგების $c_{\omega \text{ ამოქ.}} / c_{\omega \text{ დაქ.}}$ ფარდობაზე გამრავლებით.

2) მილის შეგორებისას წარმოქმნილი გორვის ხახუნისგან პორიზონტალური გრძივი ძალა

$$F_{\text{გრძივი}} = mN_1 \gamma_f, \quad (II.14)$$

სადაც: m – გორვის ხახუნის კოეფიციენტი;

$\gamma_f = 1.2$ – სამედობის კოეფიციენტი დატვირთვისათვის;

N_1 - შესაგორებელი მილის წონისაგან საგორავის საყრდენზე აღძრული ვერტიკალური ძალა.

დ) სეისმური დატვირთვის განსაზღვრა

შემოთავაზებული კონსტრუქციის სეისმურ ზემოქმედებაზე გაანგარიშება წარმოებს როცა ნაშენის მალი 24,0 მეტრის ტოლია ან აღემატება ($L \geq 24$).

კონსტრუქციის საკუთარი i -ური რხევის ტონის შესაბამისი სეისმური დატვირთვა S_{ik} განისაზღვრება ფორმულით [21]:

$$S_{ik} = K_1 K_2 K_3 S_{oik}, \quad (II.15)$$

სადაც, K_1 -კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს კონსტრუქციის დასაშვებ დაზიანებებს, კონსტრუქციის უნარს განავითაროს არადრეკადი დეფორმაციები, აგრეთვე სეისმომდეგობის სხვა რეზერვებს;

K_2 -კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ნაგებობების კონსტრუქციულ გადაწყვეტას;

K_3 – კონსტრუქციის მნიშვნელობის კოეფიციენტი (K_1 , K_2 და K_3 კოეფიციენტები მიიღება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნათა შესაბამისად).

S_{oik} - კონსტრუქციის, როგორც დრეკად - დეფორმირებადი სისტემის საკუთარი რხევის i -ური ტონის შესაბამისი სეისმური დატვირთვა, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით [21]:

$$S_{oik} = Q_k A \beta_i K_\psi K_0 \eta_{ik} \quad II.16$$

სადაც: A - სეისმურობის უგანზომილებო კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მოცემული დასახლებული პუნქტისათვის გრუნტის საანგარიშო აჩქარების შეფარდებას თავისუფალი ვარდნის აჩქარებასთან;

β_i - კონსტრუქციის საკუთარი რხევის i -ური ტონის შესაბამისი დინამიკურობის კოეფიციენტი;

K_ψ - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს კონსტრუქციულ გადაწყვეტას;

K_0 - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ბურჯისქვეშა გრუნტის არაწრფივ

დეფორმირებას. გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც გრუნტის კატეგორიის

კოეფიციენტი განისაზღვრება სეისმური მიკროდარაიონების შესრულების გარეშე;

η_{ik} - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია კონსტრუქციის საკუთარი რხევის დროს i -ური ტონის შესაბამისი დეფორმაციის სახეზე.

Q_k არის კონსტრუქციის K -ურ წერტილზე მოსული წონა, რომელიც განისაზღვრება საანგარიშო დატვირთვების გათვალისწინებით. შემოთავაზებული კონსტრუქციის დგარების განლაგების ადგილებში მოსული მუდმივი დატვირთვა

(წონა) გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_k = \gamma_f b \sum q_{მუდმ.} \quad II.17.$$

სადაც: γ_f – დათვირთვათა თანწეობის კოეფიციენტი; +
 $\sum q_{მუდ.}$ – კონსტრუქციის ერთი გრძივი მეტრის ჯამური წონა მილსადენში განთავსებული გადასატანი მასალის წონის გათვალისწინებით;
 b – კონსტრუქციის დგარებს შორის ზომა.

საანგარიშო სქემაში სეისმური დატვირთვა S_{ik} მოდებულია მილსადენის (ტრადიციული, ერთი მილის გატარების შემთხვევაში) დგარების ღერძების გადაკვეთის წერტილებში, ხოლო, მილების მრავალიარუსიანი მოწყობის დროს ღიაფრაგმების (დგარების, კავშირების -ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ელემენტების ერთობლიობა) ჰორიზონტალურ ელემენტებზე, მათი რეალურ განლაგების წერტილებში.

თავი-III. მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელი ახალი ტიპის წინასწარდაბული კომბინირებული კონსტრუქციის გაანგარიშება და კონსტრუირება

§III.1. მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობაზე გაანგარიშება

მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაბული კომბინირებული კონსტრუქცია L მალისა f აწეულობის/ჩაწეულობის ისრის მქონე მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის

კონსტრუქცია, რომელის მზიდი ელემენტების მისამაგრებელი საკვანძო დეტალები შესრულებულია რვაკუთხა ფორმის პრიზმებისაგან, რომელთა ოთხ ფერდზე რადიალურად განლაგებულია პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწეები (ანდა სწორხაზოვანი კოჭოვანი კონსტრუქციები), ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიალურად განლაგებულ დგარებზე, ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში, განთავსებულია საკოჭები (ბაგიროვანი შპრენგელები). წამწეების (ანდა სწორხაზოვანი კოჭოვანი კონსტრუქციების) ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ხისტი კავშირებით და ქმნიან გისოსოვან დიაფრაგმას. ანუ კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი წარმოადგენს იმ ელემენტებს რომლებიც დებულობენ ბაგიროვანი კონსტრუქციებისაგან აღძრულ მკუმშავ ძალებს, ასევე მდუნავ მომენტებსა და განივ ძალებს რომლებიც წარმოიშვებიან ბაგირებში (საკოჭებში) აღძრული სხვადასხვა სიდიდის ძალების სხვაობისაგან. ასევე კონსტრუქციის აღნიშნული ნაწილი მუშაობს მასზე მოქმედი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ზემოქმედებებისაგან (კონსტრუქციის საკუთარი წონა, სასარგებლო დატვირთვა, თოვლი, ქარისა და სეისმური ზემოქმედება) აღძრულ ძალოვან ფაქტორებზე.

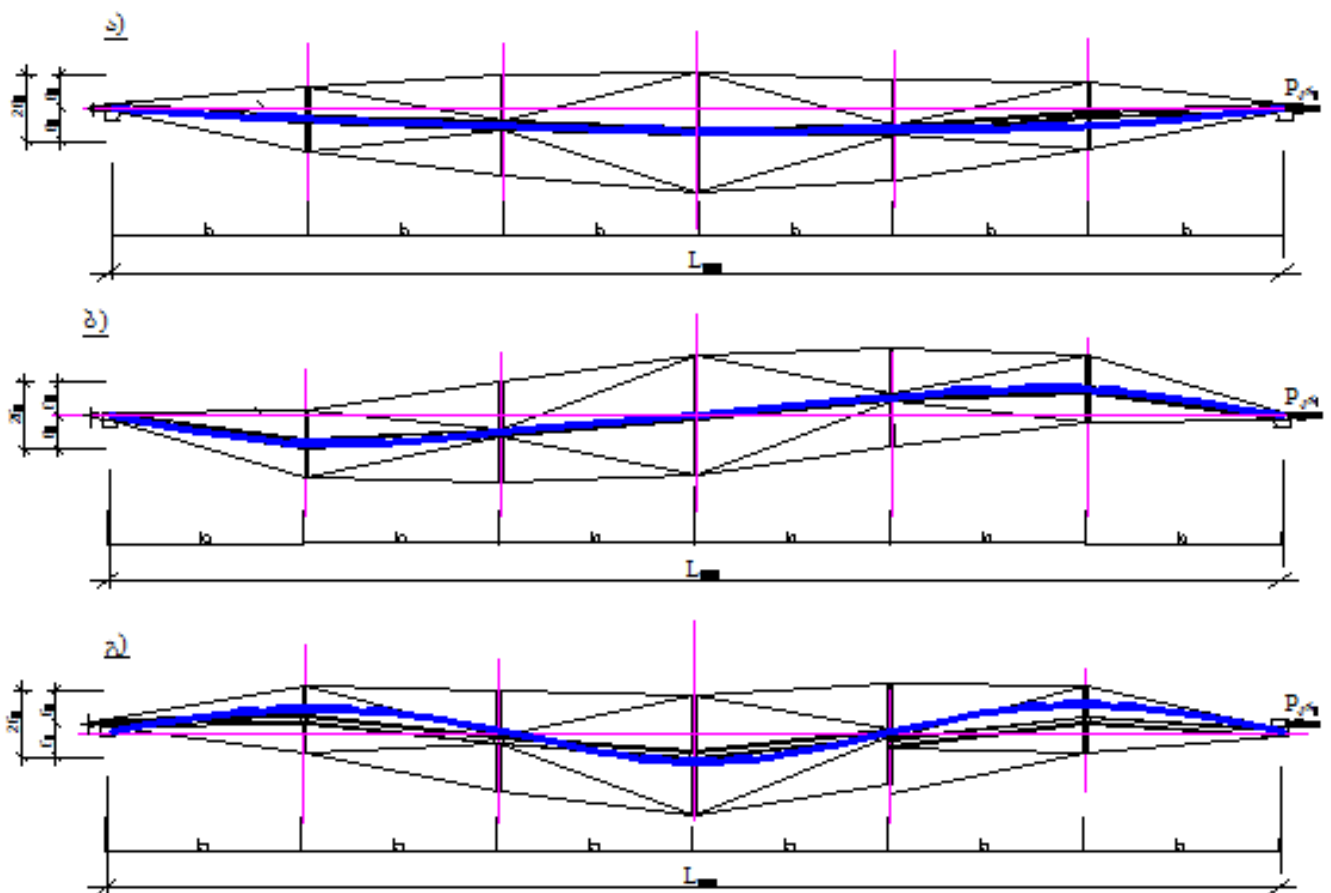
შემოთავაზებული ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობაზე გაანგარიშება შესრულებულია მისი ცენტრალური ხისტი ნაწილის განივი კვეთის დრეკადი ხაზის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირების მეთოდით [22,23,24].

წინასწარ დაძაბული კომბინირებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის მდგრადობაზე გაანგარიშება შესაძლებელია „სახსრული ჯაჭვი“-სა და ენგესსერ-ტიმოშენკოს მეთოდებით. „სახსრული ჯაჭვი“-ს მეთოდის გამოყენების დროს გართულებულია დიაფრაგმის (დგარებისა და კავშირების ერთობლიობის) ღუნვის სიხისტის გავლენის გათვალისწინება, ხოლო ენგესსერ-ტიმოშენკოს მეთოდით გაანგარიშებისას, მართალია შესაძლებელია დიაფრაგმების ღუნვის სიხისტის გავლენის გათვალისწინება, მაგრამ ეილერის მრუდის შესაბამისად მდგრადობის დაკარგვისას შეუძლებელია წინასწარ დაძაბვის ძალის გათვალისწინება [23].

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შემოთავაზებული კონსტრუქციის მდგრადობაზე გაანგარიშებას ვაწარმოებთ მისი ცენტრალური ხისტი ნაწილის განივი კვეთის დრეკადი ხაზის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირების მეთოდით. განიხილება n პანელისაგან (n ნაწილად დაყოფილი)

შედგენილი შემოთავაზებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი, რომელიც ოთხი მხრიდან გაძლიერებულია სიმეტრიულად განლაგებული პოლიგონალური მოხაზულობის საკოჭებით (შპრენგელური სისტემებით). საანგარიშო სქემა დაყვანილი არის ორ საყრდენზე სახსრულად და 1, 2 ... n-1 (ნახ. III. 2ა) წერტილებში დრეკად-პლასტიკური საყრდენებზე (რომლებიც ეწინააღმდეგებიან ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ გადაადგილებებსა და P_{cr} კრიტიკული ძალის ზემოქმედებით ღეროს გამრუდებასაგან გამოწვეულ შესაბამის განივი კვეთების მობრუნებებს) დამაგრებული L სიგრძის (მალის) კოჭის მდგრადობის განსაზღვრის ამოცანამდე.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის მდგრადობის დაკარგვის სავარაუდო ფორმები იქნება მისი ცენტრალური ხისტი ნაწილის ერთი ან ორი ნახევარტალღის სახით გაღუნვისას წარმოქმნილი ფორმები, რასაც წინამდებარე გაანგარიშებაში ვუწოდებთ მდგრადობის დაკარგვის პირველ შემთხვევას (ნახ. III.1ა) და მდგრადობის დაკარგვის მეორე შემთხვევას (ნახ. III.1ბ). შესაძლებელია კონსტრუქციის მდგრადობის დაკარგვის სამი ნახევარტალღის შემთხვევა (ნახ. III.1. გ).



ნახ. III.1 ახალი ტიპის კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობის კარგვის ფორმები: ა). ერთი ნახევარტალღა-პირველი შემთხვევა; ბ). ორი ნახევარ-

ტალღა -მეორე შემთხვევა: გ). სამი ნახევარტალღა.

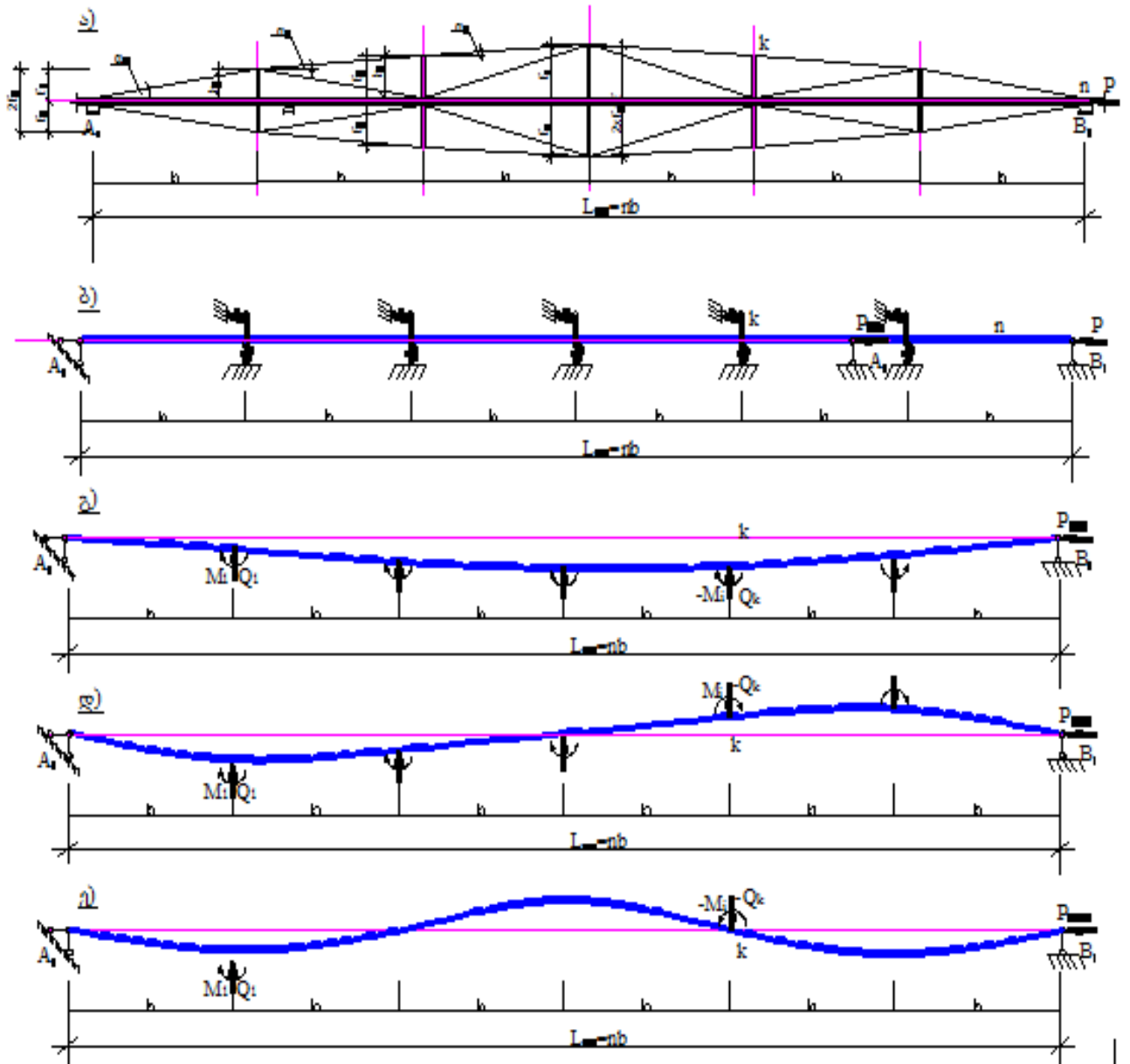
ცენტრალური ხისტი ნაწილის ჩაღუნვები (გადაადგილებები) და მობრუნების კუთხეები საკვანძო წერტილებში ტოლია [22,23,24,25]:

$$\delta_k = \bar{\alpha}_k \cdot Q_k, \quad \theta_k = -\bar{\beta}_k \cdot M_k, \quad (\text{III.1})$$

სადაც, Q_k და M_k - k წერტილში რეაქციები და რეაქტიული მღუნავი მომენტები; Q_k და M_k მიმართულებები და ნიშნები შესაბამისად დამოკიდებული არის ნახაზ 4.1.ა,ბ,გ მოცემულ მდგრადობის დაკარგვის ფორმებთან;

α_k და β_k –ხაზოვანი და კუთხურა დამყოლობის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია შპრენგელური სისტემის ბაგირების გრძივ და მათი დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარების ღუნვის სიხისტეებზე.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობის ამოცანის გადაწყვეტისას საანგარიშო სქემაზე სასაზღვრო წერტილებში რეაქტიული ძალებისა და მომენტების მიმართულებები აიღება პირობითად, ანუ არაა სავალდებულო მათი ნამდვილი მიმართულებების წინასწარი დადგენა. საანგარიშო სქემის მარჯვენა ნაწილში განთავსებული წერტილებში ძალოვანი ზემოქმედებების ნიშნები შესაძლებელია მიღებული იქნას დადებითად, ხოლო მარცხენა ნაწილში მდგრადობის კარგვის საძიებო ფორმის მიხედვით – დადებითი ან უარყოფითი (იხ. ნახ, III.2.გ,დ,ე).



ნახ. III.2 ახალი ტიპის კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობის კარგვის დროს დიაფრაგმების დგარებისაგან გადმოცემული დატვირთვების სქემა

კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის განივი კვეთის k -ური მონაკვეთის დრეკადი საზის დიფერენციალურ განტოლებას ექნება შემდეგი სახე,

$$EI_L \cdot y''(k) + p \cdot y(k) - R_0 \cdot X_k + \sum_{i=1}^{k-1} (X_k - i \cdot L) \cdot Q_i + \sum_{i=1}^{k-1} M_i = 0. \quad (III.2)$$

სადაც $(k-1)b \leq X_k \leq k \cdot b$, აქ b არის კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მონაკვეთების ზომა (რვაკუთხა ფორმის პროზემების განლაგების ზომა);

$y(k)$ - კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (დეროს) k -ური მონაკვეთის ჩაღუნვები;

$$R_{(A,B)} = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^{n-1} (n-i) \cdot Q_i \pm \frac{1}{L} \sum_{i=1}^{n-1} M_i \right],$$

არის ძალგანი ფაქტორების Q_k და M_k ($k=1,2,\dots,n-1$) ზემოქმედებისაგან კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (ღეროს) საყრდენებში (A და B წერტილებში) აღძრული ვერტიკალური რეაქციები.

ღეროს (კოჭის) გრძივი და განივი ღუნვის შემთხვევისათვის (III.2) განტოლების ზოგადი ამონახსნს, რომელიც სამართლიანი იქნება კოჭის მთლიან სიგრძეზე, ექნება შემდეგი სახე (კლებშეს მიერ შემოთავაზებული ამონახსნის ხერხის გამოყენებით),

$$y(k) = \frac{R_0 \cdot X_k}{u^2 \cdot E \cdot I_L} + C_1 \cdot \cos u X_k + C_2 \cdot \sin u X_k -$$

$$\frac{1}{u^3 \cdot E \cdot I_L} \sum_{i=1}^k [u \cdot (X_k - i \cdot b) - \sin u (X_k - i \cdot b)] Q_i -$$

$$\frac{1}{u^2 \cdot E \cdot I_L} \sum_{i=1}^k [1 - \cos u (X_k - i \cdot b)] M_i,$$

(III.3)

სადაც $u^2 = P_{კრ} / EI_b$.

საკვლევი სისტემის საყრდენების სასაზღვრო პირობების $y(0) = y(n \cdot b) = 0$, $X_k = kb$ და $\nu = b \cdot u$ შემოტანილი აღნიშვნის გათვალისწინებით (III.2) განტოლების ამონახსნს ექნება შემდეგი საბოლოო სახე,

$$\begin{aligned}
& \sum_{i=1}^{k-1} \left[n \cdot \frac{\sin(i \cdot v)}{\cos(k \cdot v)} - i \cdot \operatorname{tg}(k \cdot v) - i \cdot (n-k) \cdot v \right] Q_i + [n \cdot \hat{\alpha}_k \cdot v^3 + \\
& + (n-k) \cdot (\operatorname{tg}kv - k \cdot v)] Q_k + (\operatorname{tg}kv - k \cdot v) \cdot \sum_{i=k+1}^{n-1} (n-i) \cdot Q_i = \\
& = \frac{1}{b} \left\{ \sum_{i=1}^{k-1} \left[n \cdot v \frac{\cos(i \cdot v)}{\cos(k \cdot v)} - \operatorname{tg}(k \cdot v) - (n-k) \cdot v \right] M_i - \right. \\
& \left. - (n \cdot \hat{\beta}_k \cdot v^2 \cdot \operatorname{tg}kv + \operatorname{tg}kv - k \cdot v) \cdot M_k - (\operatorname{tg}kv - k \cdot v) \sum_{i=k+1}^{n-1} M_i, \right. \\
& \text{(III.4)}
\end{aligned}$$

$$\text{სადაც } \hat{\alpha}_k = (\bar{\alpha}_k \cdot E \cdot I_b) / b^3; \quad \hat{\beta}_k = (\bar{\beta}_k \cdot E \cdot I_b) / b;$$

განტოლების ამონახსნის საბოლოო შედეგი (III.4 განტოლება) წარმოადგენს მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (ღეროს) გრძივი ღუნვის ამოცანის გადაწყვეტას. განხილულია სიმეტრიული და ირიბსიმეტრიული მდგრადობის კარგვის ფორმების (n-1) ერთგვაროვანი განტოლებების სისტემა Q_k და M_k ძალოვანი ფაქტორების ზემოქმედების დროს (მათ შორის ღეროს გაღუნვის ერთი ან ორი ნახევარტალღის ფორმის დროს). განტოლების ამონახსნის მიღებულ შედეგში მართებულია ტოლობები: $|Q_k| = |Q_{(n-k)}|$; $|M_k| = |M_{(n-k)}|$. (იხ. ნახ. II.4.გ,დ)

როგორც ცნობილია, კონსტრუქციის მდგრადობის წონასწორობის საწყისი პირობიდან განსხვავებული ახალი წონასწორობის ფორმის არსებობას შეესაბამება მისი წარმომშობ ძალოვან ფაქტორთა ნულთან ტოლობა. აღნიშნული განმარტება საშუალებას იძლევა (III.4) განტოლებიდან (სისტემის საბოლოო ამონახსნიდან) გამოვრიცხოთ Q_k და M_k უცნობები და მივიღოთ შემდეგი სახის მახასიათებელი განტოლება $v(\bar{\alpha}_k \cdot \bar{\beta}_k) = 0$, სადაც როგორც ზემოთ აღინიშნა ხაზოვანი და კუთხურა დამყოლობის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტებია რომლებიც დამოკიდებულია შპრენგელური სისტემის ბაგირების გრძივ და მათი დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარების ღუნვის სიხისტეებზე. მიღებული განტოლების ფესვების პოვნა მიზანშეწონილია არსებული კომპიუტერული ტიპური პროგრამების გამოყენებით.

სისტემის საბოლოო მახასიათებელი განტოლების ამონახსნზე დაყრდნობით, კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (დეროს) ნებისმიერი n მონაკვეთის მდგრადობის წონასწორობის დაკარგვის პირველი ფორმის (ერთი ნახევარტალის) დროს რეაქტიულ ძალებსა და მომენტებს შორის ადგილი აქვს შემდეგ დამოკიდებულებებს (იხ. ნახ. 4.2.ბ)

$$Q_{n-k}=Q_k; M_{n-k}=-M_k, \quad (III.5)$$

ხოლო, პანელების ლუწი რიცხვის დროს $M_{n/2}=0$

კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (დეროს) ნებისმიერი n მონაკვეთის მდგრადობის წონასწორობის დაკარგვის მეორე ფორმის (ორი ნახევარტალის) დროს (იხ. ნახ. 4.2.გ):

$$Q_{n-k}=-Q_k; M_{n-k}=M_k, \quad (III.6)$$

ხოლო, პანელების ლუწი რიცხვის დროს $Q_{n/2}=0$.

(III.5) და (III.6) დამოკიდებულებების (III.4) განტოლებაში თანმიმდევრულად შეტანის შემდეგ მიიღება ორი მახასიათებელი განტოლება, რომლებსაც გააჩნიათ კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (დეროს) მდგრადობის კარგვის სხვადასხვა ფორმების ამსახველი ფესვთა უსასრულოდ ბევრი ამონახსნი. პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება ამონახსნთა მინიმალურ მნიშვნელობას (ν_{min}) რომელიც ასახავს მდგრადობის კარგვის რეალურ ფორმას და კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის კრიტიკული ძალის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა-

$$P_{kr} = (\nu^2 \cdot E \cdot I_b) / b^2, \quad (III.7)$$

კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მოქნილობა და საანგარიშო სიგრძე განისაზღვრება ფორმულებით:

$$\lambda_{day.} = (\pi b / \nu) \cdot \sqrt{(A_{კოჭი} + A_{დგარი}) I_b}, \quad ,$$

$$(L_{ko W.})_{დაყ.} = \pi b / \nu, \quad (III.8)$$

$L_{კოჭი}=n \cdot b$ სიგრძისა და $f=2 \cdot f_0$ სამადლის შემოთავაზებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის საკოჭების კვანძების k -ური წერტილების ხაზოვანი დამყოლობის კოეფიციენტები ცენტრალური ხისტი დეოების ერთი ნახევარტალით გადრეკის (გამობურცვის) დროს (მდგრადობის კარგვის პირველი შემთხვევა, იხ. ნახ. 4.ა) გამოითვლება ფორმულით:

როცა კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (ღეროს) დაყოფის რიცხვი კენტია (n=3,5,7 ...)

$$(\bar{\alpha}_{k1})^{\text{კენტი}} = \frac{3(n^2 - 1) \cdot k \cdot (n - k)}{64n^3} \cdot \frac{\Phi_{01} \cdot L_{\text{კოჭი}}^3}{EA_{\text{კოჭი}} \cdot f_0^2}, \quad (\text{III.9})$$

როცა კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის (ღეროს) დაყოფის რიცხვი ლუწია (n=2,4,8 ...)

$$(\bar{\alpha}_{k1})^{\text{ლუწი}} = \frac{3 \cdot n \cdot k(n - k)}{64(n^2 - 1)} \cdot \frac{\Phi_{01} \cdot L_{\text{კოჭი}}^3}{EA_{\text{კოჭი}} \cdot f_0^2}, \quad (\text{III.10})$$

სადაც Φ_{01} დიაფრაგმის დგარების პარამეტრია და გამოითვლება ფორმულით,

$$\Phi_{01} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\cos^2 \alpha_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[1 + \left(\frac{n+1-2i}{n-1} \right)^2 \text{tg}^2 \alpha_{01} \right]^{3/2},$$

საკოჭების სამაგრი დგარების კვანძების k-ური წერილების კუთხურა დამყოლობა $\bar{\beta}_k = \bar{\beta}'_{k1} + \bar{\beta}''_k$ განპიროვნებულია საკოჭის გრძივი დრეკადი დეფორმაციებით და დიაფრაგმის დგარების ღუნვით. ჯამში შემაგალი წევრებიდან კოეფიციენტი $\bar{\beta}'_{k1}$ განისაზღვრება მიახლოებით, რომელიც მნიშვნელოვნად მცირეა $\bar{\beta}''_k$ კოეფიციენტზე. $\bar{\beta}''_k$ კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით,

$$\bar{\beta}''_k = \frac{n(n-1)}{4k(n-k) \cdot EA_{\text{ღგ}} \cdot L_{\text{კოჭი}} \cdot \text{tg} \alpha_{01}}, \quad (\text{III.11})$$

სადაც $EA_{\text{ღგ}}$ - საკოჭის სამაგრი დიაფრაგმის დგარის სიხისტე; α_{01} - საყრდენთან საკოჭის პირველ მონაკვეთსა და ცენტრალური ღეროს შორის კუთხე.

შემოთავაზებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის საკოჭების კვანძების k-ური წერილების საზოგადო დამყოლობის კოეფიციენტები $\bar{\alpha}_{k2} = \bar{\alpha}'_{k2} + \bar{\alpha}''_{k2}$, ცენტრალური ხისტი ღეროების ორი ნახევარტალდით გადრეკის (გამობურცვის) დროს (მდგრადობის კარგვის მეორე შემთხვევა, იხ. ნახ. 4.ბ)

რომლებიც დამოკიდებული არიან საკოჭის დრეკად და კინემატიკურ დეფორმაციებზე გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებიდან

$$\bar{\alpha}_{k2} = \frac{k^2 (n-k)^2 \cdot \Phi_{01} \cdot L^3_{\text{კოჭი}}}{2n^3 (n-1)^2 \cdot EA_{\text{კოჭი}} \cdot f_0^2} \cdot \frac{B_{1\text{საკ.}}}{B_{2\text{საკ.}}}, \quad (\text{III.12})$$

სადაც $B_{1\text{საკ.}}$ და $B_{2\text{საკ.}}$ საკოჭების სისტემის (შემოთავაზებულ კონსტრუქცია შეიცავს ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სისტემებს) რაოდენობის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტია რომლებიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულებიდან,

$$B_{1\text{საკ.}} = k \sum_{i=1}^{n-1} (n-i) \cdot Q_i \pm n \sum_{i=1}^{n-1} i (n-i) \cdot Q_i,$$

$$B_{2\text{საკ.}} = \frac{n(n+1)}{3(n-1)}. \quad (\text{III.13})$$

საკოჭების დგარების კვანძების k -ური წერტილების კუთხურა დამყოლობა მდგრადობის კარგვის მეორე შემთხვევისას, $\bar{\beta}_{k2} = \bar{\beta}'_{k2} + \bar{\beta}''_{k2}$, გამოთვლა წარმოებს $\bar{\beta}_k = \bar{\beta}'_{k1} + \bar{\beta}''_k$ კოეფიციენტების გამოთვლის ანალოგიურად.

III.2 მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ბაგროვანი ნაწილის გაანგარიშება

მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის, წინასწარ დაძაბული, კომბინირებული კონსტრუქცია, რომლის მზიდი ელემენტების მისამაგრებელი საკვანძო დეტალები შესრულებულია რვაწახნაგა ფორმის პრიზმებისაგან, რომელთა ოთხ წახნაგზე (ფერდზე) რადიალურად განლაგებულია პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყელიანი თაღოვანი წამწეები (ან სწორხაზოვანი, მთლიანკედლიანი ან გამჭოლი კოჭოვანი

კონსტრუქციები), ხოლო დანარჩენ ოთხ წახნაგზე რადიალურად განლაგებულ დგარებზე, ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში, განთავსებულია საკოჭები (ოთხი ცალი ბაგიროვანი შპრენგელი). (იხ. ნახ.-1, 2). კომბინირებული კონსტრუქციის საკოჭები მუშაობს მასზე მოქმედი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ზემოქმედებისაგან (კონსტრუქციის საკუთარი წონა, სასარგებლო დატვირთვა, თოვლი, ქარისა და სეისმური ზემოქმედება) აღძრულ ძალოვან ფაქტორებზე. საკოჭები განკუთვნილია სივრცით სისტემაში ძალების რეგულირებისათვის, კერძოდ სივრცითი კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის განივ კვეთებში აღძრული ძალოვანი ფაქტორების რეგულირებისათვის. აღნიშნული მიიღწევა ტექნიკურ გადაწყვეტაში აღწერილი სისტემის წინასწარდაძაბვის თანმიდევრობის მეშვეობით, კერძოდ დგარების სათანადო ელემენტების (დამდაბავი ელემენტები) სინქრონული ბრუნვით მიიღწევა დგარების საკოჭთან ჩამაგრების კვანძების რადიალურად გადაადგილება, რაც იწვევს მის წინასწარ დაძაბვას. საკოჭების წინასწარ დაძაბვა განაპირობებს კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის განივ კვეთებში მოსალოდნელ მდუნავი მომენტების შემცირებას ან საჭიროების შემთხვევაში მათ მინიმუმამდე დაყვანას. აღწერილი რეგულაციის შემთხვევაში კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი გვევლინება მცირე ექცენტრისიტეტის მქონე გარეცენტრალურად შეკუმშული ელემენტი და არა როგორც ღუნვადი ელემენტი.

კომბინირებული კონსტრუქციის ბაგიროვანი ნაწილის წინამდებარე გაანგარიშება შესრულებულია დიფერენცირებული საანგარიშო სქემის გამოყენებით.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის შემადგენლობაში შემავალი საკოჭები (ბაგირები), როგორც კვლევის ობიექტი, წარმოადგენს რთულ სისტემას და ხასიათდება მთელი რიგი თავისებურებით, რომელთა გათვალისწინებას პროექტირების დროს არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება. ბაგირივანი ნაწილის სრულყოფილი მათემატიკური აღწერა და მოდელირება დაკავშირებულია სხვადასხვა სახის სირთულეებთან; კერძოდ, მთელი სისტემა სივრცეში განლაგებულია დიდი ზომის გადასასვლელებზე (მისი მაღლი შესაძლოა რამოდენიმე ასეულ მეტრის ტოლი იყოს), გაჭიმული ბაგირი ურთიერთკავშირშია მრავალ ელემენტთან, როგორებიცაა, საყრდენი კვანძის ელემენტები, დგარები, საკვანძო მომჭერები ბაგირის ჩასამაგრებელი მიმმართველები. ყველა აღნიშნული თავის მხრივ წარმოადგენს არაწრფივ ელემენტებს. ბაგირს გააჩნია სიხისტე და ამდენად ადგილი აქვს დრეკად

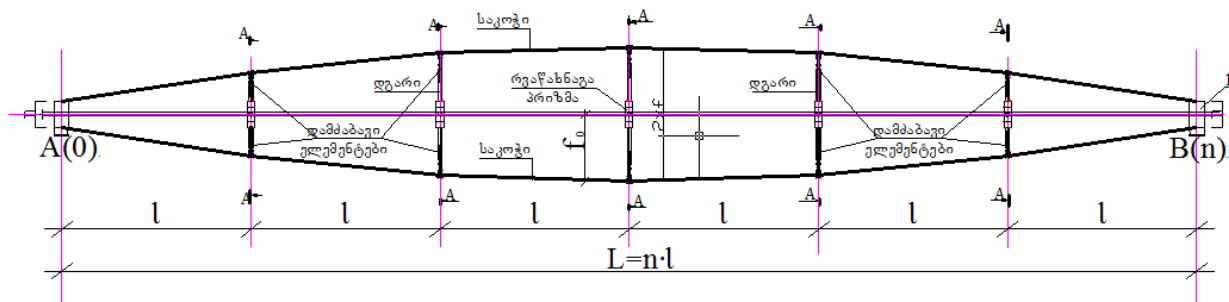
დეფორმაციასა და რხევას. განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია მომჭერებისაგან (კლემების მოჭერისაგან) წარმოშობილი ძალის არსებობა. ამრიგად, საკოჭების (ბაგირების) სისტემის მათემატიკური აღწერა ხდება ცვლად კოეფიციენტებიანი არაწრფივი განტოლებათა სისტემით, რომლის ამოხსნა პრაქტიკულად არცთუ ადვილი ამოცანაა. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ კონსტრუქციების გაანგარიშებები (არსებული ტიპური ან სპეციალური პროგრამების გამოყენებით), როგორც ერთიანი სივრცითი სისტემები ცხადია ძალოვან ფაქტორების ზუსტ და საიმედო შედეგებს იძლევა [26], მაგრამ ასეთი სიზუსტე ყოველთვის არ ესაჭიროება დამპროექტებელს, რადგანაც ხშირ შემთხვევებში გაანგარიშებები დიფერენცირებული სქემის გამოყენებით მიღებული შედეგები დამპროექტებლისათვის საკმარისი სიზუსტით უახლოვდება სივრცითი სისტემის გაანგარიშებიდან მიღებულ შედეგებს და იგი არ მოითხოვს დიდ შრომის დანახარჯებს.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, შემოთავაზებული წინასწარ დაძაბული ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის ბაგიროვანი ნაწილის გაანგარიშება შესრულებულია დიფერენცირებული სქემის და დრეკად გაჭიმული „მოქნილი ძაფის“ საანგარიშო ფორმულების გამოყენებით.

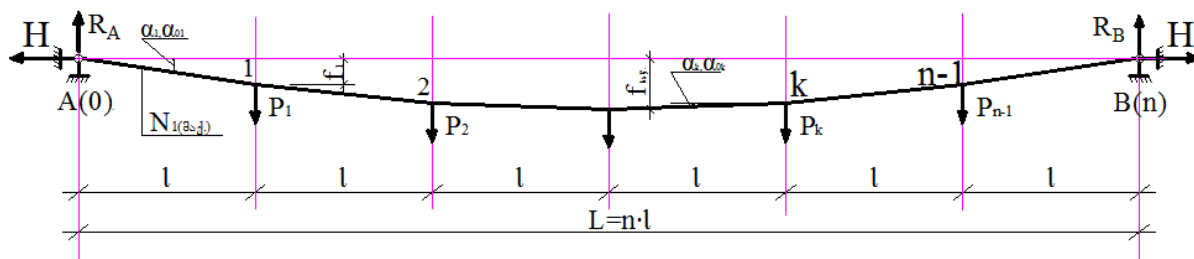
ვერტიკალურ სიბრტყეში განლაგებული საკოჭის საანგარიშო სქემად მიჩნეულია ორ საყრდენზე (A და B წერტილებში) უძრავად ჩამაგრებული არადრეკადი (უჭიმვადი) უწონო ძაფი, რომელიც დატვირთულია შეყურსული ძალებით (ნახ.III.2). შემოთავაზებული კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტის მიხედვით როგორც შესავალში აღინიშნა, საკოჭების წინასწარ დაძაბვა ხორციელდება დგარების სათანადო ელემენტების სინქრონული ბრუნვით, რაც იწვევს დგარების საკოჭთან ჩამაგრების კვანძების რადიალურად გადაადგილებას, ამიტომ მნიშვნელოვანია საკოჭის დგარებთან ჩამაგრების წერტილების რადიალური გადაადგილებათა სიდიდის განსაზღვრას, ანუ კვანძების გადაადგილებასა და უშაოლოდ მათზე მოქმედი კვანძურ დატვირთვებს შორის პირდაპირი დამოკიდებულების განსაზღვრას [27,28,30].

საკოჭის დგარებთან შეერთების კვანძებზე მოქმედი შეყურსული განივი ძალა შედგება შემდეგი სახის დატვირთვების ზემოქმედებისაგან; მუდმივი დატვირთვა (კონსტრუქციული მოსაზრებით კონსტრუქციის მუდმივი დატვირთვა მოდებულია სივრცითი კონსტრუქციის ვერტიკალურ სიბრტყის ქვედა შრეში განლაგებულ საკოჭზე ბ). ლიპყინულის დატვირთვა და გ). ლიპყინულის დროს ქარის ზემოქმედება. აღნიშნული დატვირთვები მოდებული არის საკოჭის

დგარებთან შეერთების კვანძების (1, 2, ..., n-1) წერტილებში (ნახ. 3) როგორც შეყურსული ძალები P_1, P_2, \dots, P_{n-1} . საკოჭის დგარებთან ჩამაგრების წერტილებს შორის ზომა l , მალი, A და B წერტილებს შორის ზომა $L = l \cdot n$ [A(0)-დან B(n)-მდე].



ნახ. III.1 შემოთავაზებული კონსტრუქციის განივი კვეთი საკოჭებზე



ნახ. III.2 საკოჭის საანგარიშო სქემა

საკოჭის ჩამაგრების წერტილებში ვერტიკალური და ჰორიზონტალური (სისტემის გამბრჯენი) რეაქციები გამოითვლება ფორმულებით;

$$R_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i) P_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} i P_i, \quad (R_A = R_B = R_0) \quad (III.14)$$

$$H = \frac{R_0}{tg \alpha_1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (n-i) P_i}{n tg \alpha_1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} i P_i}{n tg \alpha_n} \quad (III.15)$$

როცა განივი შეყურსული ძალების სიდიდეები ტოლია, გამბრჯენის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით;

$$H = \frac{(n-1)P}{2tg\alpha_{01}} \quad (III.16)$$

სადაც P არის საკოჭის ჩამაგრების წერტილებში მოქმედი ვერტიკალური (განივი) ძალა; α_i - საკოჭის პირველ პანელსა და A და B წერტილებზე გამავალ

ჰორიზონტალურ ხაზს შორის კუთხე;

საკოჭის k_i -ური მონაკვეთის დახრის კუთხე მის წვეროზე გამავალ ჰორიზონტალურ ხაზთან გამოითვლება ტოლობიდან;

$$tg\alpha_k = \frac{R_0 - \sum_{i=1}^{k-1} P_i}{H} = \frac{R_0 - \sum_{i=1}^{k-1} P_i}{R_0} tg\alpha_1 \quad (III.17)$$

(III.16) ფორმულაში საყრდენი რეაქციის მნიშვნელობის გათვალისწინებით საკოჭის k_i -ური მონაკვეთის დახრის კუთხე ნებისმიერ წერტილში გამოითვლება ფორმულით, როდესაც $1 \leq k \leq n-1$;

$$P_1 \neq P_2, \dots, \neq P_i, \quad tg\alpha_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (n-i)P_i - n \sum_{i=1}^{k-1} P_i}{\sum_{i=1}^{n-1} (n-i)P_i} tg\alpha_1 \quad (III.18)$$

$$P_1 = P_2, \dots, = P_i, \quad tg\alpha_k = \frac{n+1-2k}{n-1} tg\alpha_1 \quad (III.19)$$

საკოჭის ცალკეულ მონაკვეთებში აღძრული გამჭიმავი ძალა, როცა საკოჭზე მოქმედებს სხვადასხვა სიდიდის ან ტოლი კვანძური ძალები, გამოითვლება ფორმულით;

$$P_1 \neq P_2, \dots, \neq P_i, \quad N_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (n-i)P_i}{ntg\alpha_1 \cos\alpha_k}; \quad P_1 = P_2, \dots, = P_i, \quad N_k = \frac{(n-1)P}{2tg\alpha_1 \cos\alpha_k}; \quad (III.20)$$

ასევე, გაანგარიშების გამარტივების მიზნით შესაძლებელია საკოჭის განივ კვეთში აღძრული მაქსიმალური გამჭიმავი ძალის გამოთვლა შემდეგი ფორმულით;

$$N_{საკ.}^{მაქ} = \sqrt{R_0^2 + H_0^2}, \quad (III.21)$$

პროექტირებისათვის საჭირო სიზუსტით დამრეცი საკოჭის ($f_0/l \leq 1/10$) სიგრძის გამოთვლა შესაძლებელია კვადრატული პარაბოლის გამოყენებით;

$$S_{\text{საკ.}} = \frac{L}{2} \left[\sqrt{1+c^2} \pm \frac{1}{c} \ln \sqrt{1+c^2} \pm c \right], \quad (\text{III.22})$$

სადაც $c = 4f_0/L$. როცა საკოჭი დატვირთულია (როცა საკოჭზე მოქმედებს სხვადასხვა სიდიდის ან ტოლი კვანძური ძალები) და $l = \text{const}$ საკოჭის სიგრძე გამოითვლება ფორმულებით;

$$P_1 \neq P_2, \dots, \neq P_i, S_{\text{საკ.}} = l \sum_{i=1}^n \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha_i} \approx l \left(n + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \text{tg}^2 \alpha_i \right); \quad (\text{III.23})$$

$$P_1 = P_2, \dots, = P_i, S_{\text{საკ.}} = nl \left[1 + \frac{n+1}{6(n-1)} \text{tg}^2 \alpha_1 \right]; \quad (\text{III.24})$$

როცა კონსტრუქციის მოქნილი ნაწილის (საკოჭის) დაყოფის რიცხვი კენტია ($n=3,5,7 \dots$)

$$P_1 = P_2, \dots, = P_i, S_{\text{საკ.}}^{\text{კმბ.}} = L \left[1 + \frac{8n^2}{3(n^2-1)} \left(\frac{f_{\text{ნაწ.}}}{L} \right)^2 \right]; \quad (\text{III.25})$$

როცა კონსტრუქციის მოქნილი ნაწილის (საკოჭის) დაყოფის რიცხვი ლუწია ($n=2,4,8 \dots$)

$$P_1 = P_2, \dots, = P_i, S_{\text{საკ.}}^{\text{ლუწი}} = L \left[1 + \frac{8(n^2-1)}{3n^2} \left(\frac{f_{\text{ნაწ.}}}{L} \right)^2 \right]; \quad (\text{III.26})$$

სადაც $f_{\text{ნაწ.}} = f_0 - 0.5D_{\text{პრ.}}$ არის საკოჭის მაქსიმალური ჩაღუნვა. აქ f_0 - კონსტრუქციის მაქსიმალური ჩაწეულობა; $D_{\text{პრ.}}$ არის კონსტრუქციის ცენტრალური ნაწილის რვაკუთხა ფორმის პრიზმის ფუძის ამგები წრის დიამეტრი.

(III.25) და (III.26) ფორმულებით გამოთვლილი შედეგები ემთხვევა (III.22) ფორმულით გამოთვლილ საკოჭის სიგრძის ზუსტ მნიშვნელობებს. ასევე, როცა $n \rightarrow \infty$ (III.25) და (III.26) ფორმულები დადის პარაბოლის სიგრძის განსაზღვრის ცნობილ ფორმულაზე [28, 29,30], რომლის გამოყენება პროექტირებისას მიზანშეწონილია;

$$P_1 = P_2, \dots, = P_i, S_{\text{საკ.}} = L \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_{\text{საწ.}}}{L} \right)^2 \right], \quad (\text{III.27})$$

შეყურსული ძალებით (P_1, P_2, \dots, P_{n-1}) დატვირთული საკოჭის საკვანძო წერტილების ორდინატების განსაზღვრა შესაძლებელია იმ მოსაზრებიდან გამომდინარე, რომ მისი წონასწორობის ფორმა მსგავსია ორ საყრდენზე მდებარე L მალის კოჭის (რომელიც დატვირთულია ანალოგიური შეყურსული ძალებით) მღუნავი მომენტების ეპიურის. k წერტილში მღუნავი მომენტი გამოითვლება ფორმულით;

$$M_k = \left[k - n \frac{\sum_{i=1}^{k-1} (k-i)P_i - n \sum_{i=1}^{k-1} P_i}{\sum_{i=1}^{n-1} (n-i)P_i} \right] R_0 l, \quad (\text{III.28})$$

(III.28) ფორმულაში პირველი წერტილის ორდინატის $f_1 = l \cdot \text{tg} \alpha_1$ და მღუნავი მომენტი $M_1 = l \cdot R_0$ შეტანის შემდეგ k -ური წერტილის ორდინატის გამოსათვლელ ფორმულას ექნება სახე;

$$f_k = \left[k - n \frac{\sum_{i=1}^{k-1} (k-i)P_i - n \sum_{i=1}^{k-1} P_i}{\sum_{i=1}^{n-1} (n-i)P_i} \right] l \cdot \text{tg} \alpha_1, \quad (\text{III.29})$$

საკოჭის საკვანძო წერტილების ორდინატების ჯამი გამოითვლება ფორმულით;

$$\sum_{i=1}^{n-1} f_i = \frac{n}{2} \frac{\sum_{i=1}^{n-1} i(n-i)P_i - n \sum_{i=1}^{n-1} P_i}{\sum_{i=1}^{n-1} (n-i)P_i} l \cdot \text{tg} \alpha_1 \quad (\text{III.30})$$

საკოჭზე ტოლი კვანძური დატვირთვების შემთხვევაში (III.29) და (III.30) ფორმულებს აქვს შედეგი სახე;

$$P_1 = P_2, \dots, = P_i, f_k = \frac{k(n-k)}{n-1} l \cdot \text{tg} \alpha_1; \quad \sum_{i=1}^{n-1} f_i = \frac{n(n+1)}{6} l \cdot \text{tg} \alpha_1 \quad (\text{III.31})$$

წინასწარდაძაბვის (დგარების საკოჭთან შეერთების კვანძების რადიალური გადაადგილების შემდეგ) საკოჭის k -ური წერტილის ორდინატის

მნიშვნელობა ცოლი იქნება $f_{0k} = f_k + \Delta f_k$, სადაც, Δf_k არის გადაადგილების ნაზრდი წინასწარდაძაბვისაგან.

წინასწარდაძაბვის სიდიდე საკოჭში მიიღება $N_{წინ.} = (0.2 \div 0.3) N_{მაქ. p}$ [2]. ანუ საკოჭში აღძრული მაქსიმალური ჯამური ძალა $N_{საკ.მაქ.} = (1.2 \div 1.3) \cdot N_{მაქ. p}$.

საკოჭთან ჩამაგრების კვანძების რადიალური გადაადგილები რომელსაც აღძრავს ძალა ($\Delta P_{წინ.}$) გამოითვლება (III.21) ფორმულის გარდაქმნით;

$$\Delta P_{წინ.} = \frac{(0.2 - 0.3) N_{მაქ. p} \cdot 2 \operatorname{tg} \alpha_{01} \cos \alpha_{01}}{n - 1}; \quad (\text{III.32})$$

სადაც α_{01} არის საკოჭის პირველი პანელის დახრის კუთხე ჰორიზონტთან მისი დგარებთან შეერთების კვანძების გადაადგილებით დაძაბვის შემდეგ; $N_{მაქ. p}$ - P_1, P_2, \dots, P_{n-1} კვანძებზე მოქმედი ძალებისაგან საკოჭში აღძრული მაქსიმალური ძალა.

ზემოთ მოყვანილი ფორმულებში k -ური წერტილის ორდინატის გამოსათვლელი ფორმულები შეესაბამება არადრეკადი (უჭიმვადი) საკოჭის საწყის მდგომარეობას, რომელიც დატვირთულია შეყურსული ძალებით. არადრეკადი (უჭიმვადი, არაცვლადი სიგრძის) საკოჭის ძირითადი პარამეტრების დასადგენად (დაძაბვის შემდეგ) განვსაზღვროთ დამოკიდებულება α_{01} , -სა და α_1 -ს შორის. აღნიშნულის გადასაწყვეტად გარდაექმნათ (10) ფორმულა (4)-ს გამოყენებით;

$$S_{საკ.} = nl \left[1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha_1}{2R_0^2} \sum_{i=1}^n (R_0 - \sum_{i=1}^{n-1} P_i)^2 \right]; \quad (\text{III.33})$$

(III.31) და (III.33) ფორმულებით მიღებული შედეგების გატოლებითა და გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ α_{01} , -სა და α_1 -თ კუთხეებს შორის დამოკიდებულებას;

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \sqrt{\frac{n(n+1)}{3(n-1) \left[1 + \sum_{i=1}^n (R_0 - \sum_{i=1}^{n-1} P_i)^2 \right]}} \cdot R_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{01} \quad (\text{III.34})$$

წინასწარდაძაბვისაგან კვანძების გადაადგილების ნაზრდი გამოითვლება ფორმულით $\Delta f_k = f_{0k} - f_k$; სადაც f_{0k} იანგარიშება α_{01} -ს, ხოლო f_k α_1 -ს საკოჭის პირველი პანელის ჰორიზონტთან დახრის კუთხეების მიხედვით. გამოსათვლელად გამოიყენება (III.30) და (III.34) ფორმულები.

კონსტრუქციული მოსაზრებით ვერტიკალურ სიბრტყის ქვედა შრეში განლაგებულ საკოჭის დაძაბვა ხორციელდება ლიპინულის დატვირთვისა და წინასწარდაძაბვის რადიალური ძალების ჯამისაგან გაანგარიშებული გადაადგილების მიხედვით. ასევე, შემოთავაზებული სივრცითი კონსტრუქციის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებში განლაგებული საკოჭების განივი კვეთები მიიღება ვერტიკალური სიბრტყის ქვედა შრის გაანგარიშებიდან მიღებული შედეგების ანალოგიური.

§ III.3 გარეცენტრულად შეკუმშული ღეროების ზიდვის უნარის განსაზღვრა (ალბათური ინტერპრეტაცია)

მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის აღწერაში არის მოცემული, რომ მისი ძირითადი მზიდი ელემენტები არის პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწე (ან სწორხაზოვანი, მთლიანკედლიანი ან გამჭოლი კოჭოვანი კონსტრუქციები) და წინასწარ დაძაბული მზიდი ბაგროვანი ელემენტები. ანუ შემოთავაზებული კონსტრუქცია შედგება ხისტი და მოქნილი (ბაგროვანი) ნაწილების (ელემენტების) ერთობლიობისაგან. კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის ელემენტები ძირითადად კუმშვაზე ან გარეცენტრულ კუმშვაზე მუშაობენ.

ხისტი ნაწილის ელემენტების გაანგარიშებისას მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს მკუმშავი ძალის ზემოქმედებისას მათი ზიდვის უნარის ამოწურვისა და კონსტრუქციის ჩონჩხედის ცალკეული ელემენტების მტყუნების (საიმედოობის) აღბათობის დადგენა.

მკუმშავი ძალით დატვირთულ რეალურ კონსტრუქციის ელემენტებს ყოველთვის გააჩნიათ საწყისი გაღუნვა, ხოლო მკუმშავი ძალები მოქმედებენ რაღაც ექსცენტრისიტეტებით, ანუ ღეროები დატვირთულია მკუმშავი ძალით და შემთხვევით მღუნავი მომენტით. ამასთან, შეკუმშულ-გაღუნული ღერო დაიყვანება ერთი თავისუფლების ხარისხის მქონე სისტემად, რაც არ იძლევა დიდ ცდომილებას გაანგარიშების შედეგებში და მისაღებია პრაქტიკული თვალსაზრისით. სისტემის „არასრულყოფილების“ ფაქტორები (ექსცენტრისიტეტები, საწყისი გაღუნვები) შემთხვევითი სიდიდეები არიან და

მათთვის შესაძლებელია დადგინდეს შესაბამისი განაწილების მრუდები. აღნიშნულ სიდიდეებზე დამოკიდებული კონსტრუქციის ელემენტების ფუნქციური დანიშნულებისათვის (განსახილველ შემთხვევაში მდგრადობისათვის) შეიძლება მოინახოს, აგრეთვე, განაწილების გარკვეული კანონი და ამგვარად განისაზღვროს, ამა თუ იმ პირობებში, ზიდვის უნარის ამოწურვის ალბათობა [31].

გრძივი ძალის ექსცენტრული მოქმედებისა და საწყისი სიმრუდის ერთობლივი გათვალისწინების იდეა ეკუთვნის ფ. იასინსკის, რომელმაც საანგარიშო ექსცენტრისიტეტი ღეროს შუაში შემდეგი სახით წარმოადგინა [32];

$$e = e_0 + f_0 = r/10 + l/750, \quad (III.35)$$

სადაც r კვეთის გულის რადიუსია (მანძილი).

ფოლადის კონსტრუქციების ამჟამად მოქმედი ნორმატიული მასალებით [35] მიღებულია

$$e = i/20 + l/750. \quad (III.36)$$

აქ i განივი კვეთის ინერციის რადიუსია.

თუ ამ დამოკიდებულებაში კვეთის გულის რადიუსს r -ს შევიტანთ, (III.36) ტოლობა შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით;

$$e = e_0 + f_0 = \alpha r + l/750, \quad (III.37)$$

სადაც $\alpha = i/20r$ (სხვადასხვა კვეთებისათვის ადვილია α -ს რიცხვითი მნიშვნელობის გამოთვლა. სწორკუთხა განივი კვეთისათვის $i = r\sqrt{3}$, $\alpha = 0.0866$).

(III.35) და (III.36) დამოკიდებულებების შედარებიდან გამოდის, რომ ერთი და იგივე e -სათვის $r/10 = i/20$, ანუ $i = 2r$, ხოლო რეალურად, იგივე სწორკუთხა განივი კვეთისათვის $i = 1.732r$, სხვაობა საგრძნობია. გარდა ამისა უფრო მართებულად არის მიჩნეული (3) დამოკიდებულებაში ემპირიული საწყისი გაღუნვის $f_0 = l/750$ ნაცვლად დადგენილი იქნას ღეროს ღერძის მაქსიმალური საწყისი სიმრუდე χ_0 [2], რომელიც წარმოადგენს განაპირა ბოჭკოების ნარჩენი წაგრძელებების სხვაობის ζ -ს ფარდობას განივი კვეთის სიმაღლესთან, $\chi_0 = \zeta/h$. დავუშვათ, რომ საწყისი სიმრუდე (ისე როგორც საწყისი გაღუნვა) იცვლება ღეროს მთელ სიგრძეზე სინუსოიდური კანონით:

$$\chi = \chi_0 \sin \frac{\pi}{l} z. \quad (III.38)$$

როგორც ცნობილია, თუ სიმრუდის საერთო გამოსახულებაში ჩავთვლით, რომ ღეროს ღუნვა მცირეა მის სიგრძესთან შედარებით, მაშინ გაღუნული ღერძი იქნება დამრეცი მრუდი და $(dv/dz)^2 \ll 1$ -ზე, ამ შემთხვევაში მიიღება;

$$\chi = d^2 v_0 / dz^2 = -v_0'' \quad (III.39)$$

სადაც $v_0 = v_0(z)$ საწყისი გსღუნვის სიდიდეა z განივ კვეთში. საწყისი გაღუნვის ცვალებადობას ღეროს სიგრძეზე, მიახლოებით, სინუსოიდის სახით წარმოადგენენ.

$$v_0 = f_0 \sin \frac{\pi}{l} z,$$

ხოლო სიმრუდე იქნება:

$$v_0'' = -f_0 \frac{\pi^2}{l^2} \sin \frac{\pi}{l} z. \quad (III.40)$$

(III.39)-ში (III.38)-სა და (III.40)-ს შეტანის შედეგად განისაზღვრება, ღეროს სიგრძისა და განივი კვეთის ზომებთან ფუნქციურ დამოკიდებულებაში, საანგარიშო საწყისი გაღუნვა ღეროს სიგრძის შუაში;

$$f_0 = \frac{\chi_0 l^2}{\pi^2} = \frac{\zeta l^2}{\pi^2 h}, \quad (III.41)$$

მაშასადამე (III.37) ფორმულის ნაცვლად მივიღებთ:

$$e = e_0 + f_0 = \alpha r + \frac{\zeta l^2}{\pi^2 h} = r \left(\alpha + \frac{\zeta l^2}{\pi^2 h r} \lambda^2 \right),$$

სადაც $\lambda = l/i$ ღეროს მოქნილობაა. მაშინ ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი ტოლი იქნება:

$$m = \frac{e}{r} = \alpha + \beta \lambda^2, \quad (III.42)$$

სადაც

$$\beta = \frac{\zeta l^2}{\pi^2 h r} = \frac{\zeta}{\pi^2 h} \cdot \frac{I/A}{W/A} = \frac{\zeta \cdot x}{\pi^2 h}, \quad (III.43)$$

ვინაიდან ინერციის მომენტის ფარდობა წინააღობის მომენტთან $I/W = x$, სადაც x მანძილია განივი კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან ყველაზე უფრო

დაშორებულ, შეკუმშულ (გაჭიმულ) ბოჭკომდე. ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი (III.42) წარმოადგენს შემთხვევით ფუნქციას შემთხვევითი არგუმენტებით;

$$\tilde{m} = \tilde{\alpha} + \tilde{\beta}\lambda^2, \quad (\text{III.44})$$

სადაც λ -დეტერმინირებული სიდიდეა, ხოლო $\tilde{\alpha}$ და $\tilde{\beta}$ -შემთხვევითი სიდიდეები, რომელთა განაწილების მრუდები შეიძლება მივიჩნიოთ ნორმალურად, ცენტრით კოორდინატთა სათავეში.

კონსტრუქციის მდგრადობა ექსპლუატაციის პირობებში შეიძლება დახასიათდეს დამოუკიდებელი პარამეტრების სრული რაოდენობით $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$. ამ პარამეტრებიდან ზოგიერთი ახასიათებენ დატვირთვებს, მეორენი მასალის სიმტკიცეს, მესამენი- კონსტრუქციის პირობების გადახრას საანგარიშო სქემიდან და ა. შ. ამ პარამეტრების რიცხვში არ შედიან ის სიდიდეები, რომელთა რეალიზაცია კონსტრუქციებში ხდება გაანგარიშებებებთან ზუსტ შესაბამისობაში, ან მცირედი დაშვებით და მათი გავლენა კონსტრუქციის მუშაობაზე შეიძლება უგულვებელყოთ.

ამრიგად პარამეტრები q_1, q_2, \dots, q_n ჩაითვლებიან შემთხვევით სიდიდეებად, რომელთა ალბათობის ერთობლივი სიმკრივე $P(q)$ ცნობილია. გაანგარიშება უნდა ეფუძნებოდეს იმის ალბათობის განსაზღვრას, რომ არ იქნება მიღწეული დაშვებული ზღვრული მდგომარეობა. რღვევის ალბათობის განსაზღვრისათვის მიზანშეწონილია შემოვიდოთ შემთხვევითი სიდიდე, რომელიც ზღვრული მდგომარეობის პირობის შესაბამისად შეიძლება ჩაითვალოს ზიდვის უნარის მარაგად [31,32]:

$$\tilde{L}(q) = \tilde{R}(q) + \tilde{H}(q), \quad (\text{III.45})$$

სადაც \tilde{R} კონსტრუქციის განზოგადებული ზიდვის უნარია; \tilde{H} - განზოგადებული დატვირთვა; q დამოუკიდებელი პარამეტრები. $L(q)$ თავისთავად რამოდენიმე ცვლადის ფუნქციაა, რომელთაგან ზოგიერთს ცხადად გამოსახული შემთხვევითი ხასიათი აქვს, სხვები კი შეიძლება ჩაითვალოს დეტერმინირებულ სიდიდეებად.

გარეცენტრულ კუმშვაზე ალბათური გაანგარიშების საფუძვლად აღებულია, საწყისი გაღუნვის და შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტის ერთდროული გათვალისწინებით ჩვენს მიერ მიღებული [40], არსებულის [32] იდენტური, მაგრამ კონცეპტუალურად განსხვავებული, დეტერმინირებული დამოკიდებულება ზიდვის უნარის მარაგის შემთხვევით ფუნქციასა და მასალის

საანგარიშო წინაღობის, კრიტიკული ძაბვებისა და ექსცენტრისიტეტის შემთხვევით სიდიდეებს შორის;

$$\tilde{L} = \tilde{R}_y - \tilde{\sigma}_{crt} - \tilde{m} \frac{\tilde{\sigma}_{crt}(1.8\tilde{\sigma}_{crt} + 0.274\tilde{\sigma}_{crt})}{\tilde{\sigma}_{crt} - \tilde{\sigma}_{crt}}, \quad (III.46)$$

სადაც \tilde{R}_y მასალის საანგარიშო წინაღობაა (ფოლადის ღეროების შემთხვევაში); $\tilde{\sigma}_{crt}$ და $\tilde{\sigma}_{crt}$ შესაბამისად დაყვანილი და მხები მოდულებით განსაზღვრული კრიტიკული ძაბვები; \tilde{m} - ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი; $1.8 \approx (f_0/e)+1 \approx 0.8+1$; $0.274 \approx (4/\pi)-1 \approx 1.274-1$ [33].

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე ასკვნიან, რომ შეკუმშული ღეროების ზიდვის უნარის დაქვეითება არ შეიძლება მხოლოდ გრძივი ძაღვის მოდების ექსცენტრისიტეტით აიხსნას. დიდი მოქნილობის მქონე ღეროების შემთხვევაში ტორსულ განივკვეთზე ძაღვის მოქმედების ექსცენტრულობა ნაკლებ გავლენას ახდენს მის მდგრადობაზე, სამაგიეროდ დიდ მნიშვნელობას იძენს ღეროს ღერძის შემთხვევითი უმნიშვნელო გაღუნვები, ეს კი თავისთავად არაარსებითია მცირე მოქნილობის ღეროებისათვის [32,34].

ხშირად თვლიან, რომ წასყისი ფარდობითი გაღუნვის მიღებული სიდიდე f_0/l (f_0 - საწყისი გაღუნვა; l - ღეროს სიგრძე). ცენტრალური კუმშვის დროს, საკმარისი ხარისხით ითვალისწინებს მკუმშავი ძაღვის მოდების ექსცენტრულობასაც. ეს მოსაზრება, რა თქმა უნდა, არამართებულია. მითუმეტეს მცდარია იგი შეკუმშულ-გაღუნული (გარეცენტრულად შეკუმშული) ღეროების შემთხვევაში, მიუხედავად მდგრადობის კარგვის პროცესის იდენტურობისა.

მაშასადამე \tilde{L} -ის გამოსახულებაში (III.46) ხუთი შემთხვევითი სიდიდეა. ერთ-ერთი მათგანი, კერძოდ $\tilde{\sigma}_{crt}$ ფორმულაში შედის არაწრფივი სახით. \tilde{L} -ის განაწილების კანონი ნორმალური იქნება, თუ ის თავის არგუმენტებთან დამოკიდებულებაში წრფივად გამოისახება. ამიტომ ვიყენებთ შემთხვევითი სიდიდეების ფუნქციის ლინეარიზაციის (გაწრფელების) მეთოდს.

თუ ვექტორის (x_1, x_2, \dots, x_n) ალბათობის სიმკვრივე მისი მდგენელების განაწილების ცენტრიდან დაშორებისას სწრაფად მიღვევადია, მაშინ შეიძლება გამოვიყენოთ არაწრფივი ფუნქციის ტეილორის მწკრივად გაშლის ფორმულა:

$$\tilde{y} = \bar{y} + (\tilde{x}_1 - \bar{x}_1) \frac{\partial y}{\partial x_1} + (\tilde{x}_2 - \bar{x}_2) \frac{\partial y}{\partial x_2} + \dots + (\tilde{x}_n - \bar{x}_n) \frac{\partial y}{\partial x_n} + \tilde{W},$$

(III.47)

სადაც \bar{y} და \bar{x} შესაბამისად შემთხვევითი ფუნქციის და არგუმენტის მათემატიკური ლოდინი, ანუ განაწილების ცენტრებია. ამასთან \bar{y} მიახლოებით ტოლი მიიღება:

$$\bar{y} \approx y(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n),$$

ხოლო კერძო წარმოებულის მნიშვნელობები $\partial y / \partial x_j$ აიღება $x_j = \bar{x}_j$ დამოკიდებულებისათვის.

მაშასადამე ტეილორის მწკრივად გაშლა წარმოებს შემთხვევითი ვექტორის $(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n)$ განაწილების ცენტრების მდებარეობის სიახლოვეში (III.47) ფორმულაში \tilde{W} -თი აღნიშნულია არაწრფივი წევრები, რომელთა უგულებელყოფა შეიძლება, რადგანაც განაწილების ცენტრიდან მცირე გადახრისას ისინი ძალზედ უმნიშვნელო სიდიდეები არიან, ხოლო გადახრების შემთხვევაში მცირეა ალბათობის სიმკვრივე $P(y)$.

ანალოგიურად (III.47)-ისა შეგვიძლია (III.46) გამოსახულების ტეილორის მწკრივად გაშლა. გამოვთვალოთ L ფუნქციის კერძო წარმოებულები მისი შემთხვევითი არგუმენტებით :

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial R_y} &= 1; \quad \frac{\partial L}{\partial \sigma_{crt}} = -1 - (\tilde{\alpha} + \tilde{\beta} \lambda^2) \frac{1.8 \tilde{\sigma}_{crt}^2 + 0.548 \tilde{\sigma}_{crt} \cdot \tilde{\sigma}_{crT} - 0.274 \tilde{\sigma}_{crt}^2}{(\tilde{\sigma}_{crT} - \tilde{\sigma}_{crt})^2}; \\ \frac{\partial L}{\partial \sigma_{crt}} &= (\tilde{\alpha} + \tilde{\beta} \lambda^2) \frac{0.274 \tilde{\sigma}_{crt}^2}{(\tilde{\sigma}_{crT} - \tilde{\sigma}_{crt})^2}; \quad \frac{\partial L}{\partial \alpha} = -\frac{1.8 \tilde{\sigma}_{crt} \cdot \tilde{\sigma}_{crT} - 0.274 \tilde{\sigma}_{crt}^2}{\tilde{\sigma}_{crT} - \tilde{\sigma}_{crt}}; \\ \frac{\partial L}{\partial \beta} &= -\lambda^2 \frac{1.8 \tilde{\sigma}_{crt} \cdot \tilde{\sigma}_{crT} - 0.274 \tilde{\sigma}_{crt}^2}{\tilde{\sigma}_{crT} - \tilde{\sigma}_{crt}}. \end{aligned} \quad (III.48)$$

თუ (III.48) გამოსახულებებში შემთხვევითი სიდიდეების ნაცვლად შევიტანეთ მათი განაწილების ცენტრებს (მათემატიკურ ლოდინს) $\bar{\sigma}_{crt}, \bar{\sigma}_{crT}, \bar{\alpha} = 0$ და $\bar{\beta} = 0$, მივიღებთ L ფუნქციის წრფივი აპროქსიმაციის კოეფიციენტებს, მაშინ (III.47)-ის თანახმად L შემთხვევითი ფუნქცია (III.46) გაწრფივებული სახით ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\tilde{L} = \bar{L} + A(\tilde{R}_y - \bar{R}_y) + B(\tilde{\sigma}_{crT} - \bar{\sigma}_{crT}) + C\tilde{\alpha} + D\tilde{\beta}, \quad (15)$$

$$\text{სადაც } A=1; B=-1; C = -\frac{1.8\bar{\sigma}_{crT} \cdot \bar{\sigma}_{crT} - 0.274\bar{\sigma}_{crT}^2}{\bar{\sigma}_{crT} - \bar{\sigma}_{crT}}; D = -\lambda^2 \frac{1.8\bar{\sigma}_{crT} \cdot \bar{\sigma}_{crT} - 0.274\bar{\sigma}_{crT}^2}{\bar{\sigma}_{crT} - \bar{\sigma}_{crT}}, \quad (III.49)$$

რადგანაც (III.48) გამოსახულებებში

$$\tilde{\alpha} + \tilde{\beta}\lambda^2 = (\bar{\alpha} + \bar{\beta}\lambda^2) = 0, \quad \partial L / \partial \sigma_{crT} = -1 \text{ და } \partial L / \partial \sigma_{crT} = 0.$$

(III.46) და (III.49)-ის გამოყენებით მიიღება განაწილების ცენტრის მიახლოებითი და დისპერსიის მნიშვნელობები:

$$\begin{aligned} \bar{L} &= \bar{R}_y - \bar{\sigma}_{crT}, \quad \hat{L} = A^2\hat{R}_y^2 + \hat{B}\hat{\sigma}_{crT} + C^2\hat{\alpha} + D^2\hat{\beta} = \hat{R}_y + \hat{\sigma}_{crT} + \\ &+ \frac{(1.8\bar{\sigma}_{crT} \cdot \bar{\sigma}_{crT} - 0.274\bar{\sigma}_{crT}^2)^2}{(\bar{\sigma}_{crT} - \bar{\sigma}_{crT})^2} \cdot (\hat{\alpha} + \hat{\beta}\lambda^4). \end{aligned}$$

აქედან განისაზღვრება \tilde{L} შემთხვევითი ფუნქციის ცვალებადობა:

$$\begin{aligned} \omega_L &= \frac{\sqrt{\hat{L}}}{\bar{L}} = \frac{\sqrt{\hat{R}_y + \hat{\sigma}_{crT} + (1.8\bar{\sigma}_{crT} \cdot \bar{\sigma}_{crT} - 0.274\bar{\sigma}_{crT}^2)^2 \cdot (\hat{\alpha} + \hat{\beta}\lambda^4) / (\bar{\sigma}_{crT} - \bar{\sigma}_{crT})^2}}{\bar{\sigma}_{crT} - \bar{\sigma}_{crT}}; \\ (\bar{\sigma}_{crT}^2 - 2\bar{\sigma}_{crT} \cdot \bar{\sigma}_{crT} + \bar{\sigma}_{crT}^2) \cdot [\bar{\omega}_1^2 (R_y^2 - 2R_y\bar{\sigma}_{crT} - \bar{\sigma}_{crT}^2) - (\hat{R}_y + \hat{\sigma}_{crT})] - \\ &- (1.8\bar{\sigma}_{crT} \cdot \bar{\sigma}_{crT} - 0.274\bar{\sigma}_{crT}^2)^2 \cdot (\hat{\alpha} + \hat{\beta}\lambda^4) = 0, \end{aligned} \quad (III.50)$$

თუ (16) გამოსახულებას გავყოფთ \bar{R}_y^4 და შემოვიტანთ აღნიშვნებს:

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_{crT} / \bar{R}_y &= \xi; \quad \bar{\sigma}_{crT} / \bar{R}_y = \varphi_c; \quad \hat{R}_y / \bar{R}_y^2 = \omega_R^2; \quad (\hat{\alpha} + \hat{\beta}\lambda^4) / R_y^2 = \eta; \\ \hat{\sigma}_{crT} / \bar{R}_y^2 &= (\hat{\sigma}_{crT} / \bar{\sigma}_{crT}); \quad (\hat{\sigma}_{crT} / \bar{R}_y^2) = \omega_\sigma^2 \cdot \varphi_c^2, \end{aligned}$$

სადაც φ_c გარეცენტრული კუმშვის დროს ზიდვის უნარის შემამცირებელი კოეფიციენტი (იგულისხმება $\bar{\sigma}_{crT} / \bar{R}_y = \sigma_{crT} / R_y = \varphi_c$ [6]), გვექნება:

$$(\xi^2 - 2\xi \cdot \varphi_c + \varphi_c^2) \cdot (\omega_L^2 - 2\omega_L \cdot \varphi_c + \omega_L \varphi_c^2 - \omega_R^2 - \omega_\sigma^2 \varphi_c^2) - 1.8\eta\xi\varphi_c - 0.274\eta\varphi_c^2 = 0 \quad (III.51)$$

დავუშვათ, რომ $\omega_R = \sqrt{\hat{R}_y} / \bar{R}_y$ - ზიდვის უნარის ვარიაციის კოეფიციენტი იგივე რიგისაა, როგორცაც $\omega_L (\omega_R = \omega_1)$, მაშინ (III.51) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\varphi_e^3 - (2\xi + \frac{2\omega_L^2}{\omega_L^2 - \omega_\sigma^2})\varphi_e^2 + (\xi^2 + \frac{4\omega_L^2\xi - 0.274\eta}{\omega_L^2 - \omega_\sigma^2}) \cdot \varphi_e - \frac{2\omega_L^2\xi^2 + 1.8\xi\eta}{\omega_L^2 - \omega_\sigma^2} = 0. \quad (III.52)$$

კერძო შემთხვევაში, როდესაც, არსებულთან შედარების თვალსაზრისით, ვუშვებთ დატვირთვების ნულოვან ვარიაციას $W_\sigma = 0$ [32], (III.52) განტოლების ნაცვლად გვექნება:

$$\varphi_e^3 - 2(\xi + 1)\varphi_e^2 + (\xi^2 + 4\xi - 0.274\eta / \omega_L^2) \cdot \varphi_e - (2\xi^2 + 1.8\eta\xi / \omega_L^2) = 0. \quad (III.53)$$

მაგალითისთვის ვიღებთ შემდეგ მონაცემებს (აღებულია [32,34,36,38,39]-დან):

$$\lambda = 80; T = 1.4 \cdot 10^5 \text{ მპა}; \sigma_{\text{crit}} = \frac{\pi^2 T}{\lambda^2} = \frac{9.86 \cdot 1.4 \cdot 10^5}{6400} \approx 215.7 \text{ მპა}; R_y = 280 \text{ მპა};$$

$$\xi = \bar{\sigma}_{\text{crit}} / \bar{R}_y = \sigma_{\text{crit}} / R_y = 215.7 / 280 \approx 0.77; \omega_L = 1/3.09 \approx 0.32; \varphi_e^3 - 3.54\varphi_e^2 + 3.67\varphi_e - 1.18 = 0.$$

$\varphi_e \approx 0.72$, რაც მნიშვნელოვნად მაღალია იგივე მონაცემებით [9]-ში მიღებულზე.

φ_e -ს გამოყენებადი მნიშვნელობები არ უნდა აღემატებოდეს ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების გრძივი ღუნვის კოეფიციენტის φ -ს მნიშვნელობებს [42]

შენობა-ნაგებობებისათვის მიღებული მტყუნების ალბათობა ძალზედ დაბალია. მათი მნიშვნელობების რიგი უხეში შეფასებით ტოლია: $P_f = 10^{-3}$, ისეთი ზღვრული მდგომარეობისათვის, რომლებიც არ წარმოადგენენ საშიშროებას ადამიანების სიცოცხლისათვის და $P_f = 10^{-3} \div 10^{-6}$ ზღვრული მდგომარეობისათვის კატასტროფული შედეგებით. ამას შეეფარდება საიმედოობის ზომა $P_s = 0,99999 \div 0,999999$, რომლის შესაბამისი საიმედოობის ინდექსი (სტანდარტების რიცხვი) $\gamma = 4.26 \div 4.75$ მეტად დიდია – საინჟინრო პრაქტიკაში არ პოულობს რეალურ სტატისტიკურ ასახვას [37]. ამიტომ შენობა-ნაგებობათა საიმედოობის ხარისხისაგან განსხვავებით, ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების (რომელთა ლოკალური ზიდვის უნარის კარგვა ვერ გამოიწვევს ნაგებობების სრულ რღვევას) მტყუნების ალბათობას ვიღებთ $P_f = 10^{-3}$, შესაბამისი საიმედოობის ზომით (უზრუნველყოფით) $P_s = 0,999$ და უსაფრთხოების მახასიათებელი $\gamma = 3.09$.

(19) განტოლებაში შემავალი სიდიდეების შესაბამისი მნიშვნელობების შეტანის შედეგად, ჩვენს მიერ მიღებული (მტყუნების ალბათობით დადგენილი) უსაფრთხოების მახასიათებლის და ვარიაციის კოეფიციენტის საფუძველზე, განისაზღვრება გარეცენტრული კუმშვის დროს საანგარიშო წინაღობის (ზიდვის უნარის) შემამცირებელი კოეფიციენტების სპექტრი, როგორც სიმეტრიული, ისე ასიმეტრიული განივი კვეთის ღეროებისათვის, ტოლფასი საიმედოობის უზრუნველყოფით.

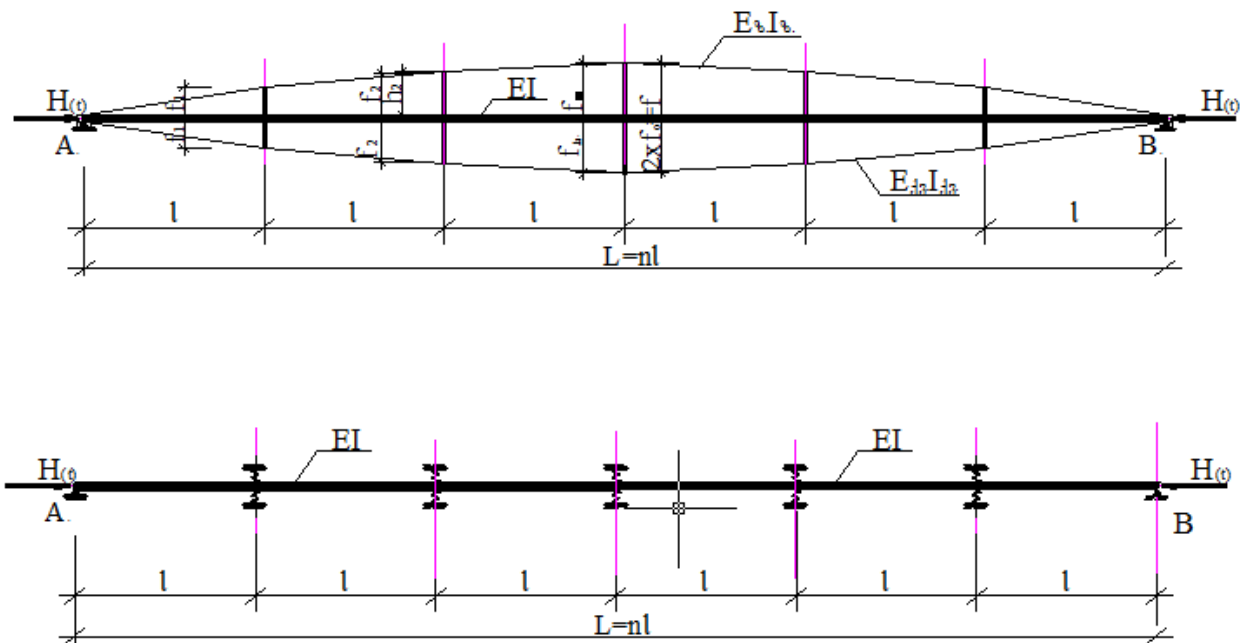
§ III.4 მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის აეროდინამიკურ მდგრადობაზე გაანგარიშება

შემოთავაზებული ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის პროექტირების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია აეროდინამიკურ მდგრადობაზე გაანგარიშება. აღნიშნულ საკითხზე გამოკვლევები მოცემულია მრავალი ცნობილი მეცნიერის მონოგრაფიებში. კერძოდ ა. ფ. სმირნოვის [43], ი. ი. გოლდენბლატის [44] ვ. ვ. ბალოტინის [45]) ი. კ. მელაშვილის [46] და სხვათა ნაშრომებში.

როგორც ცნობილია სისტემების აეროდინამიკური მდგრადობის ამოცანა დადის ხილლის ანდა მატეის განტოლების ამოხსნაზე. მატეის განტოლების შედარებით სრული თეორია მოცემულია ნაშრომში [47]. უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის ხილლისა ანდა მატეის ტიპის განტოლების ზუსტი ამონახსნის მეთოდი არ არსებობს, კერძოდ, არ არის პარამეტრულ სისტემაში გადასვლის პროცესის ზუსტი მეთოდი. ამიტომ სისტემების აეროდინამიკური მდგრადობის ამოცანის გადაწყვეტისას იყენებენ სხვა და სხვა სახის მიახლოებით მეთოდებს, რომლებიც გარკვეული სიზუსტით საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სისტემის არამდგრადი ზონები, ხოლო არაწფრივი ამოცანის შემთხვევაში იძლევა რხევის ამპლიტუდების შეფასების საშუალებას.

შემოთავაზებული ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქცია წარმოადგენს უგამრჯენო სისტემას. გამბრჯენ ძალებს ღებულობს მისი ხისტი ნაწილი, რომელიც შეიძლება შესრულებული იყოს ან პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწეებისაგან, ანდა სწორხაზოვან, მთლიანკედლიან ან გამჭოლი კოჭოვან კონსტრუქციებისაგან (რომლებიც რადიალურად არიან განლაგებული რვაწახნაგა ფორმის პრიზმების ოთხ წახნაგზე-ფერდზე). ხისტი ნაწილის კონსტრუქციული გადაწყვეტა დამოკიდებულია გადასასვლელის მაღის ზომაზე და ადგილმდებარეობის კლიმატური პირობებზე. როცა კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი შესრულებულია თაღოვანი წამწეებისაგან, მაშინ მისი აეროდინამიკურ მდგრადობაზე გაანგარიშება წარმოებს როგორც ცვლად სიხისტიანი ღეროს, ხოლო როცა ხისტი ნაწილი შესრულებულია კოჭოვან კონსტრუქციებისაგან-მუდმივ სიხისტიანი ღეროს. უნდა აღინიშნოს, რომ რვაწახნაგა ფორმის პრიზმების ოთხ წახნაგზე რადიალურად განლაგებულ ღვარებზე, ვერტიკალურ

და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში, განთავსებული საკოჭები (ოთხი ცალი ბაგიროვანი შპრენგელი) და ხისტი ნაწილის სივრცითობა



ნახ. III.3 შემოთავაზებული კონსტრუქციის დიფერენცირებული საანგარიშო სქემა აეროდინამიკური გაანგარიშებისას

უზრუნველყოს კონსტრუქციის საერთო აეროდინამიკური მდრადობის გაზრდას (ამაღლებას).

შემოთავაზებული უგამრჯენო ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის სისტემაზე ძირითადად მოქმედებს მუდმივი, ქარისა და სეისმური დატვირთვები.

ქარისა და სეისმური დატვირთვების ზემოქმედებისაგან კომბინირებული უგამრჯენო სისტემამ შეიძლება შეასრულოს დეტერმინებული ან იძულებითი რხევები. იმ შემთხვევაში თუ სისტემა იმყოფება რხევით მოძრაობაში, მაშინ მის ხისტ ნაწილზე გადაეცემა ცვლადი მკუმშავი ძალა, რომელიც კონსტრუქციის ბაგიროვანი და მისი ხისტი ნაწილის საკუთარი რხევის გარკვეული (რომელიმე კონკრეტულ) მნიშვნელობების ფარდობისას კომბინირებულ სისტემას მიიყვანს პარამეტრულ რეზონანსამდე. ანუ აღნიშნული მოვლენის განვითარებისას ადგილი ექნება კომბინირებული სისტემის წინასწარდაძაბული ხისტი ნაწილი აეროდინამიკურ მდგრადობის კარგვას.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გამო აუცილებელია განისაზღვროს ის პარამეტრები რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება შემოთავაზებული

ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის აეროდინამიკურ მდგრადობა.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის დიფერენცირებულ (მიახლოებით) საანგარიშო სქემად (ნახ.-1) აღებულია ვერტიკალურ სიბრტყეში განლაგებული საკოჭები და მის ცენტრალურ ნაწილში განთავსებული ხისტი ნაწილი, ანუ, საანგარიშო სქემა მიყვანილია ორშრიან კომბინირებულ ბაგროვან წამწის საანგარიშო სქემაზე და წინამდებარე გაანგარიშება წარმოებს ანალოგიური კონსტრუქციების გაანგარიშების [46] მეთოდით. სისტემის რადიალურად განლაგებული დგარები მიხნეულია როგორც დრეკადი საყრდენები.

წინამდებარე გაანგარიშებაში მიღებულია შემდეგი დაშვებები: 1. კომბინირებული სისტემა ასრულებს რხევას ჰარმონიული კანონით, სისშირე φ , ამპლიტუდა A ; 2. წინასწარდაძაბული დერო განთავსებულია ცვლად საგების კოეფიციენტიან (K) დრეკად ფუძეზე; 3. სისტემა აუცილებლად გაივლის რეზონანსულ მოვლენას და მოძრაობა აღიწერება მატეის განტოლებით.

განიხილება შემთხვევა როდესაც კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი დატვირთულია შემდეგი ძალებით;

$$P_1 = P_0 \cos \frac{\varepsilon_t t^2}{2}; \quad P_2 = H_{სტ.} + H_0 \cos 2 \cdot \Omega \cdot t \quad (III.54)$$

მაშინ სახუნის ძალების გათვალისწინებით მოძრაობის განტოლებას ექნება შემდეგი სახე:

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \mu_0 EI \frac{\partial^5 y}{\partial x^4 \partial t} + \rho F \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + P_2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + ky = f(x, t) \quad (III.55)$$

სადაც EI -ხისტი ნაწილის სიხისტე; μ_0 -წინალობის კოეფიციენტი; ρF - განსახილველი დეროს ერთეული სიგრძის მასა; k - საგების კოეფიციენტი.

განტოლების (III.55) ამონახსნი შეგვიძლია მივიღოთ მწკრივის სახით რომელიც უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ სასაზღვრო პირობებს:

$$y(x, t) = \sum y_n(t) \sin \frac{n\pi x}{l} \quad (III.56)$$

მწკრივის (III.56) განტოლებაში (III.55) შეტანით მიიღება:

$$\frac{\partial^2 y_n}{\partial t^2} + \mu_m \frac{\partial y_n}{\partial t} + \omega_n^2 (1 - k_n \cos 2\Omega t) y_n = \frac{P_n}{m} \cos \frac{\varepsilon_t t^2}{2} \quad (III.57)$$

აქ შემოტანილია შემდეგი აღნიშვნები: $\mu_m = \mu_0 \frac{EI}{m} \left(\frac{n\pi}{t}\right)^4$; $\rho F = m$; $k_n = \frac{k}{m}$;

$$k = \frac{128(1 + \alpha_{01}) E_{\text{ჰ3}} F_{\text{ჰ3}} f_{\text{ჰ3}}^2}{3m_{\text{ჰ3}}^2 t^2}; H_0 = \frac{16AE_{\text{ჰ3}} F_{\text{ჰ3}} f_{\text{ჰ3}}}{3m_{\text{ჰ3}}^2 t^2} (1 - \alpha). \quad (n = 1, 2, 3 \dots);$$

$$\alpha = \frac{m_{\text{ჰ3}}^2 E_{\text{ვ6}} F_{\text{ვ6}} f_{\text{ვ6}}}{m_{\text{ვ6}}^2 E_{\text{ჰ3}} F_{\text{ჰ3}} f_{\text{ჰ3}}}; \alpha_1 = \frac{m_{\text{ჰ3}}^2 E_{\text{ვ6}} F_{\text{ვ6}} f_{\text{ვ6}}^2}{m_{\text{ვ6}}^2 E_{\text{ჰ3}} F_{\text{ჰ3}} f_{\text{ჰ3}}^2}; H_0 = 0 \quad (n = 2, 4, 6 \dots);$$

$$P_n = 2P_0; \omega_n^2 = \overline{\omega_n^2} - \overline{\omega^2 H_{\text{სფ.}}} + \overline{k}; \overline{\omega_n^2} = \frac{EI}{m} \cdot \frac{n^4 \pi^4}{L^4};$$

$$\overline{\omega^2 H_{\text{სფ.}}} = \frac{H_{\text{სფ.}}}{m} \cdot \frac{n^2 \pi^2}{L^2}; k_n = \frac{\omega^2 H_{\text{სფ.}}}{\omega_n^2}; \overline{\omega^2 H_{\text{გობ.}}} = \frac{H_{0(\text{გობ.})}}{m} \cdot \frac{n^2 \pi^2}{L^2};$$

(III.58)

აქ, $m_r = S_r/L$ -ბაგირის სიგრძის ფარდობა მალთან; n - შპრენგელური სისტემის რხევის ფორმების რიცხვი.

განტოლების (III.57) ამოსახსნელად შემოვიტანოთ ახალი ფუნქცია $R_{e\phi_n} = y(t)$, n - ინდექსების გარეშე (III.57) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} + \mu_1 \frac{\partial \phi}{\partial t} + \omega^2 (1 - k_n \cos 2\Omega t) \phi = \frac{P}{m} e^{-i \frac{\varepsilon t^2}{2}} \quad (III.59)$$

შემოვიტანოთ ახალი ცვლადები $\tau = \Omega t$; $\phi(t) = y(\tau) \exp(-i \mu \frac{\tau}{2})$,

რომელიც (III.58) განტოლებას მიიყვანს მატიეს სტანდარტულ განტოლებამდე:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial \tau^2} + (a - 2q \cos 2\tau) y = f(\tau), \quad (III.60)$$

სადაც

$$f(\tau) = \frac{P}{m\Omega^2} \exp\left(\frac{\mu\tau}{2} - i \frac{\varepsilon\tau^2}{2}\right); \quad \mu = \frac{\mu_1}{\Omega}; \quad \varepsilon = \frac{\varepsilon_1}{\Omega^2};$$

$$a = \left(\frac{\omega}{\Omega}\right)^2 - \frac{\mu^2}{4}; \quad 2q = k \left(\frac{\omega}{\Omega}\right)^2 \quad (III.61)$$

საწყისი პირობების ნულის ტოლობის შემთხვევაში განტოლებას (III.60) აქვს შემდეგი სახე:

$$y(\tau) = \frac{y_2(\tau)}{c^2} + \int_0^\tau f(\tau)y_1(\tau)d\tau - \frac{y_1(\tau)}{c^2} - \int_0^\tau f(\tau)y_2(\tau)d\tau, \quad (\text{III.62})$$

სადაც $y_1(\tau)$ და $y_2(\tau)$ -შესაბამისი ერთგაროვანი განტოლების კერძო ამონახსნები; c^2 -ბრონსკის დეტერმინანტი, რომელიც ტოლია $y_1(0)y_2(0)$. ვუშვებთ, (ვვარაუდობთ) რომ $y_1(\tau)e^{-i\beta\tau}$ და $y_2(\tau)e^{-i\beta\tau}$ არის τ ფუნქციის პერიოდული ფუნქციებია. ამიტომ, a და q პარამეტრების მნიშვნელობიდან გამომდინარე, ამ ფუნქციების პერიოდები იქნება π და 2π .

როცა პერიოდი π ტოლია, მაშინ

$$y_1(\tau) = e^{i\beta\tau} \sum_{r=-\infty}^{\infty} c_{2r} e^{i2r\tau}; \quad y_2(\tau) = e^{-i\beta\tau} \sum_{r=-\infty}^{\infty} c_{2r} e^{i2r\tau} \quad (\text{III.63})$$

სადაც c_2 და β -მუდმივი კოეფიციენტები, რომელთა გამოთვლის ხერხები მოცემულია მატიეს განტოლების თეორიაში.

(III.61) განტოლების დამოკიდებულებების (III.62) განტოლებაში შეტანით მიიღება $P = \text{const}$ შემთხვევისათვის მატიეს სტანდარტულ განტოლება შემდეგი სახით;

$$y(\tau) = \frac{P}{mc^2\Omega^2} \left\{ y_2(\tau) \sum_{r=-\infty}^{\infty} c_{2r} \int_0^\tau \exp(\gamma_{2r} + \frac{1}{2}\mu\tau) d\tau - y_1(\tau) \sum_{r=-\infty}^{\infty} c_{2r} \int_0^\tau \exp(\delta_{2r} + \frac{1}{2}\mu\tau) d\tau, \right. \quad (\text{III.64})$$

სადაც

$$\gamma_{2r} = \frac{1}{2}i\varepsilon\tau^2 + i(2r + \beta)\tau; \quad \delta_{2r} = -\frac{1}{2}i\varepsilon\tau^2 - i(2r + \beta)\tau. \quad (\text{III.65})$$

შემოვიტანოთ ახალი ცვლადები, როცა $2r > 0$

$$U_{2r} = \frac{1-i}{2\sqrt{\xi}} \left(\xi_r - 2r - \beta + i\frac{\mu}{2} \right); \quad U_{2r} = \frac{i-1}{2\sqrt{\xi}} \left(\xi_r + 2r + \beta + i\frac{\mu}{2} \right);$$

როცა $2r < 0$, $\xi_{2r} = -U_{2r}$; $\zeta_{2r} = -U_{2r}$.

შემოტანილი გამოსახულებების გამოყენებით მატიეს სტანდარტულ განტოლება (III.64) მიიღებს შემდეგ სახეს;

$$\begin{aligned} \phi(\tau) = y(\tau) e^{-\frac{\mu\tau}{2}} = \frac{1-i}{2mc^2} \cdot \frac{P}{\Omega^2} \sqrt{\frac{\pi}{\xi}} \{ y_2(\tau) [\sum_{r=-\infty}^{\infty} c_{2r} (W_{(v_{2r})} \exp \gamma_{2r} - \\ - W_{(u_{2r}^0)} e^{-\frac{\mu\tau}{2}}) - \sum_{r=1}^{-\infty} c_{2r} (W_{(\xi_{2r})} \exp \xi_{2r} - W_{(\xi_{2r}^0)} e^{-\frac{\mu\tau}{2}})] + \\ + y_1(\tau) [\sum_{r=0}^{\infty} c_{2r} (W_{(v_{2r})} \exp \delta_{2r} - W_{(u_{2r}^0)} \exp(-\frac{\mu\tau}{2})) - \\ - \sum_{r=-1}^{-\infty} c_{2r} (W_{(\xi_{2r})} \exp \delta_{2r} - W_{(\xi_{2r}^0)} \exp(-\frac{\mu\tau}{2}))] \}, \end{aligned} \quad (III.66)$$

სადაც $u_{2r}^0, v_{2r}^0, \xi_{2r}^0, \zeta_{2r}^0$ - როცა $\tau = 0$, $u_{2r}, v_{2r}, \xi_{2r}, \zeta_{2r}$ პარამეტრების მნიშვნელობები, ხოლო W - კომპლექსური არგუმენტიდან ალბათური ინტეგრალი

$$W_{(z)} = e^{-z^2} \left(1 + \frac{2i}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-z^2} dz \right)$$

$[\phi(\tau)]$ მოღული წარმოადგენს რხევითი პროცესის ამღწერ აღმაველ მრუდს, რომელიც უზვენებს განსახილველი სისტემის ამპლიტუდების ცვლილების კანონზომიერებას.

მიღებული ამოხსნის (გადაწყვეტის) შედეგების მუდმივი პარამეტრების მქონე სისტემის ამონახსნის შედეგთან შედარების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ პარამეტრები $\omega_r = |2r + \beta|$ ($\pm r \pm 0, 1, 2, 3, \dots$) (III.67) შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც სისტემის უგანზომილო საკუთარი სიხშირეების სპექტრი, რომელთაგან ძირითადი სიხშირე არის ის სიხშირე, რომლის მნიშვნელობა ყველაზე ახლოსაა $k\sqrt{a}$ მნიშვნელობასთან. განსახილველ სისტემას მუდმივ პარამეტრების მქონე სისტემისაგან განსხვავებით, გააჩნია არა ერთი რეზონანსი, არამედ მისი მნიშვნელობების უსასრულო სიმრავლე. აღნიშნულიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ განსახილველ სისტემაში სიხშირეების სიმრავლეთა შორის რამოდენიმე შედეგს (ძირითადი სიხშირის, მაქსიმალურ-პირველი მნიშვნელობას) შეიძლება ქონდეს პრაქტიკული მნიშვნელობა.

$[\phi(\tau)]$ მოდულის მნიშვნელობა და სიხშირეების სპექტრი, როცა ფუნქციების $y_1(\tau) \exp(-i\beta\tau)$ და $y_2(\tau) \exp(i\beta\tau)$ პერიოდი ტოლია 2π , გამოითვლება (III.66) და (III.67) ფორმულების გამოყენებით, მათში $2r$ -ის $2r+1$ -ით შეცვლის გათვალისწინებით. სიხშირეების მნიშვნელობები განისაზღვრება a და b პარამეტრებით.

როცა $p=0$ მიიღება მატეის სტანდარტული განტოლება (III.60), რომლის გამოყენებით (დახმარებით), ასევე a და b პარამეტრებზე დაყრდნობით განისაზღვრება (ბ. ა. ბოდნერის უტოლობების მიხედვით და აინსა-სტრეტის დიაგრამების გამოყენებით) სისტემის მდგრადი და არამდგრადი რხევების არეები.

სისტემის წერტილები, რომლებთანაც შესაძლებელია არამდგრადი რხევების წარმოშობა (დადგომა), განისაზღვრება (III.55) ფორმულის კომბინირებულ ვარიაციული მეთოდით ამოხსნით, როცა $f(x,t) = 0$

$$\varphi_n + \frac{\mu n^2 \pi^2}{2mL^2} = \omega_n \left[1 - (H_{სტ.} + H_{დინ.}) \frac{n^2 \pi^2}{mL^2 \omega_n^2} + \frac{k}{m\omega_n^2} + \frac{\mu n^4 \pi^4}{4m^2 L^4 \omega_n^2} \right]^{1/2} \quad (III.68)$$

კერძო შემთხვევაში, როცა $\mu = 0$ და $H_{დინ.} = 0$, (III.68) ფორმულას აქვს შემდეგი სახე

$$\varphi_n = \frac{n^2 \pi^2}{L^2} \sqrt{\frac{E_{ფ.} I_{ფ.}}{m} \left(1 - \frac{H_{სტ.} L^2 n}{m \pi^2 E_{ფ.} I_{ფ.}} + \frac{\mu n^4 \pi^4}{4m^2 L^4 \omega_n^2} \right)} \quad (III.69)$$

როცა $k = 0$ მიიღება საყრდენებში სახსრულად დაყრდნობილი (ჩამაგრებული) შეკუმშული ღეროს სიხშირის ცნობილ ფორმულას

$$\varphi_n = \omega_n \sqrt{1 - \frac{H_{სტ.}}{P_{ეილ.}}} \quad (III.70)$$

სადაც $\omega_n = \frac{n^2 \pi^2}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$ - ორ საყდენზე განთავსებული ღეროს თავისუფალი

რხევის სიხშირე; $P_{\text{ელ.}}$ - ეილერის კრიტიკული ძალა.

როგორც შესავალში აღინიშნა, ზემოთ მოყვანილი აეროდინამიკურ მდგრადობაზე გაანგარიშება ჩატარებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის დიფერენცირებული (მიახლოებით) საანგარიშო სქემის გამოყენებით.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის, როგორც სივრცითი კომბინირებული სისტემის აეროდინამიკურ მდგრადობაზე გაანგარიშება ჩატარება შესაძლებელია სამშენებლო კონსტრუქციების საანგარიშო ტიპური პროგრამების გამოყენებით, რომლის შესახებ ნაშრომი შეიცავს ცალკე პარაგრაფს.

§ III. 5 ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული

კონსტრუქციის გაანგარიშება ტიპური პროგრამების გამოყენებით.

ნაშრომში წარმოდგენილია ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის გაანგარიშება სამშენებლო კონსტრუქციების საანგარიშო ტიპური პროგრამების გამოყენებით [48].

დღეისათვის არსებობს პერსონალურ კომპიუტერებზე სამშენებლო კონსტრუქციების გასაანგარიშებელი ტიპური პროგრამები, რომელთა გამოყენებით შესაძლებელია გასაანგარიშებელი კონსტრუქციის ისეთი იდიალიზირებული მოდელის შექმნა, რომელიც უახლოვდება კონსტრუქციის ნამდვილ მუშაობას [48,49].

ხსენებული მოდელის რეალურ კონსტრუქციის მუშაობასთან მიახლოების ხარისხი დამოკიდებულია ინჟინერ-კონსტრუქტორის კვალიფიკაციაზე და გამოსათვლელი კომპლექსის სიმძლავრეზე.

სამშენებლო კონსტრუქციების გაანგარიშების აღნიშნულ ტიპურ პროგრამებს საფუძვლად უდევს, სამშენებლო მექანიკაში გავრცელებული სასრულ ელემენტთა მეთოდი. გაანგარიშება იწყება, როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, კონსტრუქციული სქემის მოდელის შექმნით. პირველ ეტაპზე განისაზღვრება კონსტრუქციის გეომეტრია, კერძოდ კვანძების კოორდინატები,

შემდეგ ეტაპზე საორიენტაციო განიკვეთებსა და შესაბამის მასალის დრეკადობის მოდული და სხვა საჭირო მექანიკურ მახასიათებლები.

კონსტრუქციის ტიპური პროგრამების გასანგარიშებელი პროგრამის გამოყენება შეუძლებელია საორიენტაციო გაანგარიშების გარეშე, ანუ ბიჯური მეთოდის გამოყენების გარეშე. სადოქტორო ნაშრომში მოცემული ანალიზური გაანგარიშებები საკმარისია საწყისი მონაცემების შესაქმნელად, ანუ ისინი ითვლება კონსტრუქციითა გაანგარიშების პირველ მიახლოებად.

ზემოთაღნიშნულის საილუსტრაციოდ გამოყენებულია უკრაინის ქალაქ კიევის სამეცნიერო ინსტიტუტის ავტომატიზირებული სისტემების (დაგეგმა და მართვა მშენებლობაში) ვარიანტი LIRA ПК 9.6. მიღებული შედეგები მოცემულია დანართების სახით.

თავი - IV. მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის

წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის

კონსტრუირების საკითხები

§ IV.1. შემოთავაზებული ხალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის მოქნილი ელემენტების (ბაგირების) შეერთების კვანძების გაანგარიშება და ელემენტების განივი კვეთების შერჩევა.

შემოთავაზებული ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის პროექტირების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია ხისტი და მოქნილი ელემენტების (ბაგირების) შეერთების კვანძების გაანგარიშება.

ვინაიდან კონსტრუქციაში გამოყენებული ბაგირების მოხაზულობა ტეხილია, საჭიროა მათი ხისტი (დგარებთან) შეერთების კვანძებში არსებული კლემის (მომჭერის) გაანგარიშება და კონსტრუქციული შეზღუდვებისა და მოთხოვნების განსაზღვრა, რომლებიც ადგილობრივ გადაძაბვებს, ცვეთასა და შესაერთებელი ელემენტებთან გაცურებას გამორიცხავს.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის მოქნილი ელემენტებად (როგორც ბაგიროვან ხიდებში ასევე ორშრიან სისტემებში) გამოყენებული უნდა იქნას დახურული ტიპის წნული და სპირალური ბაგირები, რადგან ერთ და მრავალწნულიანი

ბაგირების გამოყენების დროს, მომჭერებისაგან არძრულმა ძაბვამ შეიძლება დააზიანოს ისინი და გამოიწვიოს მათი ნაადრევი ცვეთა.

რადიანული ძაბვების თანაბრად განაწილების მიზნით მომჭერების (კლემების) კონსტრუირებისას აუცილებელია მასში გასატარებელი ბაგირის მოხაზულობის ფორმის მიხედვით დამზადება.

საყურადღებოა ის გარემოება, რომ მზიდ ბაგირებში გამჭიმავი ძალის გაზრდისას (ექსპლუატაციის პერიოდში) თანმდევია მათი დიამეტრების შემცირება, რაც იწვევს მომჭერების ძალის შემცირებას. აღნიშნულის გამო საჭიროა შემოჭერის ძალის კორექტირება ანდა ბაგირის განივი კვეთის შერჩევისას აღნიშნული ძაბვის დაწვევის გათვალისწინება. არსებობს რეკომენდაციები (გაანგარიშების მეთოდი) ბაგირის მავთულში ძაბვის სიდიდის დასადგენად, ღერძული და განივი ძალის ერთობლივი ზემოქმედების დროს. ბაგირზე მოქმედი განივი ძალა შედგება ორი სახის ზემოქმედებისაგან; ა) ლიპყინულის დროს ქარის ზემოქმედებისაგან და ბ) მომჭერის მოჭერისაგან წარმოშობილი ძალისაგან.

ქარის ზემოქმედებისაგან განივი ძალის გაანგარიშება წარმოებს მთლიანი სისტემისა და უშუალოდ კვანძების გაანგარიშების დროს, ხოლო მომჭერებისაგან აღძრული განივი ძალა დამოკიდებულია კვანძის სახეობაზე და გასხლეტის ძალის სიდიდეზე. ამ უკანასკნელზე დგინდება მისი სიდიდის ზღვრული მნიშვნელობა, რომელიც განისაზღვრება აგებული გადასასვლელების მშენებლობის გამოცდებისა და კვლევების საფუძველზე დადგენილი მონაცემების მიხედვით. (В.В. Михайлов, Предварительно напряженные комбинированные и вантовые конструкции) როდესაც ბაგირზე მოქმედებს ქარის პულსაციური დატვირთვა (55-75 მმ დიამეტრის ბაგირებში) და მასში ძალის ცვლილება არის 100 მპა, მომჭერისაგან მოჭერის ზღვრული ძალა 300 მპა-ს ტოლია, ხოლო როცა ბაგირი უშუალოდ მომჭერის ფოლადის ზედაპირს ეხება, იგი უნდა შემცირდეს 180 მპა-მდე. გერმანული ნორმების [50,51] როდესაც ბაგირი ეხება უშუალოდ მომჭერის ფოლადის ზედაპირს, განივი ძალის ზღვრული მნიშვნელობა 40 მპა-ს ტოლია, ხოლო როცა ბაგირი მომჭერთან შეერთებულია რბილი სადენების გამოყენებით, იგი 100 მპა-ს ტოლია.

როგორც ზევით იყო არნიშნული, ბაგირში ძალის გადიდება იწვევს მომჭერის მომჭიმავი ძალის შემცირებას და შესაბამისად კვანძის მუშაობის გაუარესებას. დახურული ტიპის ბაგირის შეერთების კვანძის დატვირთვების ქვეშ მუშაობის

გასაუმჯობესებლად საჭიროა მომჭერის ბუდის სისქის გაანგარისება და შეზღუდვა [50]. კერძოდ;

$$h_{\text{კლ.ბუდე}} \leq \frac{N_{SV}}{R_p * b_{cl}} \sqrt{\frac{4 * R_p * b_{cl} (l - \frac{D_{cl}}{2})}{N_{SV}}} + 1 \quad (\text{IV.1})$$

სადაც; $h_{\text{კლ.ბუდე}}$ - კლემის ბუდის სისქეა; N_{SV} -ჭანჭიკის წინასწარი დაჭერის ძალა;
 R_p - ბაგირის საანგარიშო წინალობა; b_{cl} - ერთ ჭანჭიკზე მოსული კლემის სიგანე; l - ბაგირის ღერძიდან ჭანჭიკის ღერძამდე მანძილი; D_{cl} - კლემის შიგა დიამეტრი.

ზღვრული მოჭიმვის ძალის (ΔN_{SV}) სიდიდე, ბაგირში გრძივი ძალის გაზრდის შემთხვევაში, ანუ ცვლილებისას, გამოითვლება ფორმულით [50]:

$$\Delta N_{SV} = \frac{\Pi * D_{cl} * \Delta F_c}{E_p * A_c} * \mu_c \frac{1}{\frac{\Pi * D_{cl}}{2 * B_{cl} * h_{\text{კლ.ბუდე}} * E_{cl}} + \frac{2 * l_s}{E_s * A_s}} \quad (\text{IV.2})$$

სადაც;

ΔN_{SV} - ჭანჭიკში წინასწარი დაჭიმვის ძალის შემცირების სიდიდე;

ΔF_c - ბაგირში ძალის ცვალებადობის სიდიდე;

E_p - ბაგირის დეფორმაციის მოდულის სარგებლო დატვირთვის ზემოქმედებისას;

A_c - ბაგირის მთლიანი განივი კვეთის ფართობი;

μ_c - ბაგირის განივი დეფორმაციის კოეფიციენტი;

E_{cl} - კლემის (მომჭერის) მასალის დეფორმაციის მოდული;

$l_s \approx 2h_{\text{კლ.ბუდე}}$ - ჭანჭიკის სიგრძე;

E_s - ჭანჭიკის მასალის დეფორმაციის მოდული;

A_s - ბაგირის მავთულების წნულის ფართობი;

ბაგირის განივი დეფორმაციის კოეფიციენტის წინასწარი განსაზღვრა, ჭანჭიკში მოჭიმვის ძალის დაკლებისგან განსაზღვრავათ, გამჭიმავი ელემენტებში სასარგებლო დატვირთვის ზემოქმედებისას მიიღება: =0,3 მავთულების წნულისათვის; =1,5 - სპირალური ბაგირებისათვის, რომლებიც წინასწარ გაჭიმული არ არიან; =0,8- სპირალური ბაგირებისათვის, რომლებიც წინასწარ არიან გაჭიმული.

ბაგირების და კლემების ზედაპირების კონტაქტის ზონებში გადატეხვის ადგილებში მისი გადაძაბვისა და ცვეთის მოკლების უზრუნველყოფისათვის

საჭიროა ბაგირში ძაბვის განსაზღვრისას გათვალისწინებული იქნას მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, ანუ ბაგირის სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას ძაბვა ტოლია:

$$\sigma_{\text{ბაგ}} = \frac{N}{A_m \cdot \gamma_k} \leq R_u \quad (\text{IV.3})$$

სადაც ბაგირის საანგარიშო წინაღობა იანგარიშება ფორმულით:

$$R_u = \frac{\gamma_c \cdot \gamma_k}{\gamma_u \cdot \gamma_m \cdot \gamma_n} \cdot R_{um} \quad (\text{IV.4})$$

აქ; γ_c - ბაგირის ელემენტის მუშაობის პირობების საერთო კოეფიციენტი;

γ_k - მუშაობის პირობების კოეფიციენტია, რომელიც ითვალისწინებს ადგილობრივ ძაბვების გამომწვევ კონსტრუქციებს (კონცენტრატორები); $\gamma_u = 1,3$ - კონსტრუქციის საიმედოობის კოეფიციენტია, როდესაც კონსტრუქციის მასალის საანგარიშო წინაღობა დადგენილია გაგლეჯვაზე დროებითი წინაღობის მიხედვით;

$\gamma_m = 1,2$ - ბაგირის შემადგენელი მასალის საიმედოობის კოეფიციენტია;

γ_n - საიმედოობის კოეფიციენტია ნაგებობის დანიშნულებისა და პასუხისმგებლობის მიხედვით;

R_{um} - გამგლეჯი ძალის მიხედვით დადგენილი ბაგირის ნორმატიული წინაღობა.

ბაგირის საანგარიშო წინაღობის სიადიდე არ უნდა აღემატებოდეს $0,7 \cdot R_{um} \geq R_u$.

ბაგირის დგართან შეერთების კვანძი მოცემულია ნახაზზე IV.1.

ბაგირის განივი კვეთის საჭირო ფართობის შერჩევა წარმოებს ბაგირში გაანგარიშებით მიღებული გამჭიმავი H ძალის მიხედვით.

ბაგირის საჭირო განივი კვეთის ფართობი გამოითვლება ფორმულით:

$$A_{\text{საჭ}} = \frac{H}{\gamma_k \cdot \gamma_m \cdot \gamma_n \cdot R_{um}} \quad (\text{IV.5})$$

შერჩეული ბაგირის განივი კვეთის ფართობი უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას

$$A_{\text{შერჩ.}} \geq A_{\text{საჭ.}}$$

წინასწარ დაძაბვისას ძაბვების დანაკარგები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: I - წინასწარი დაძაბვის დამთავრებამდე და II - წინასწარი დაძაბვის შემდეგ.

$$\sigma = \sigma^I + \sigma^{II} \quad 3.48 \quad (\text{IV.6})$$

პირველ ჯგუფში ჩვენს შემთხვევაში შევა შემდეგი დანაკარგები:

- 1) ბაგირში ძაბვების რელაქსაცია, გამოწვეული კლემების (ბაგირის მომჭერების) და დამძაბავი ელემენტების შეერთების კვანძების დეფორმაციებით.
- 2) ტემპერატურათა სხვაობით, დაძაბულ ბაგირსა და დამჭერ მოწყობილობათა შორის.
- 3) ბაგირის ხახუნი კლემებზე .
- 4 ძაბვების დანაკარგები ბაგირის დაძაბვისას და მისი წაგრძელებისას, რომელიც შეიძლება გავიანგარიშოთ შემდეგნაირად $\Delta l = \frac{Hl}{EA}$, და ეს სიდიდე გავითვალისწინოთ მისი დაძაბვის პროცესში.

$$\sigma^I = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad 3.49 \quad (\text{IV.7})$$

მეორე ჯგუფში შევა:

- 1) ძაბვების რელაქსაციით გამოწვეული დანაკარგი დაძაბვის შემდეგ განვითარებული კონსტრუქციების საერთო დეფორმაციით.
- 2) გარემოს ტემპერატურათა სხვაობით დროთა განმავლობაში.

$$\sigma^{II} = \sigma_4 + \sigma_5 \quad 3.50 \quad (\text{IV.8})$$

ხისტი ელემენტების შეერთების კვანძების გაანგარიშება წარმოებს კონსტრუქციის ელემენტებში ძალოვანი ფაქტორების განსაზღვრის შემდეგ სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნათა შესაბამისად.

შეკუმშული ელემენტების მდგრადობაზე გაანგარიშება წარმოებს ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad 3.51 \quad (\text{IV.9})$$

φ - გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ელემენტის (დეროს) მოქნილობასა და მასალის საანგარიშო წინააღობაზე. შეკუმშული ელემენტებისათვის მოქნილობა λ მიიღება 80 ÷ 120-ის ზღვრებში. რეალური მოქნილობა გამოითვლება ფორმულით;

$$\lambda = \frac{L_0}{i_{min}}, \text{ აქ } L_0 = \mu \cdot L_{გეომ.}, i_{min} = \sqrt{\frac{I_{მინ.}}{A}}, \quad (\text{IV.10})$$

სადაც μ - ელემენტის კვანძებში ჩამაგრების სახეობის (ხისტი, სახსრული და კომბინირებული-ერთი ბოლო ხისტი, მეორე სახსრული. კოეფიციენტები აიღება სამშენებლო ნორმებიდან) გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი;

გაჭიმულ ელემენტებისათვის უნდა შესრულდეს პირობა:

$$:\sigma = \frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad 3.53$$

(IV.11)

R_y - არის მასალის საანგარიშო წინაღობა.

γ_c - მასალის მუშაობის პირობების გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი.

გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშება სიმტკიცეზე წარმოებს შემდეგი ფორმულით: როცა ელემენტზე უშუალოდ არ მოქმედებს დინამიკური დატვირთვები და

$\tau \leq 0.5R_s$ და $\frac{N}{R \cdot A} > 0.1$ იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{\text{სიმ.}} = \left(\frac{N}{A \cdot R \cdot \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x W_{x.\text{min}} R \cdot \gamma_c} + \frac{M_y \cdot x}{c_y W_{y.\text{min}} R \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (\text{IV.12})$$

სადაც: N, M_x და M_y - ელემენტზე მოქმედი მაქსიმალური ძალოვანი ფაქტორებია მათი ყველაზე არაეფსაყრელი შესამების დროს; n, c_x და c_y - კოეფიციენტებია, რომლებიც დამოკიდებულია ელემენტის განივი კვეთის ფორმაზე, თაროსა და კედლის ფართობების ფარდობაზე, y -სიბრტყეში მომენტის მნიშვნელობაზე (როცა M_y -ს მნიშვნელობა არ უდრის ნულს $n=1.5$) და მიიღება სამშენებლო ნორმების მითითებებიდან;

როცა $\frac{N}{R \cdot A} < 0.1$ და შესრულებულია პირობა $m_{ef} \leq 20$ გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშება სიმტკიცეზე წარმოებს შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{\text{სიმ.}} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_x} \pm \frac{M_y \cdot x}{I_y} \leq R \cdot \gamma_c \quad (\text{IV.13})$$

ხოლო, გაანგარიშება მდგრადობაზე წარმოებს შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{\text{მდგ.}} = \frac{N}{\varphi_{\text{ბ. ცენ.}} \cdot A} \leq R \cdot \gamma_c \quad (\text{IV.14})$$

სადაც $\varphi_{\text{ბ. ცენ.}}$ - გრძივი კუმშვის კოეფიციენტი გარეცენტრული კუმშვისას, რომელიც აიღება დაყვანილი მოქნილობის

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R}{E}} \text{ და ფარდობითი ექსცენტრისიტეტის } m_{ef} = \eta \cdot m, \quad (\text{IV.15})$$

აქ E - დრეკადობის მოდული; η - ელემენტის განივი კვეთის ფორმის

გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი; $m = \frac{e \cdot A}{W_c}$ - ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი, აქ

$e = M/N$ - ექსცენტრისიტეტი; A - განივი კვეთის ფართობი; W_c - განივი კვეთის

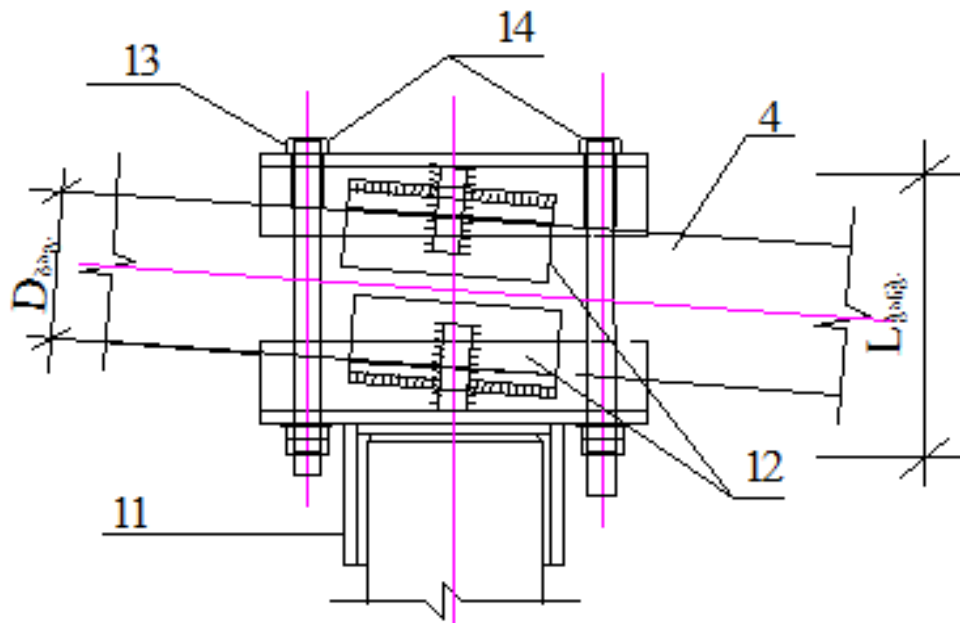
წინაღობის მომენტი ყველაზე უფრო შეკუმშული ბოჭკოს მიმართ.

პროექტირების ზოგადი მოთხოვნები შემდეგია: 1. კვანძში შემავალი ყველა ელემენტების დათვალიერების საშუალების არსებობა; 2. კვანძებში არ უნდა არსებობდეს კორიზონტალური სიბრტყეები; 3. შედარებით მცირე ზომის სწორი და წრიული მოხაზულობის ზედაპირების არსებობის უზრუნველყოფა და 4. საკვანძო ელემენტებისა და ხისტი ელემენტების ზედაპირებიდან წყლის ბუნებრივი ჩამოდვრის საშუალების არსებობა.

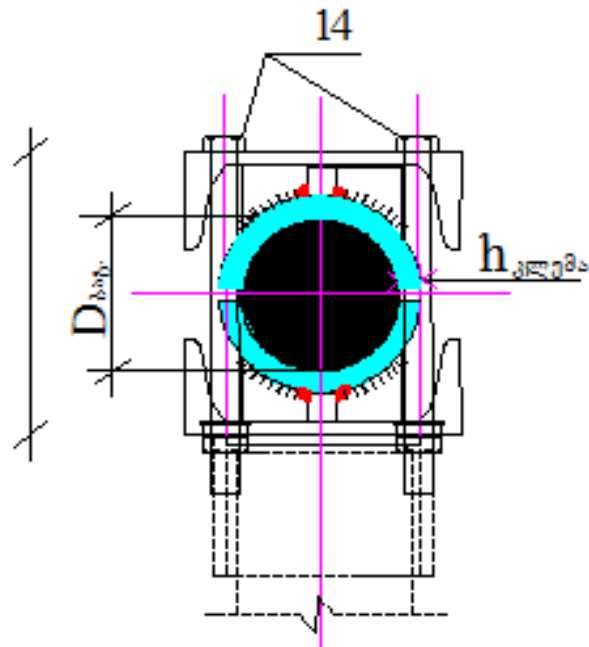
მიღებული შედეგების მიხედვით და კოროზიისაგან დაცვის მოთხოვნების გათვალისწინებით ჩატარებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის ძირითადი კვანძებისა და ელემენტების კონსტრუქცია.

დამუშავებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის სამი ვარიანტი:

1. კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი შესრულებულია პოლიგონალური მოხაზულობის წამწეებისაგან; 2. კონსტრუქციის ხისტი ნაწილი შესრულებულია სწორხაზოვანი მთლიანკედლიანი კოჭოვანი კონსტრუქციებისაგან და 3. კონსტრუქციის ხისტი ნაწილად გამოყენებულია მაგისტრალური მილსადენი. შედეგები მოცემულია IV-1 ÷ IV-15 ნახაზების სახით.

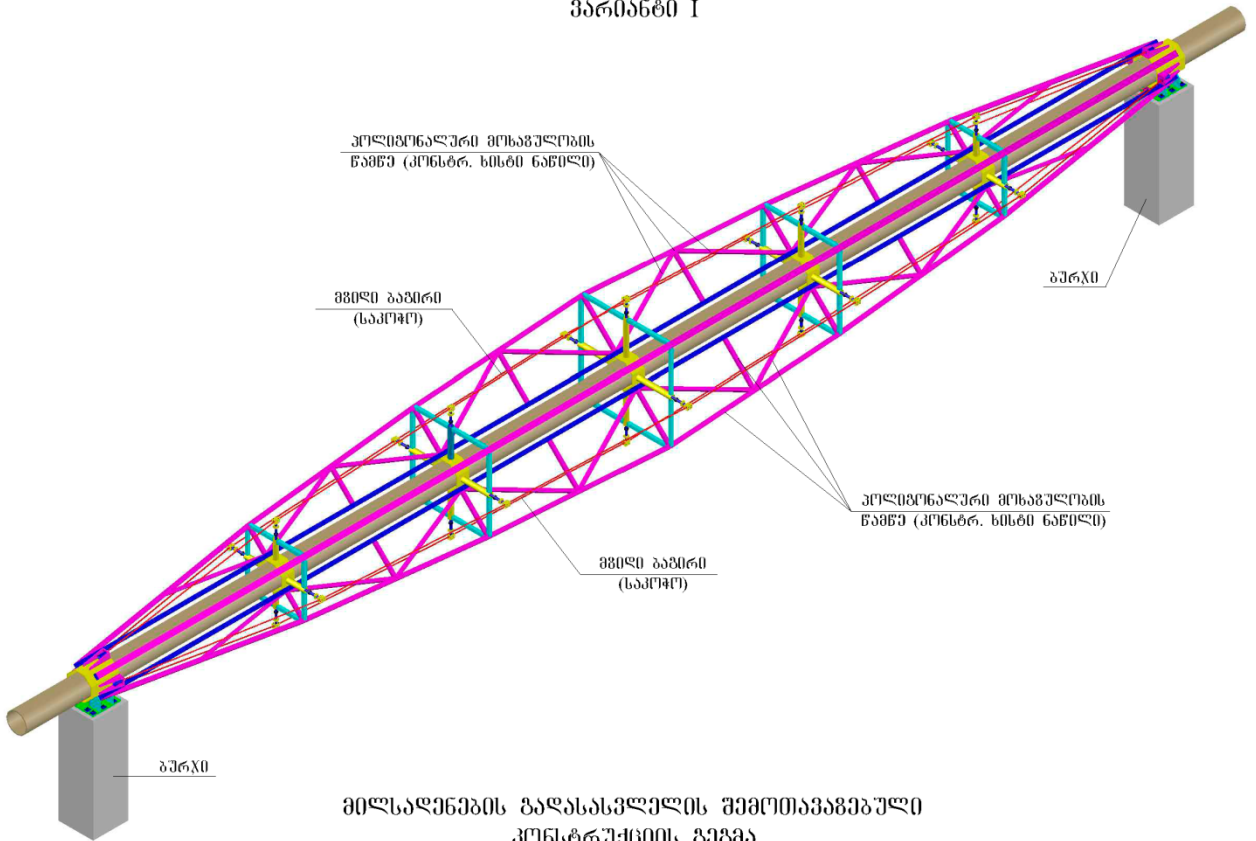


კვანძის განივი ჭრილი

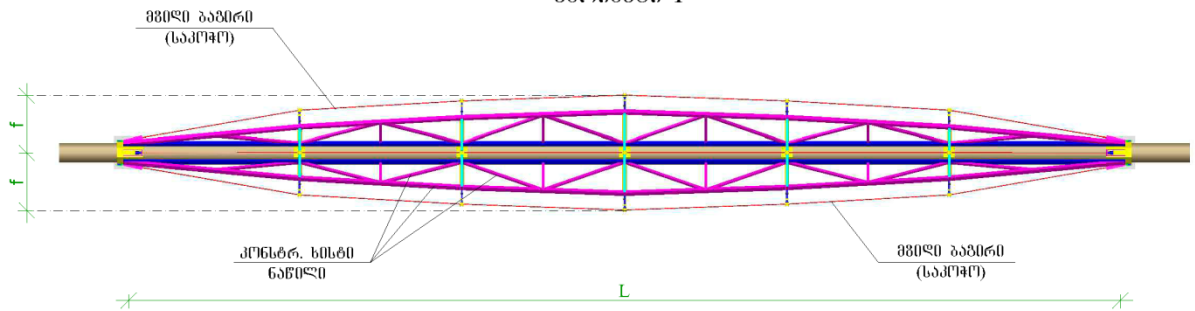


ნახ. IV.1 ბაგირის დგარებთან შეერთების კვანძი

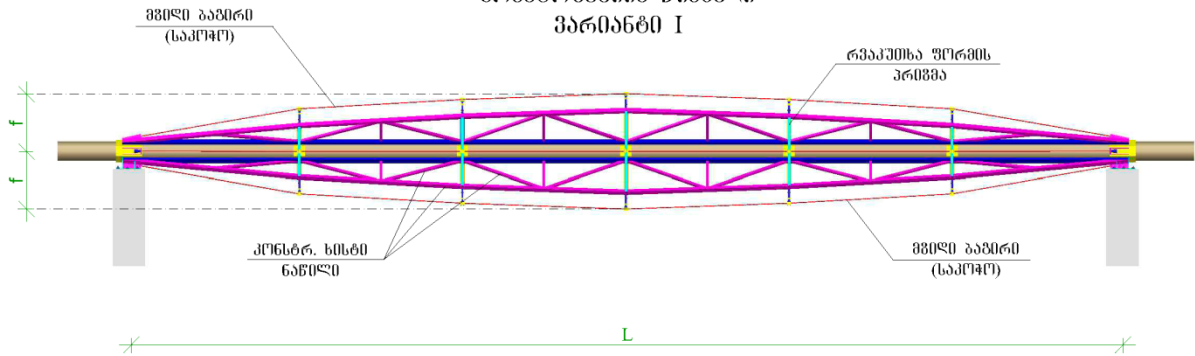
მილსაღენების გაღასკველის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის აქსონომეტრიულს სქემა
ვარიანტი I



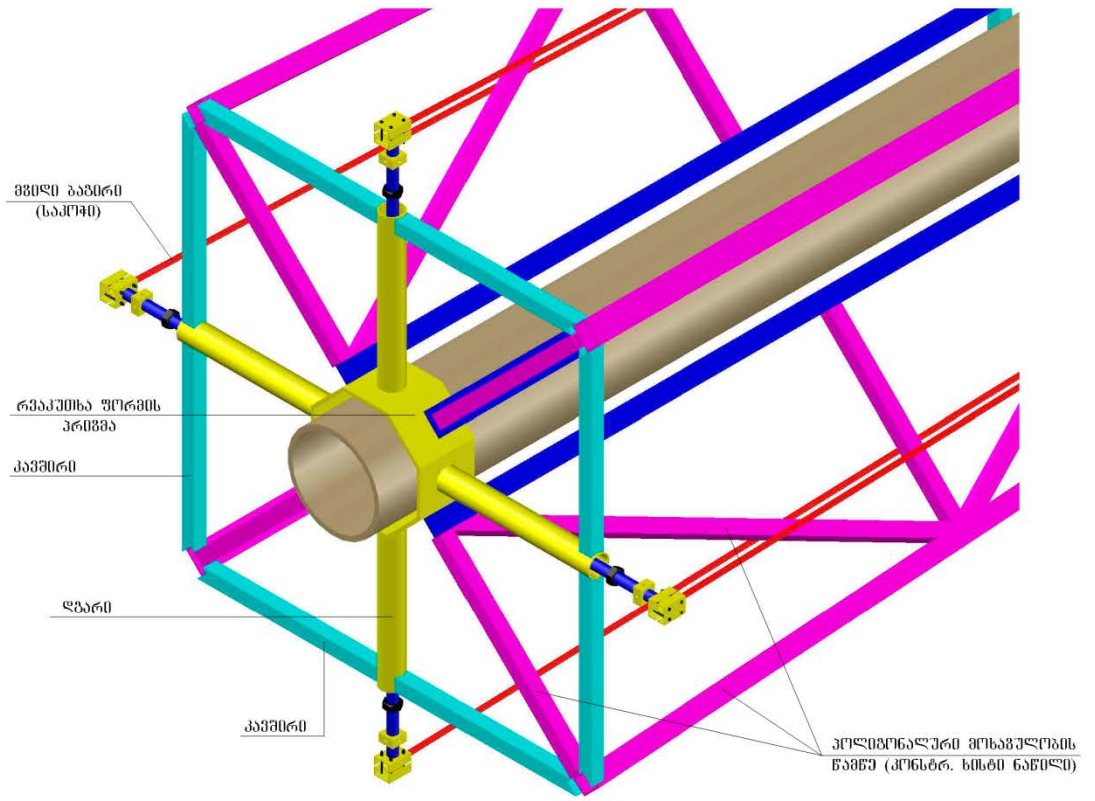
მილსაღენების გაღასკველის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის გეგმა
ვარიანტი I



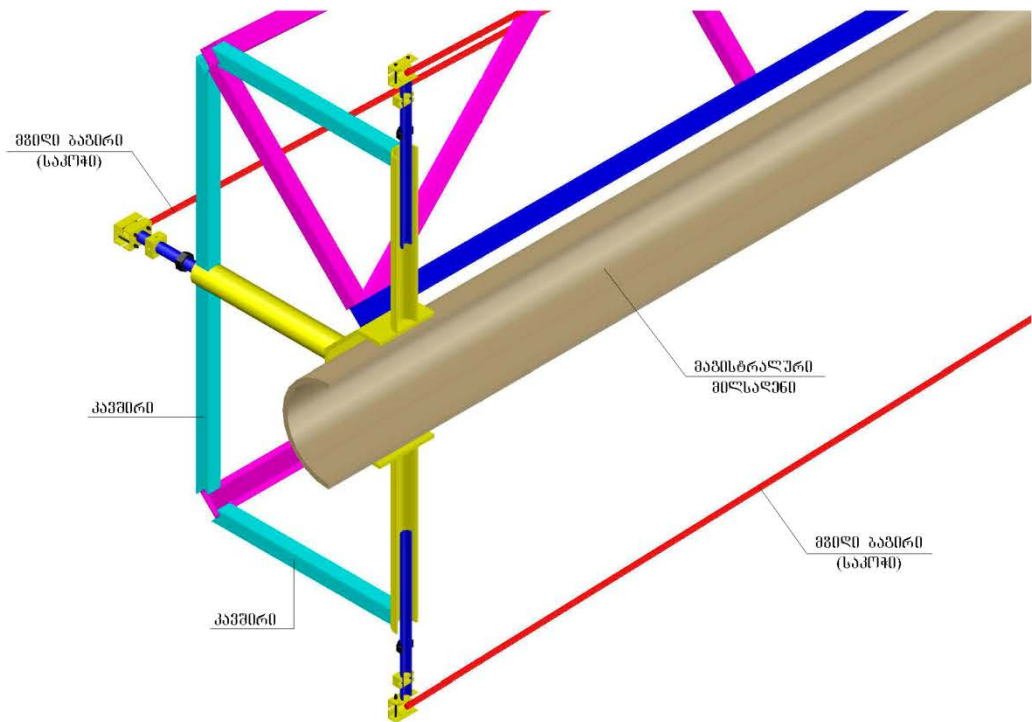
მილსაღენების გაღასკველის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის წინხელი
ვარიანტი I



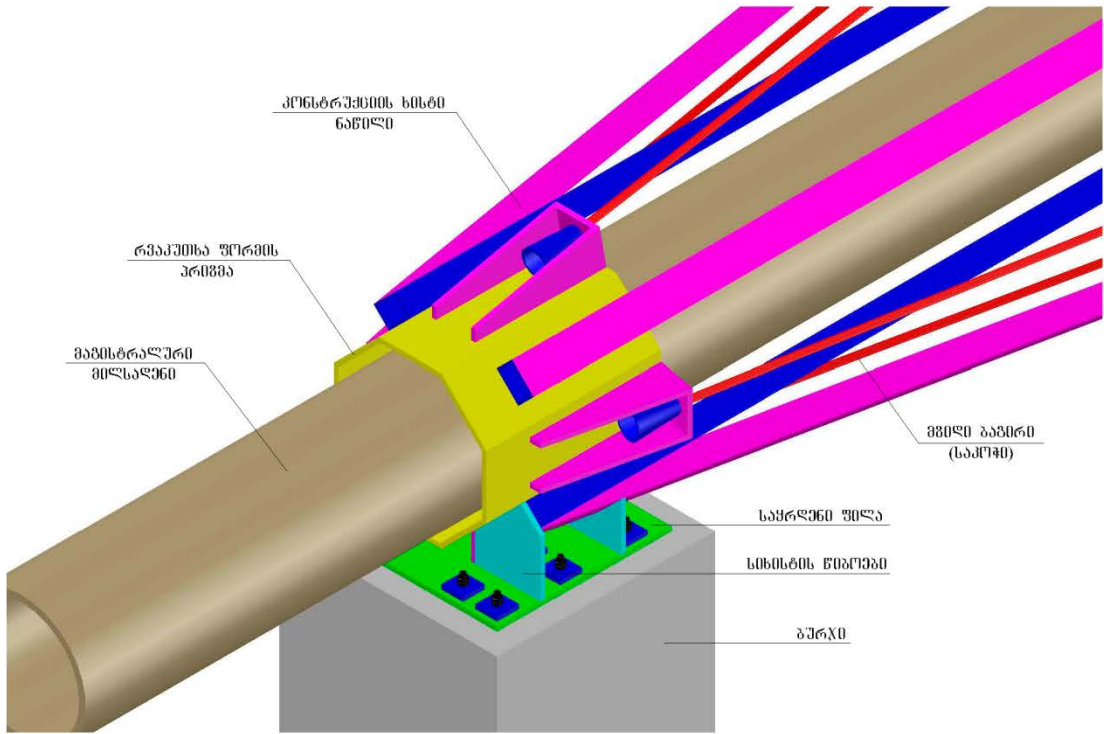
მილსაღენების გადასასვლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის ბანივი ჩრილი
პარიანტი I



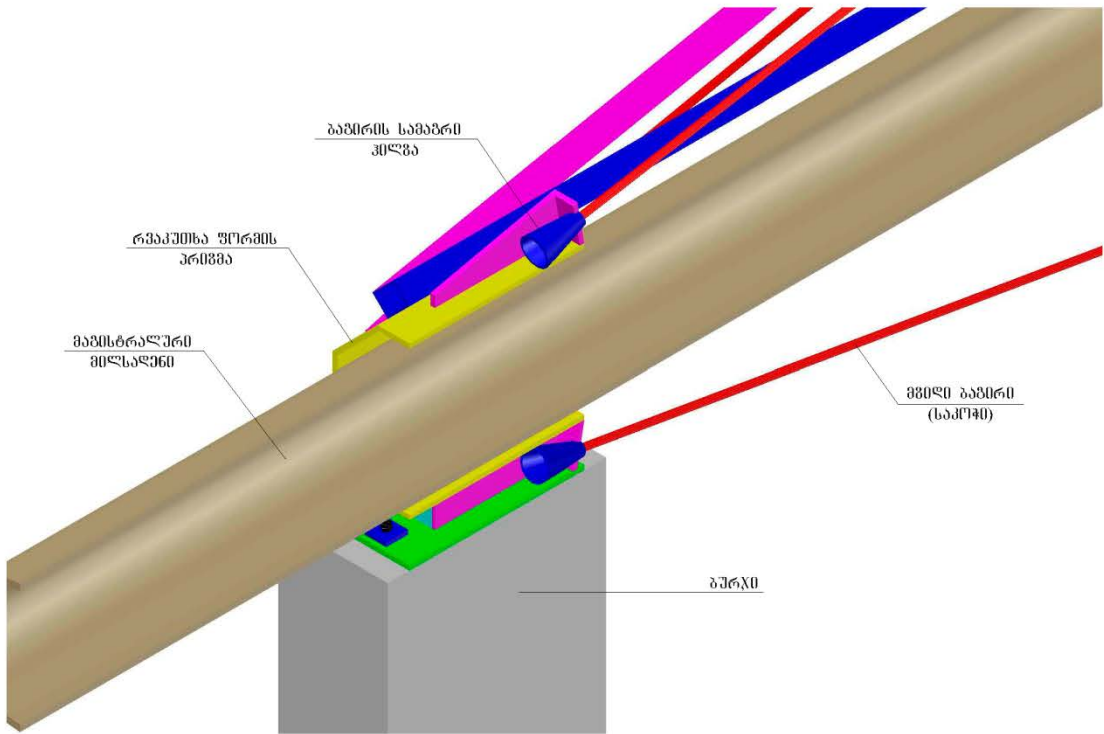
მილსაღენების გადასასვლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის ბანივი ჩრილი (ურაგვენტი)
პარიანტი I



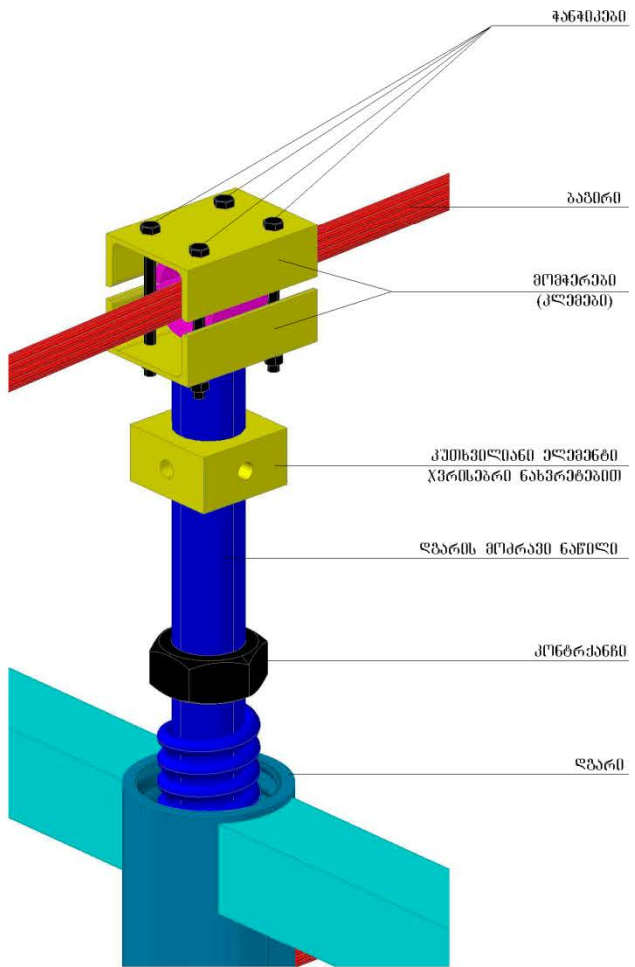
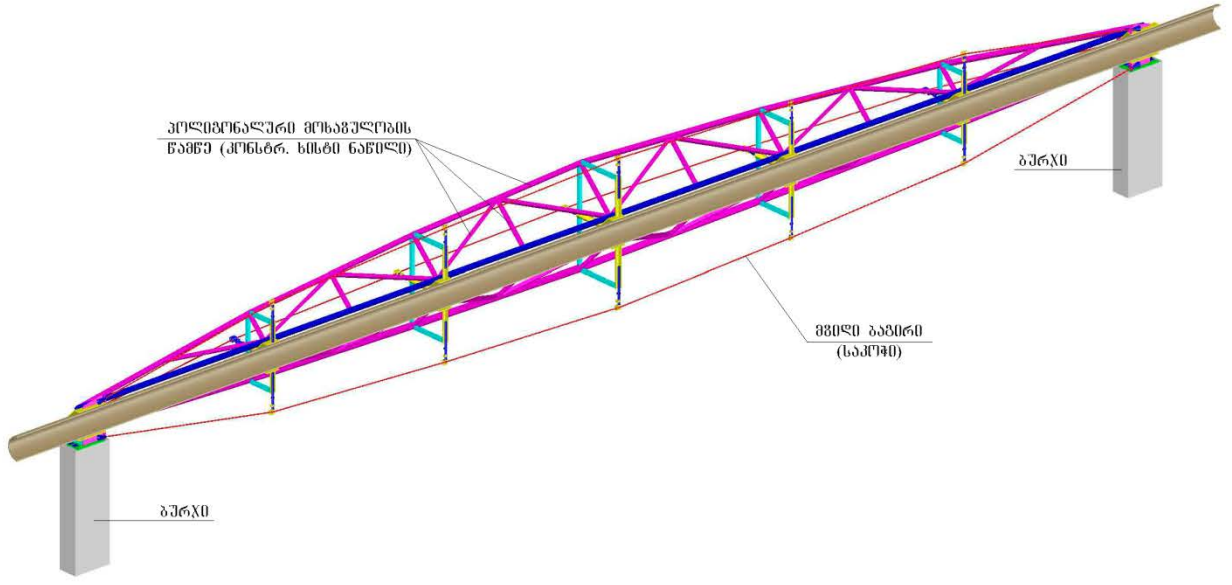
მილსაღენების გაღასკვლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის საყრდენი კვანძი
პარიანტი I



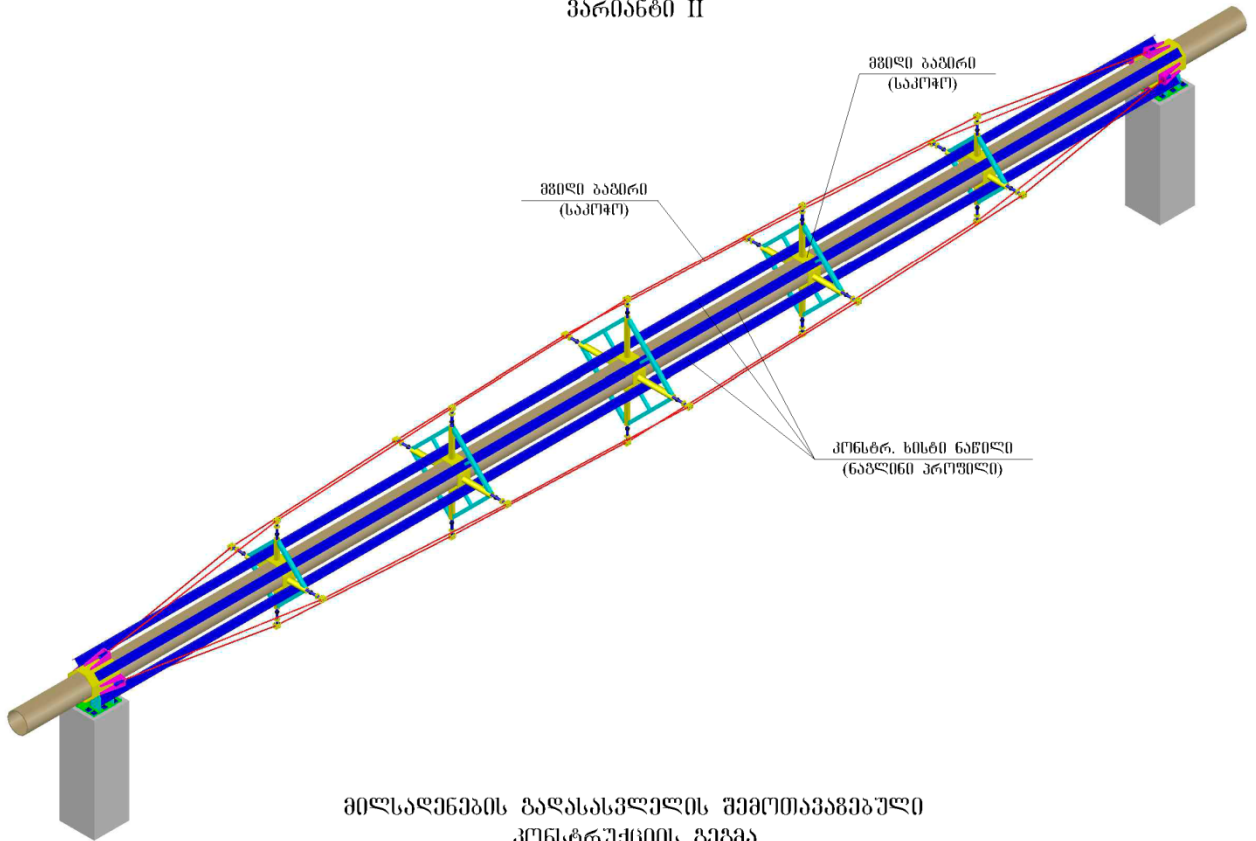
მილსაღენების გაღასკვლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის საყრდენი კვანძი (ურაბგმენტი)
პარიანტი I



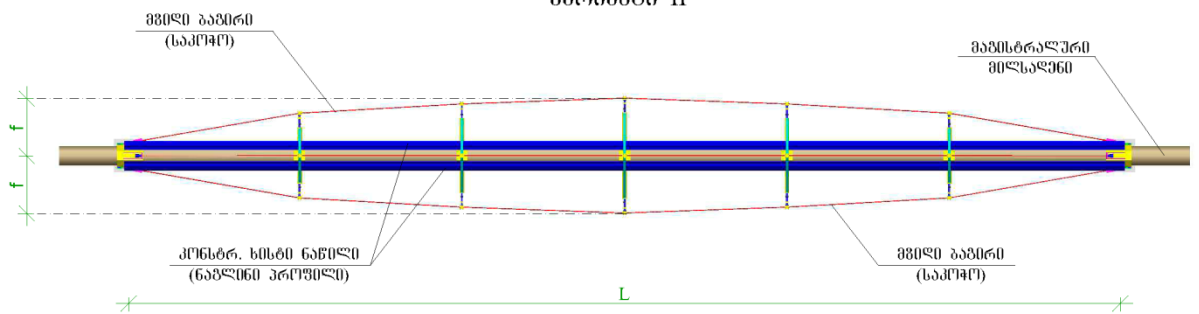
მილსაღენების გაღასავლელის შექმნიანობის
 კონსტრუქციის ბრძვი ჭრის
 პარამეტრი I



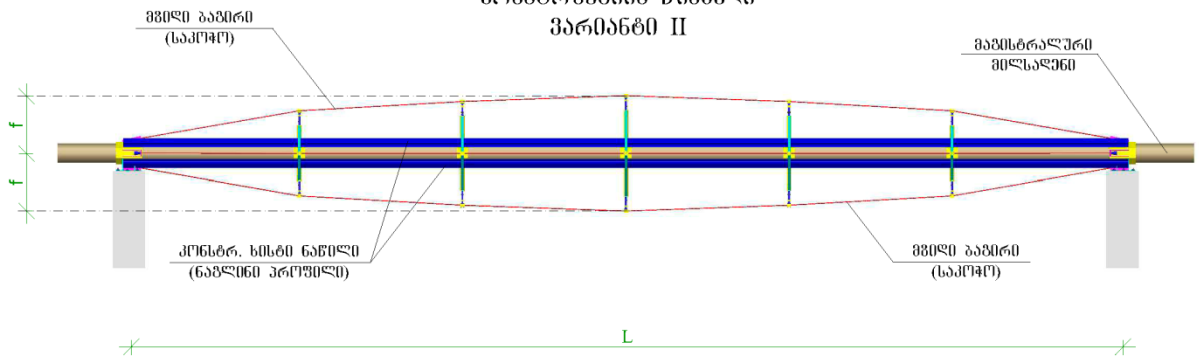
მილსაღენების გაღასავლელის შექმნისათვის
 კონსტრუქციის აქსონომეტრიულს სქემა
 პარიანტი II



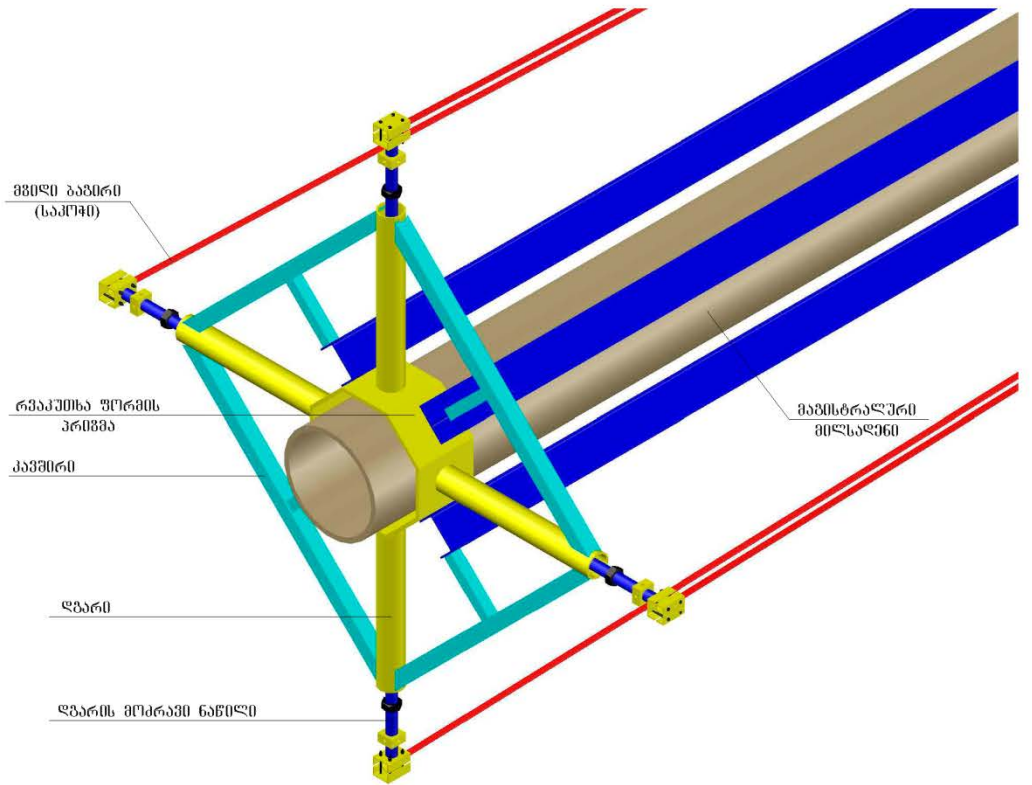
მილსაღენების გაღასავლელის შექმნისათვის
 კონსტრუქციის გეგმა
 პარიანტი II



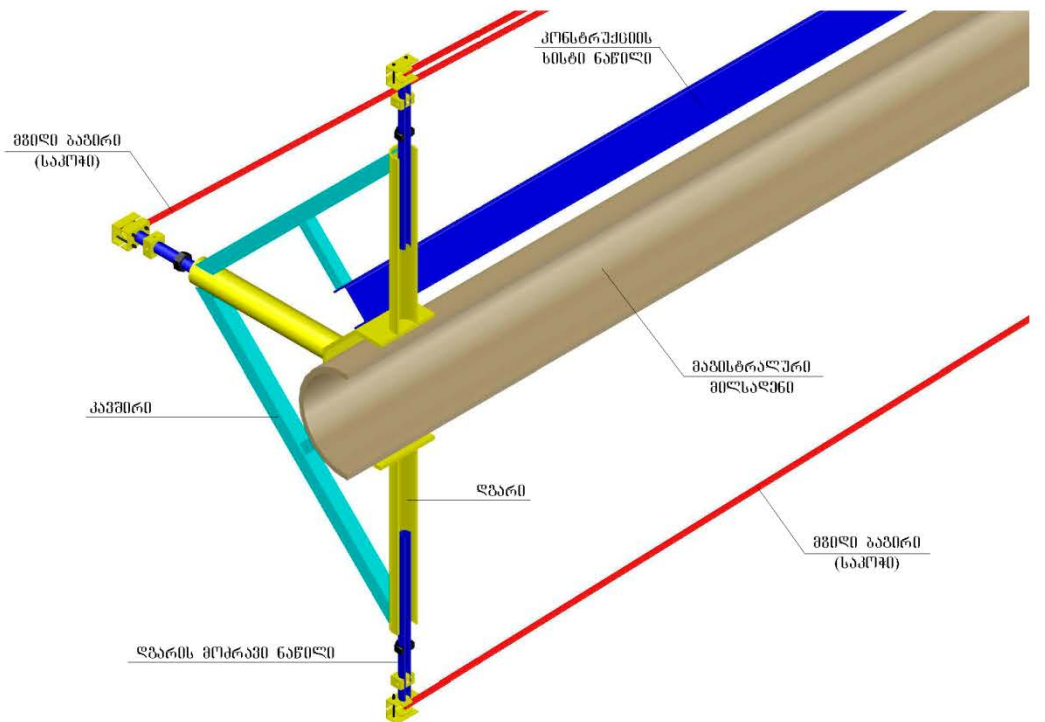
მილსაღენების გაღასავლელის შექმნისათვის
 კონსტრუქციის წინხედი
 პარიანტი II



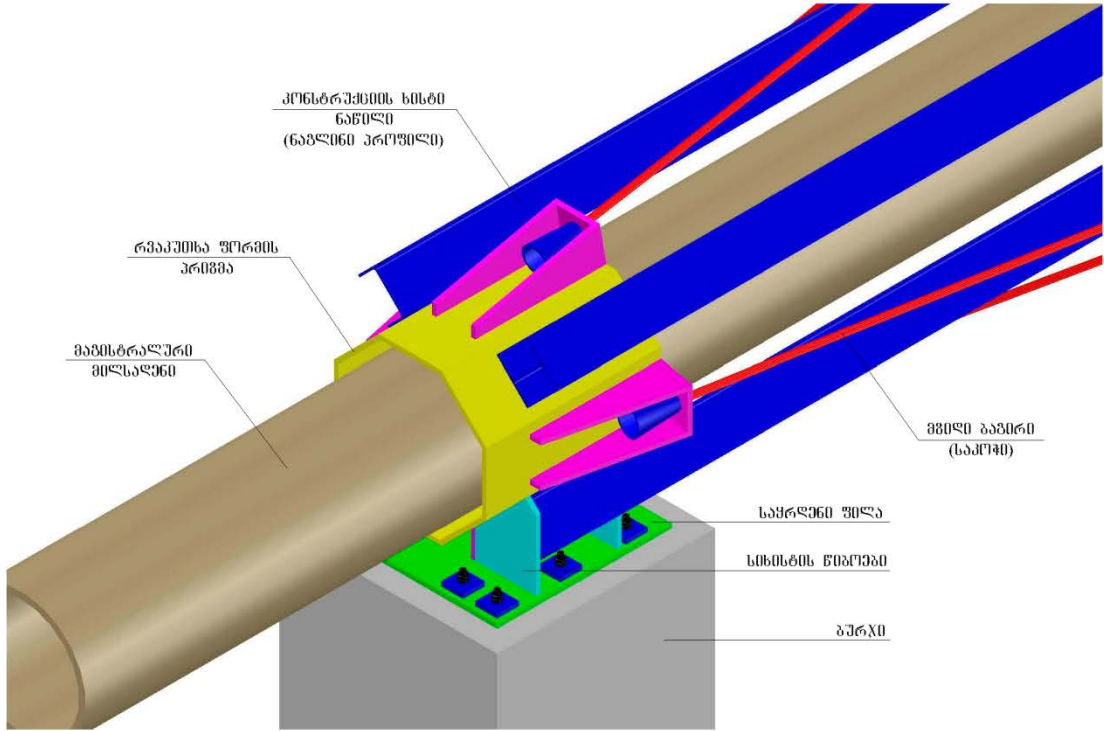
მილსაღენების გადასასვლელის შექმნისათვის
 კონსტრუქციის ბანივი ჩრდილი
 ვარიანტი II



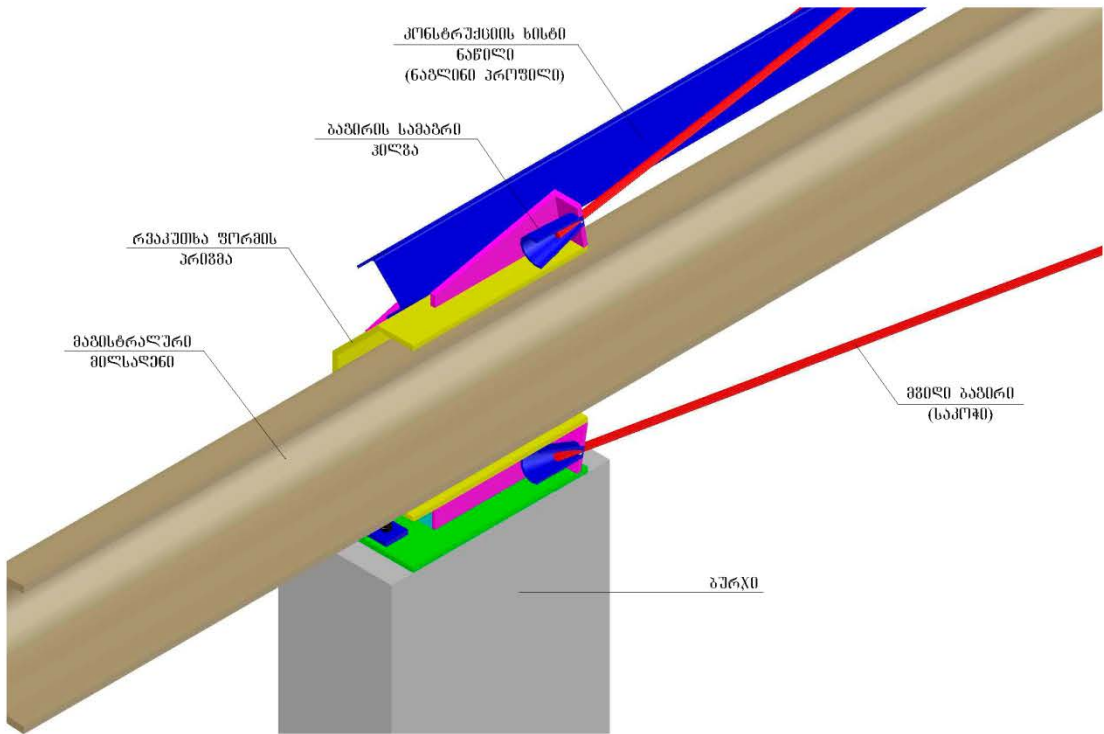
მილსაღენების გადასასვლელის შექმნისათვის
 კონსტრუქციის ბანივი ჩრდილი (ურაგენები)
 ვარიანტი II



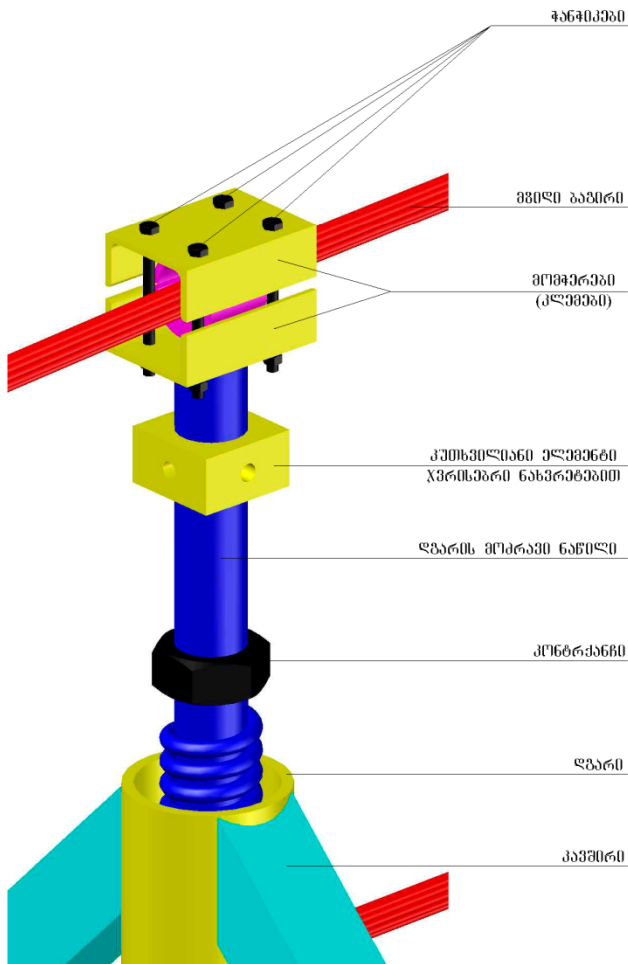
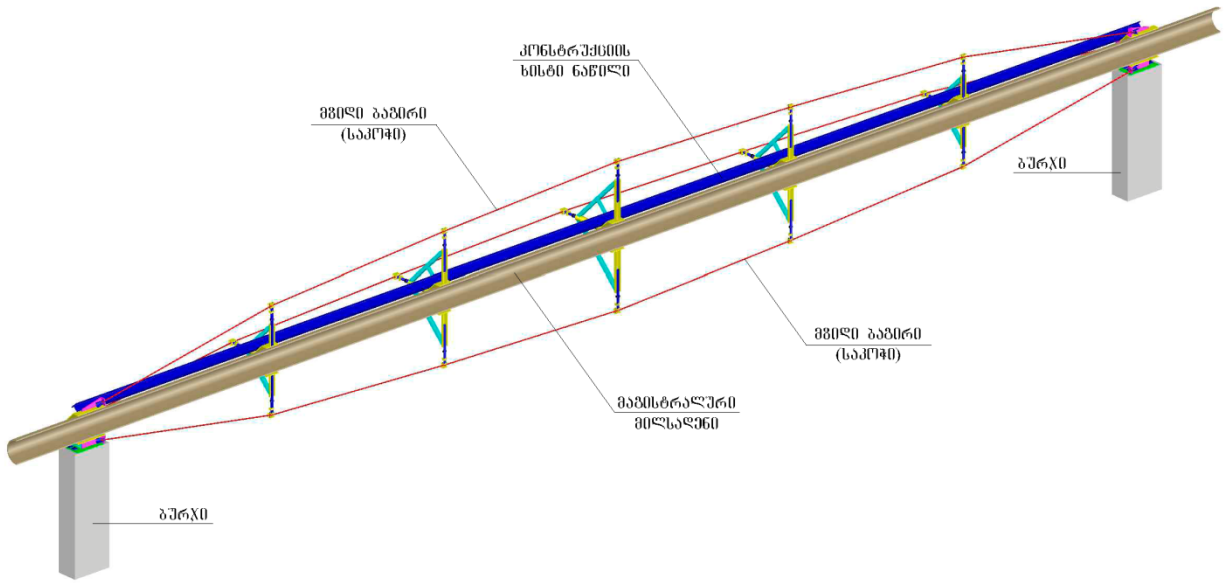
მილსაღენების გალასკვლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის საყრდენი კვანძი
პარიანტი II



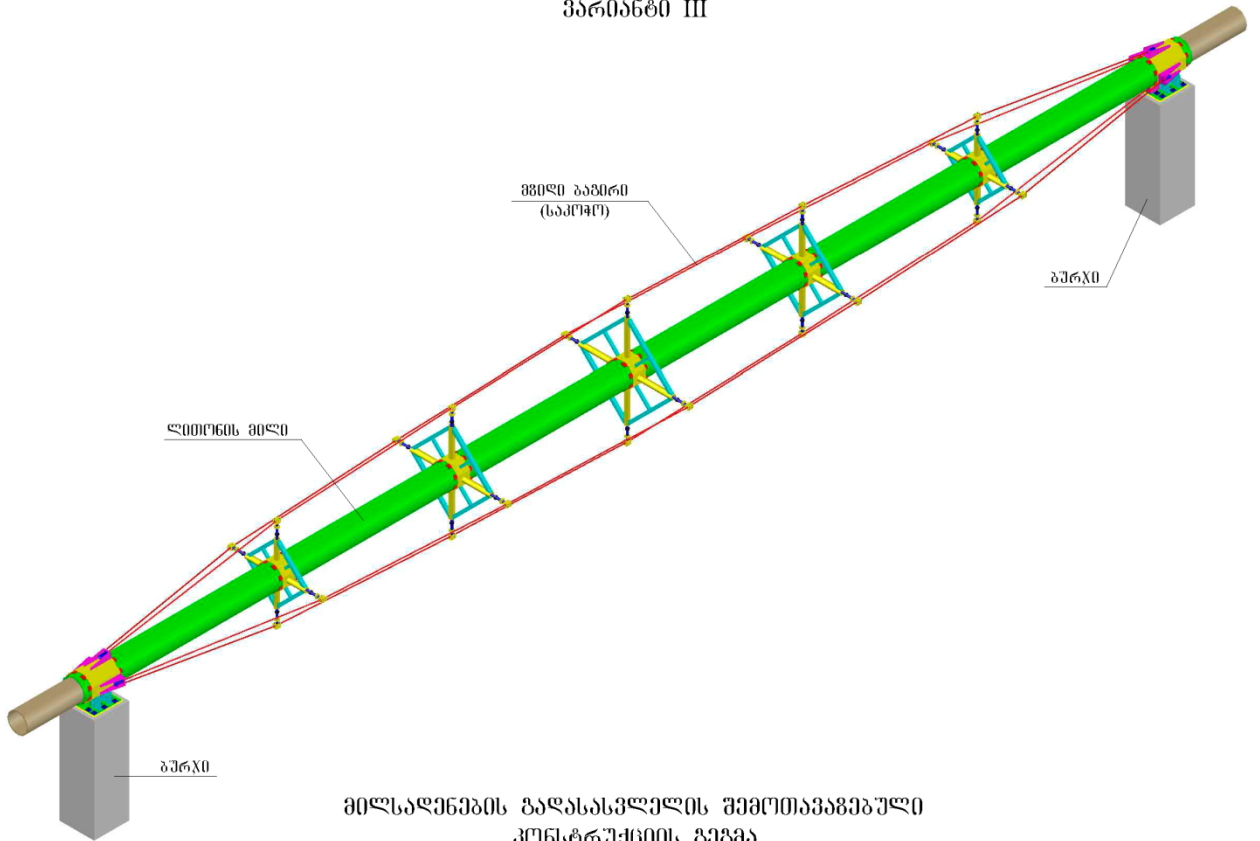
მილსაღენების გალასკვლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის საყრდენი კვანძი (ურაბგენტი)
პარიანტი II



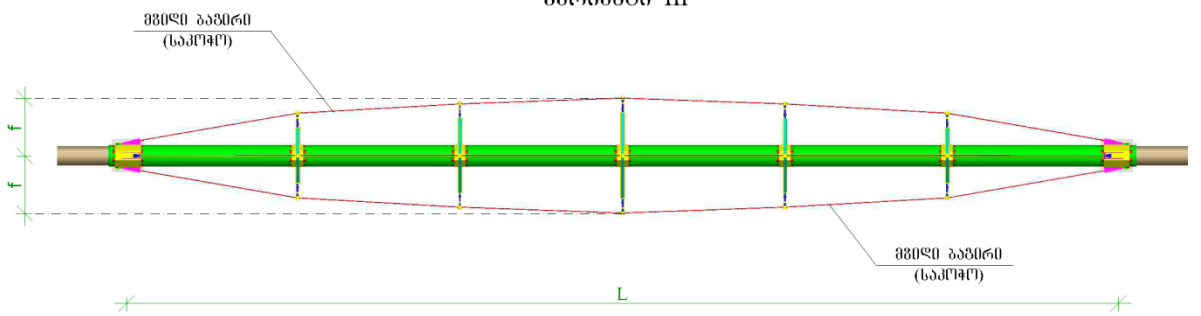
მილსაღენების გაღასკვლელის შემოთავაზებული
 კონსტრუქციის ბრძივი ჩრდილი
 ვარიანტი II



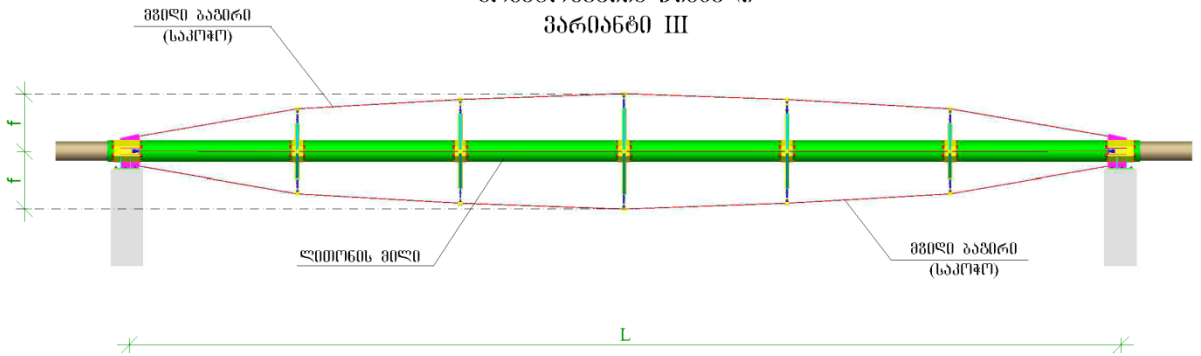
მილსაღენების გაღასავლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის აქსონომეტრიულს სქემა
პარიანტი III



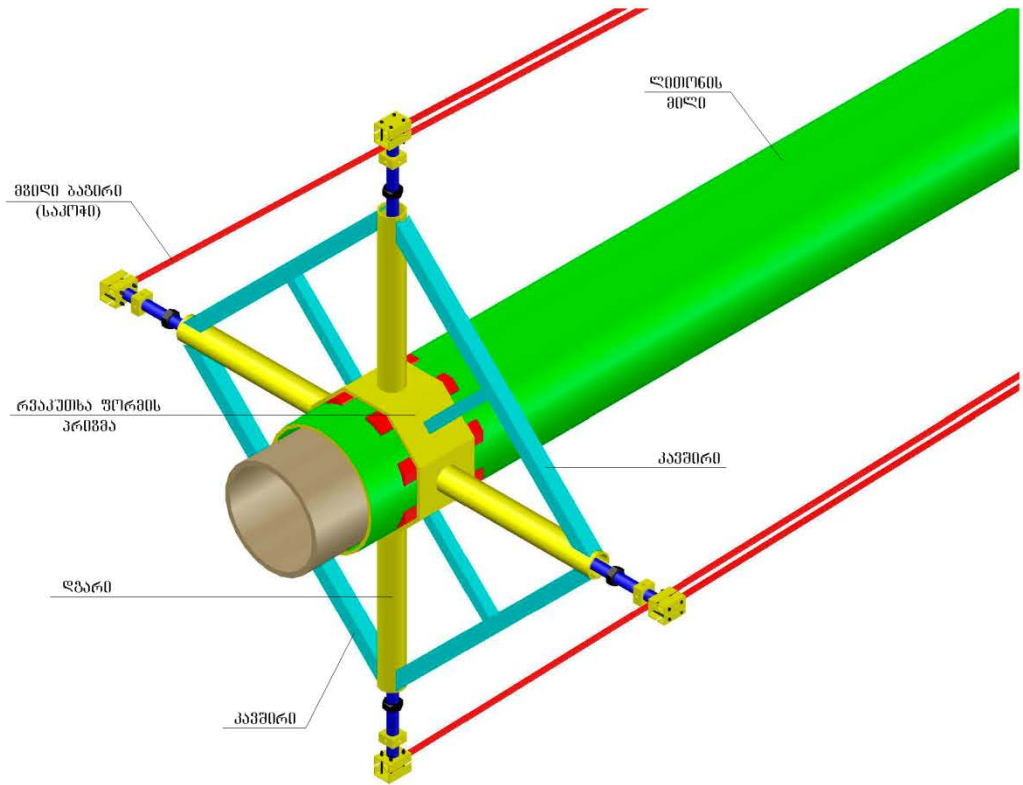
მილსაღენების გაღასავლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის გეგმა
პარიანტი III



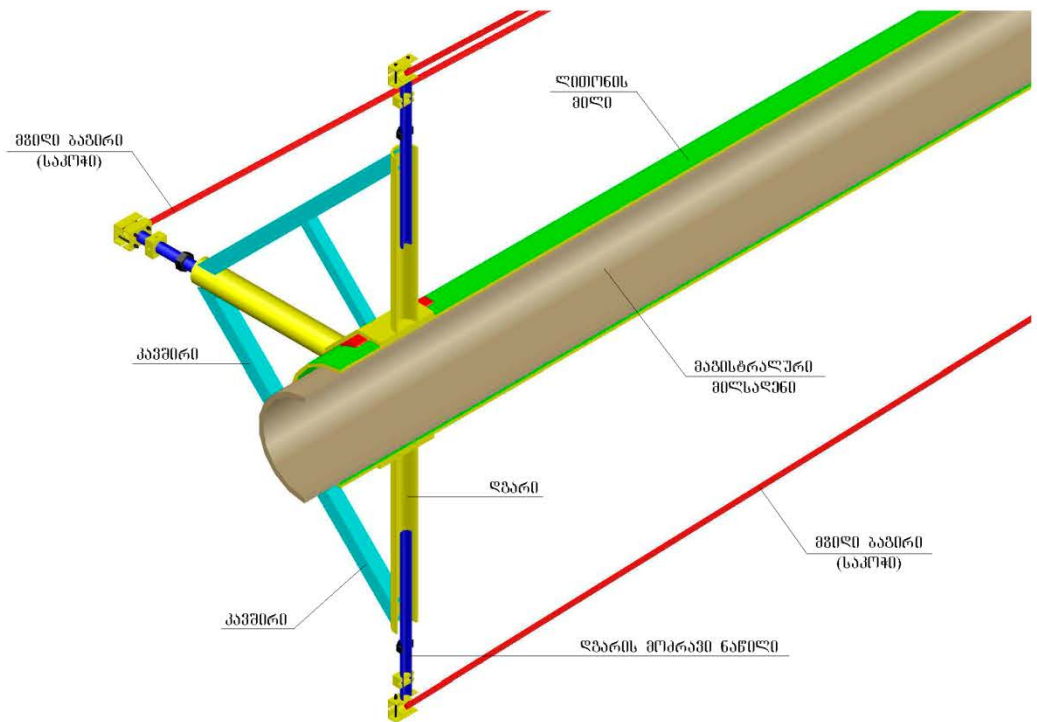
მილსაღენების გაღასავლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის წინხელი
პარიანტი III



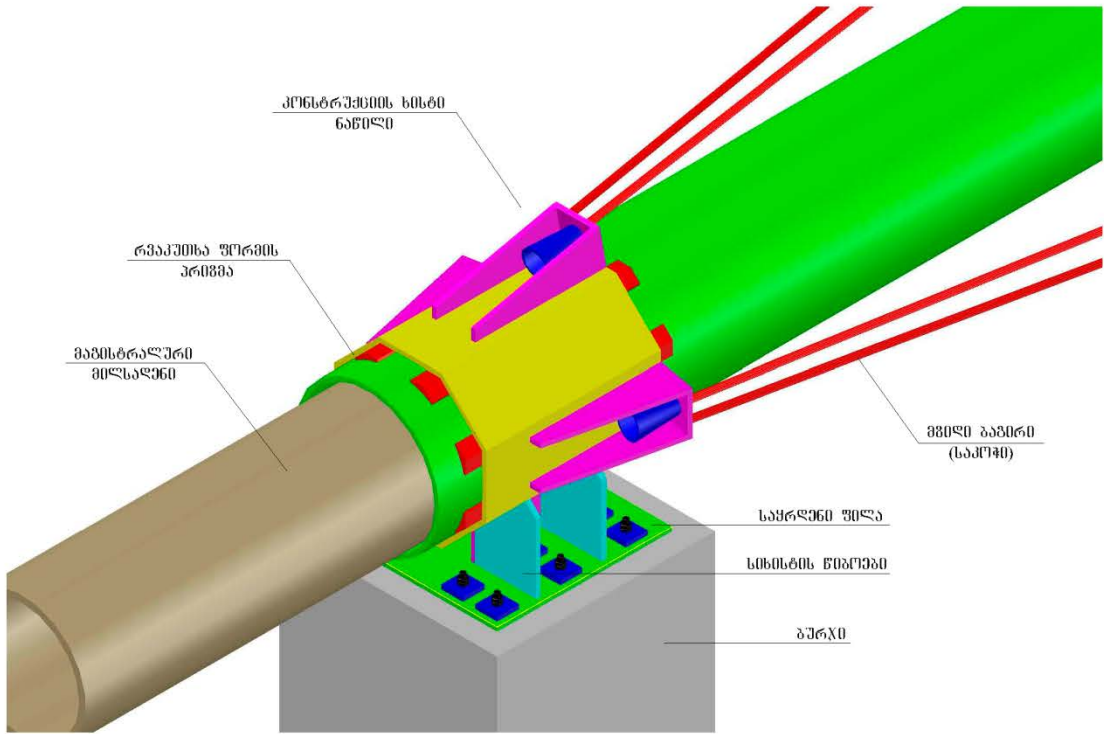
მილსაღენების გადასასვლელის შექმნისათვის
 კონსტრუქციის ბანივი ჭრილი
 ვარიანტი III



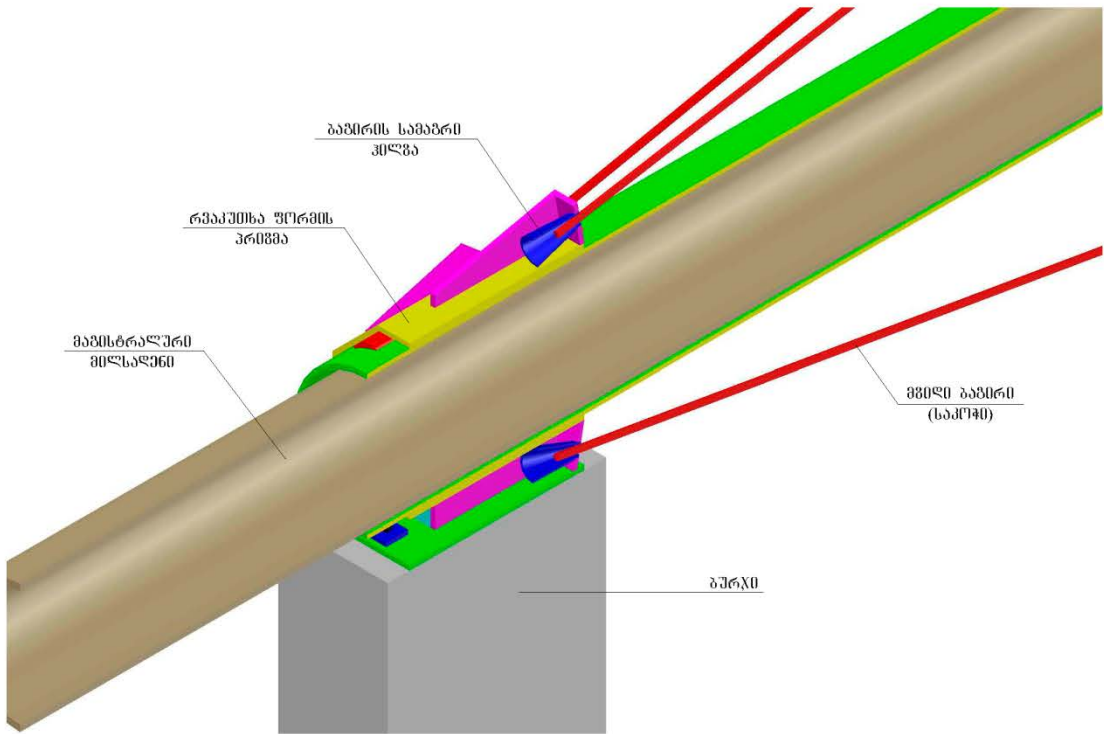
მილსაღენების გადასასვლელის შექმნისათვის
 კონსტრუქციის ბანივი ჭრილი
 ვარიანტი III



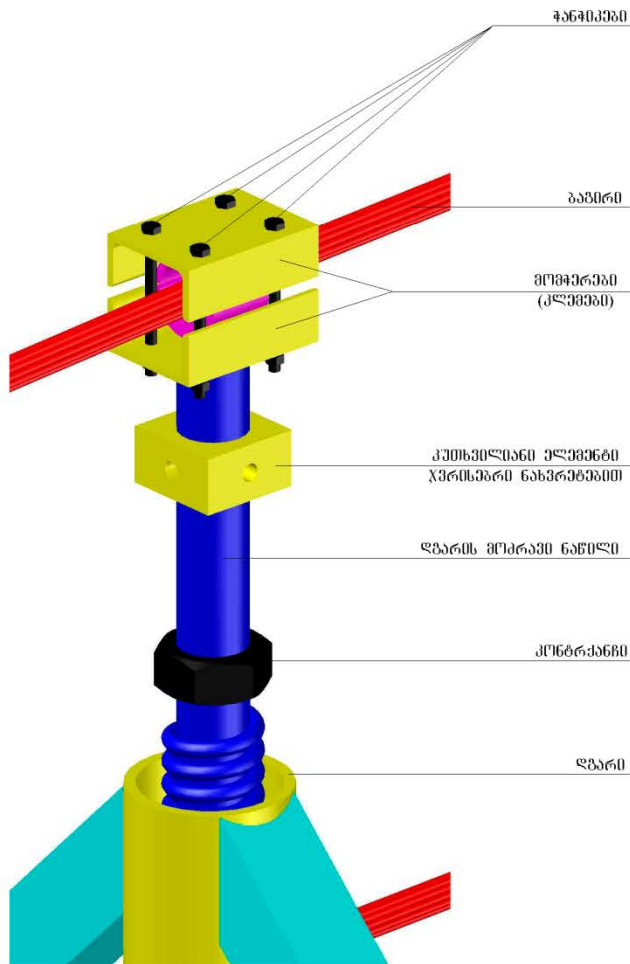
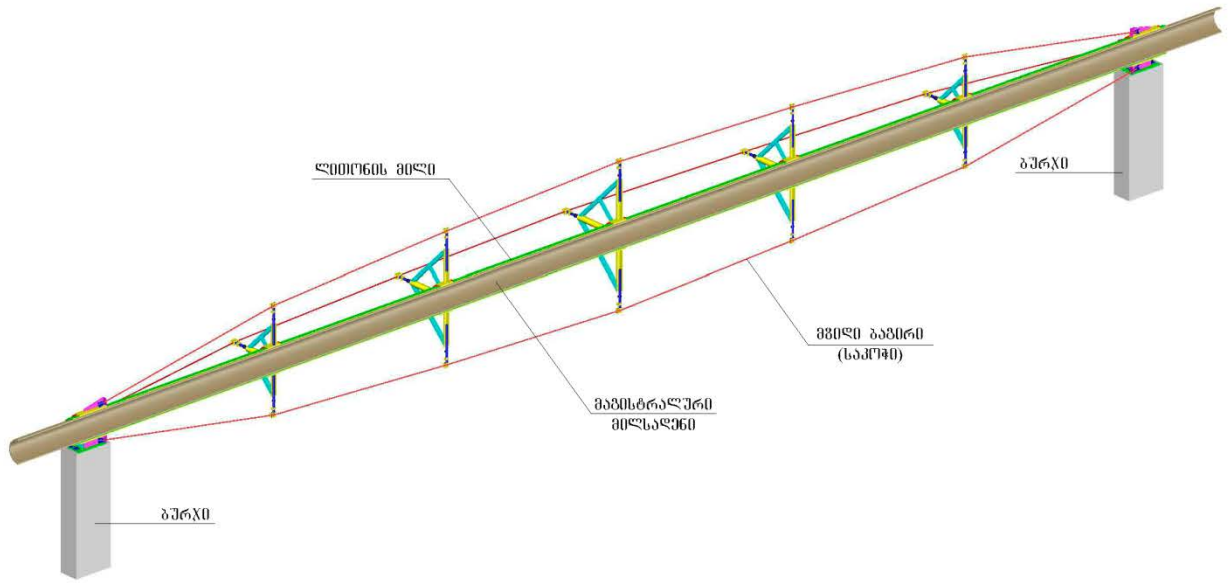
მილსაღენების გაღასკვლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის საყრდენი კვანძი
ვარიანტი III



მილსაღენების გაღასკვლელის შემოთავაზებული
კონსტრუქციის საყრდენი კვანძი (ურაბგმენტი)
ვარიანტი III



მილსაღენების გაღასაკვლელის შემოთავაზებული
 კონსტრუქციის ბრძივი ჩრდილი
 ვარიანტი III



§ IV.2. შემოთავაზებული ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის ელემენტების კოროზიისაგან დაცვა.

შენობა-ნაგებობების ექსპლუატაციისას, რომელთა მზიდ ჩონჩხედის (კარკასის) ელემენტებად გამოყენებულია ბაგირები, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია მათი კოროზიისაგან საიმედო დაცვა. შემოთავაზებული ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის პროექტირებისას აუცილებელია შეერთების კვანძების ისეთნაირი ტექნიკური გადაწყვეტის მიღება რომელიც უზრუნველყოფს მათში შემავალი ელემენტების ანტიკოროზიული საშუალებებით დაფარვის მოხერხებულ მოწყობას.

ფოლადის კონსტრუქციების ანტიკოროზიული დაცვის პრობლემა საყოველთაო და იგი ფართოდაა აღწერილი ტექნიკურ ლიტერატურაში [52], [53], [54].

ანტიკოროზიული დაცვის პრობლემისადმი განსაკუთრებული ყურადღება გამოწვეულია იმით, რომ კოროზიისაგან დაზიანებული კონსტრუქციების ღირებულება შეადგენს მილიარდობით დოლარს. ფოლადის კონსტრუქციების დაცვის სწორი ღონისძიებების (მეთოდების) გატარება წლიურ ზარალს ამცირებს დაახლოებით 25÷40 %-ით.

არსებობს საკოჭის ბაგირის ანტიკოროზიული დაცვის სამი ხერხი: 1. ბაგირის შემადგენელი წნულების მავთულების დაცვა თუთიით ან ალუმინით; 2. ბაგირის შიგა სიდრუსის შევსება ანტიკოროზიული სითხით, ანუ შიგა ანტიკოროზიული დაცვა და 3. ბაგირის გარე ზედაპირის დაცვა სხვადასხვა სახის ანტიკოროზიული საფარით.

ბაგირის შემადგენელი წნულების მავთულების დაცვა თუთიით ან ალუმინით წარმოებს წნულების მავთულების და ბაგირის დამზადების პროცესში.

ბაგირის შიგა სიდრუსის შევსება ანტიკოროზიული სითხით წარმოებს ბაგირის დამზადების პროცესში. შესაძლებელია ბაგირის დამზადებულ მდგომარეობაში ანტიკოროზიული დაცვა სხვადასხვა სახის ინექციებით. ბაგირის შემავსებელის მასალა უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: გამოყენებული შემავსებელი მასალა ხანგრძლივი დროით უნდა იყოს პლასტიკური და რბილად პლასტიკური; შეინარჩუნოს ერთგვაროვნება; უნდა გააჩნდეს წყალარიდებისა და ცოცვადობის თვისებები; კოროზიის მიმართ

აქტიური წინააღმდეგობის გაწევის უნარი და არ გამოიყენოს ბაგირის ზედაპირზე.

აღწერილი სახის ანტიკოროზიული დაცვისათვის ძირითადად გამოიყენება პასტა, რომელც მზადდება ტყვიის ფხვნილისა და ოლიფისაგან.

ბაგირის გარე ზედაპირის ანტიკოროზიული დაცვა ძირითადად სრულდება გარე ზედაპირის ანტიკოროზიული საღებავებით დაფარვა. დაფარვა წარმოებს 3-4 ჯერადი შეღებვით, ისე, რომ მიღებული საფარის სისქე იყოს 150 მმკ.-ს ტოლი.

შესაძლებელია საკოჭების ბაგირის ანტიკოროზიული დაცვის აღწერილი ხერხების ერთდროული გამოყენება, ა. მაგ. შიგა სიდრუის ანტიკოროზიული სითხით შევსებით დაცული ბაგარის გარე საფარის მოწყობით დაცვა და სხვა ანტიკოროზიული დაცვის შესაძლო კომბინაციები. ბაგირის ანტიკოროზიული დაცვის სახეობების შერჩევა წარმოებს მისი საქსპუატაციო პირობებიდან (შემოთავაზებული კონსტრუქციის შემთხვევაში კლიმატური) გამომდინარე.

იმ შემთხვევაში როდესაც ბაგირი დაფარულია ელასტიური საფარით, მისი დაძაბული მდგომარეობა შეიძლება განსაზღვრული და შეფასებული იქნას ცნობილი (მარტივი) გაანგარიშებით. ასე მაგალითად:

ა). გამჭიმავი ძალის ზემოქმედების დროს საკოჭის ბაგირის წაგრძელება მის ზედაპირზე განთავსებული საფარის წაგრძელების ტოლია. შეღებილი საკოჭის ფარდობითი წაგრძელება ε შეიძლება გამოითვალოს ჰუკის კანონის მიხედვით:

$$\varepsilon = \sigma / E, \quad (IV.16)$$

ძაბვის ცვალებადობის $\sigma = 100$ კგ/სმ² და $E = 2.06 \cdot 10^6$ კგ/სმ² დროს ხელოვნური მასალისაგან შესრულებული საფარის გამოყენება დასაშვებია;

ბ). საკოჭის ბაგირის წაგრძელება ღუნვის დროს. როდესაც ბაგირი დიამეტრით $2r$, მოღუნულია R რადიუსით, მის შიგა და გარე ზედაპირებზე წარმოშობილი დეფორმაციები განისაზღვრება ფორმულით

$$\varepsilon_r = \pm r / R, \quad (IV-17)$$

100 მმ. დიამეტრის ბაგირის შემთხვევაში, რომელიც მოღუნულია $R = 1/5$ მ. $\varepsilon_r = \pm 3.3\%$. ასეთი სიდიდის დეფორმაციები შესაძლებელია კრიტიკული მნიშვნელობის იყოს ზოგიერთი სახის საფარისათვის.

გ). შიგა წნევა შეზეთვისაგან. წრიული განივი კვეთის r რადიუსიანი საკოჭის ბაგირში მოქმედებს შიგა წნევა p_i , ასეთ შემთხვევაში ბაგირის გარე

საფარზე მოქმედებს წრიული გამჭიმავი ძალა რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$P = p_i \chi r \quad (IV.18)$$

ანუ, თუ განვიხილავთ მაგალითს, როდესაც 100 მმ. დიამეტრის ბაგირი, რომლის ბოლოები განთავსებულია 20 მეტრის სხვაობით და მისი შიდა ზედაპირი შეესაბამება ანტიკოროზიული სითხით, წნევა ყველაზე დაბალ წერტილში (ბოლოში) ტოლი იქნება 100 ატმ., ხოლო, ბაგირის გარე საფარზე (ბაგირის ზედაპირზე) მოქმედები წრიული გამჭიმავი ძალა $p=500$ ნ/სმ.

ბაგირების შემადგენელი მაღალი სიმტკიცის ფოლადისაგან დამზადებული მავთულის წნულებზე დიდ გავლენას ახდეს ლოკალური ზემოქმედებები (ბზარების გაჩენა) და მასალის განივი კვეთის შემცირება (ხახუნი და კოროზია). ვინაიდან ბაგირის წნულების რემონტი ან აღდგენა შეუძლებელია საჭიროა მათი დაზიანებებისაგან მაღალხარისხოვანი დაცვა და პროექტირებისას გაჭიმული ელემენტები ისეთნაირად უნდა დაპროექტდეს, რომ საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელი იყოს მათი გამოცვლა.

კონსტრუქციის ექსპლუატაციაში შესვლიდან გარკვეული დროს გასვლის შემდეგ მოსალოდნელია მზიდი ბაგირების (საკოჭების) ზედაპირზე კოროზიის ნიშნების გამოვლენა. კოროზიის სიჩქარის დადგენის შემდეგ საჭიროა დამატებითი ანტიკოროზიული დაცვის მოწყობა. ბაგიროვანი კონსტრუქციების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის გამოცდილებიდან გამომდინარე შესაძლებელია სხვადასხვა სახის ანტიკოროზიული დაცვის მოწყობა. შემოთავაზებული კონსტრუქციის სქემიდან გამომდინარე მიზანშეწონილია ანტიკოროზიული დაცვის მოწყობა შემდეგი ტექნოლოგიით: 1. ბაგირებისა და ფოლადის ელემენტების სილა ჭავლით გაწმენდა; 2. გაწმენდილი ზედაპირების დაფარვა (შედება) შემდეგი შრეებით: • 100 მმკ. სისქის ცინკოქრომირებული პოლიურეტანი; • 2X150 მმკ. ლიპიდომელინის პოლიურეტანი და • 80 მმკ. ოლიფისებური პოლიურეტანი.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის მოქნილი ელემენტებად (როგორც ბაგიროვან ხიდებში ასევე ორშრიან სისტემებში) გამოყენებული უნდა იქნას (ზემოთ აღწერილი ანტიკოროზიული დაცვით უზრუნველყოფილი) დახურული ტიპის წნული და სპირალური ბაგირები.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, შემოთავაზებული ახალი ტიპის კომბინირებული კონსტრუქციის პროექტირებისას აუცილებელია შეერთების კვანძების ისეთნაირი ტექნიკური გადაწყვეტის მიღება რომელიც

უზრუნველყოფს მათში შემავალი ელემენტების ანტიკოროზიული საშუალებებით დაფარვის მოხერხებულ მოწყობას. აღნიშნულის გათვალისწინება ძირითადად ეხება საკოჭების (მზიდი ბაგირების) საყრდენებზე ჩაანკერებას და რადიალურად განლაგებულ ხისტ დგარებზე მის გადატარებას.

რადიალურად განლაგებულ ხისტ დგარებზე ბაგირის ჩამაგრების კვანძის გაანგარიშება მოცემულია §IV.1.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის პროექტირებისას საკოჭების (მზიდი ბაგირების) საყრდენებზე ჩაანკერება გათვალისწინებული უნდა იყოს ფოლადის რვაწახნაგა პრიზმის გვერდებზე. აღნიშნული კვანძი კონსტრუქციის საბოლოო მონტაჟის შემდეგ დაფარული უნდა იქნას საჰაერო გადასასვლელის ბურჯების სათავის ბეტონირებისას.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მასალად შერჩეული უნდა იქნას ერთი კლასის ფოლადი, ისე, რომ მისი ელექტროდული პოტენციალი 250 მვ.-ით ტოილ ან ნაკლები იყოს დახურული ტიპის წნული და სპირალური ბაგირების მასალის ელექტროდულ პოტენციალზე.

IV.3. შემოთავაზებული კონსტრუქციის დამზადებისა და მონტაჟის საკითხები.

სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებული კონსტრუქცია განეკუთვნება გაზისა და ნავთობ პროდუქტების მაგისტრალური მილსადენების მშენებლობას, რომლის გამოყენება შესაძლებელია მილსადენების საჰაერო (მიწისზედა) გადასასვლელების ასაგებად. ასეთი სახის კონსტრუქციების დამზადებისა და მონტაჟის შრომატევადობა შეადგენს ნაგებობების აგების საერთო შრომატევადობის 50-70%-ს, ამიტომ მისი მონტაჟის ხანგრძლივობაზე დიდად არის დამოკიდებული მშენებლობის საერთო ხანგრძლივობა.

წინასწარდაძახებული კომბინირებული კონსტრუქციების დამზადების ტექნოლოგიური სქემა მცირედ განსხვავდება დაუძახავი კონსტრუქციების დამზადების სქემისაგან [55]. ძირითადი განსხვავებას წარმოადგენს საკოჭებში წინასწარდაძახების ძალის „შეყვანა“ (შექმნა), რომლის სიდიდის კონტროლი აუცილებელია როგორც დამზადების პროცესში, ასევე, კონსტრუქციის ექსპლუატაციის პროცესში. წინასწარდაძახების ძალის საკოჭში აღძვრის

პრინციპი განხილულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის აღწერაში, ხოლო მისი სიდიდის კონტროლი შესრულებული იქნება არსებული საკონტროლო მოწყობილობების გამოყენებით, რომელთა განთავსების ადგილები და ჩამაგრების კვანძები მოცემული იქნება სამუშაო ნახაზებში.

როგორც ზემოთ იყო აღწერილი, მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაბებული კომბინირებული კონსტრუქციის ერთიანად აკრება (მთლიანი კონსტრუქციის აკრება) ხორციელდება შემდეგი თანმიმდევრობით. სამშენებლო მოედანზე, სათანადო თარგის გამოყენებით, რვაკუთხა ფორმის პრიზმების ოთხ ფერდზე წარმოებს აკრება, ქარხნული წესით დამზადებული, პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწეების (ანდა, სწორხაზოვან, მთლიანკედლიან ან გამჭოლი კოჭოვან კონსტრუქციებს), ხოლო დანარჩენ ოთხ ფერდზე რადიანულად მონტაჟდება დგარები, რომელთა თავისუფალ ბოლოებში გააჩნიათ კუთხვილიანი სადებები რომლებშიც ჩახრახნულია კუთხვილიანი მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტები, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონტრქანჩითა და მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ფორმით შესრულებულ ნახვრეტებით მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტების ბოლოები ცილინდრული სახსრითაა მიმაგრებული ბაგირის დგართან დამაკავშირებელ დია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, რომელზეც სახსრულადაა დამაგრებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები, რომლებზეც ბაგირის ჩამაგრება წარმოებს ფურცლოვანი სადებებისა და ჭანჭიკების გამოყენებით, კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებში ხორციელდება ბაგირების სახსრული ჩამაგრება, პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწეების ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები ერთმანეთთან შეერთებული არიან ხისტი კავშირებით, აკრეფილი მთლიანი კონსტრუქცია მონტაჟდება საყრდენ ნაპირის ბურჯებზე.

ასევე შესაძლებელია მაგისტრალური მილსადენის დიდმალიანი გადასასვლელის კომბინირებული კონსტრუქციის სექციებად დაყოფა და მათი ქარხნული წესით დამზადება. სექციებად გამოიჯენა წარმოებს რვაკუთხა ფორმის პრიზმებზე მათ შუა ნაწილში მილტუჩების მოწყობით. სექციების აკრება ხორციელდება შემდეგი თანმიმდევრობით. სექციებში არსებული რვაკუთხა ფორმის პრიზმების ოთხ ფერდზე წარმოებს აკრება, ქარხნული წესით დამზადებული, პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი სათანადო ნაწილებად დაყოფილი თაღოვანი წამწეების, ხოლო დანარჩენ ოთხ

ფერდზე რადიანულად მონტაჟდება დგარები, რომელთა თავისუფალ ბოლოებში გააჩნიათ კუთხვილიანი სადებები რომლებშიც ჩახრახნულია კუთხვილიანი მთლიან განიკვეთიანი ელემენტები, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონტრქანჩითა და მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ფორმით შესრულებულ ნახვრეტებით, მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტების ბოლოები ცილინდრული სახსრითაა მიმაგრებული ბაგირის დგართან დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, რომელზეც სახსრულადაა განთავსებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები. სექციების გაერთმთლიანების შესრულება ხორციელდება სამშენებლო მოედანზე, სათანადო თარგის გამოყენებით, რომლის შემდეგ საკვანძო დეტალებზე წარმოებს ბაგირის ჩამაგრება ფურცლოვანი სადებებისა და ჭანჭიკების გამოყენებით, კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებში ხორციელდება ბაგირების სახსრული ჩამაგრება, პარაბოლური მოხაზულობის ზედა სარტყლიანი თაღოვანი წამწეების ზედა სარტყლის კვანძები და ბაგირის დამჭერი რადიანულად განლაგებული დგარები ერთმანეთთან შეერთებული არიან ხისტი კავშირებით, აკრეფილი მთლიანი კონსტრუქცია მონტაჟდება საყრდენ ნაპირის ბურჯებზე.

მაგისტრალური მილსადენის გადასასვლელის კომბინირებული კონსტრუქციის წინასწარ დაძაბვა წარმოებს შემდეგნაირად: პირველ ეტაპზე წინასწარ დაძაბული მზიდი ბაგირის გარეშე აკრეფილი გადასასვლელის კონსტრუქციის მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ნახვრეტების გამოყენებით, სინქრონული ბრუნვით ბაგირის დგართან დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებს და მასზე დამაგრებულ ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალებს, უნდა განთავსდეს რადიანულად განლაგებული დგარის ბოლოსთან, წინასწარ განსაზღვრული სიდიდით, მინიმალურად ახლოს (ბაგირის დგართან მისამაგრებელი დეტალები განთავსდება წინასწარ განსაზღვრული ზომაზე), კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებში ხორციელდება წინასწარ განსაზღვრული სიგრძის ბაგირების სახსრული ჩამაგრება, ხოლო დგართან დამაკავშირებელ ღია პროფილისაგან შესრულებულ ელემენტებთან, რომელზეც სახსრულადაა დამაგრებული ნახევარცილინდრული საკვანძო დეტალები, ბაგირი ჩამაგრება წარმოებს ფურცლოვანი სადებებისა და ჭანჭიკების გამოყენებით, რის შემდეგ მთლიანგანიკვეთიანი ელემენტის მის ოთკუთხა ნაწილში მოწყობილ ჯვრისებრი ფორმით შესრულებულ ნახვრეტების გამოყენებით, სინქრონული ბრუნვის შედეგად ბაგირის ჩასამაგრებელი ელემენტები გადაადგილდებიან

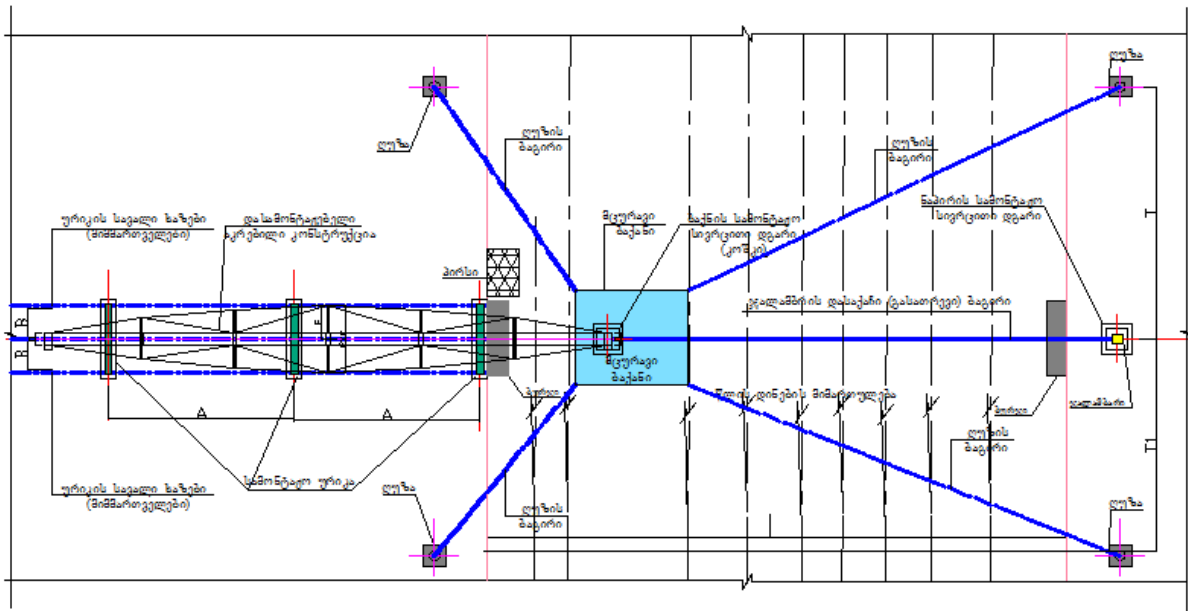
რადიანული მიმართულებით, რაც განაპირობებს (უზრუნველყოფს) ბაგირების დაძაბვას და შესაბამისად მთლიანი კონსტრუქციის საპროექტო მდგომარეობაში მოყვანას.

შედარებით მდორე მდინარეების საჰაერო გადაკვეთისას ზემოთ აღწერილი ერთიანად აკრეფილი კონსტრუქციის მონტაჟი (აგების პირველი ვარიანტი, ნახ. №1) შესაძლებელია მცურავი საშუალების გამოყენებით. მცურავი საშუალება წარმოადგენს ფოლადის კონსტრუქციის სათანადო წყალწყვის (ტვირთამწეობის) პონტონისაგან შედგენილ ბაქანს, რომელზეც თავსდება საჭირო მანქანა-მექანიზმები (მუხლუხა ამწე, ხის დროებითი ბურჯები და სხვა). მცურავი ბაქანი გადაადგილდება კუთხეებში დამონტაჟებული ელექტროამძრავიანი ჯალამბრების საშუალებით, რომლებიც ბაგირებით დაკავშირებულნი არიან მდინარის ორივე ნაპირზე განლაგებულ ღუზებთან. ღუზების შესრულება შესაძლებელია ჩასასობი ჯგუფური ხიმინჯების ან ხიმინჯგარსების გამოყენებით, რომლებიც გრუნტში ჩასობილია სათანადო გაანგარიშებით მიღებულ ზომებზე და სიღრმეზე.

მცურავ ბაქანზე კონსტრუქციის მონტაჟისათვის საჭირო ტვირთების მიწოდება გათვალისწინებულია სატვირთო ბაქნის საშუალებით, რომელიც მცურავი ბაქნის მსგავსად გადაადგილდება ელექტროამძრავიანი ჯალამბრის საშუალებით. სატვირთო ბაქანზე ტვირთების შეუფერხებელი მიწოდება გათვალისწინებულია მდინარის ერთერთ ნაპირზე მოწყობილი პირსის საშუალებით. პირსის აგება რეკომენდირებულია ფოლადის მილებისა და რ.ბ. ფილების გამოყენებით.

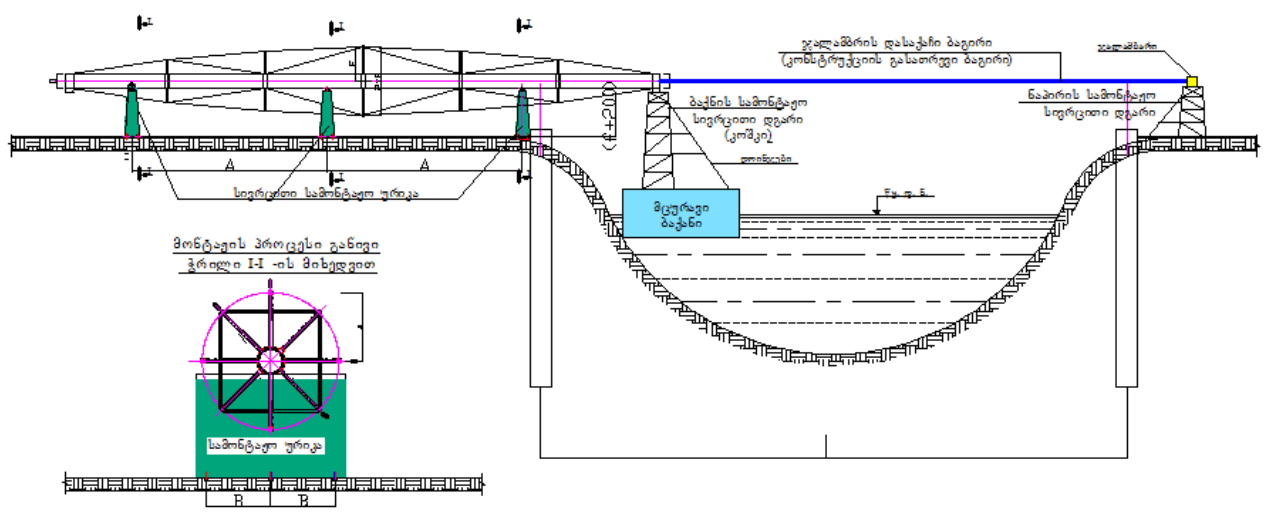
სანაპირო ბურჯების აგების შემდეგ, მდინარის ერთერთ ნაპირზე აწყობილი კონსტრუქცია განთავსებულია ბურჯის თავის დონიდან (f+200) მმ., (სადაც f- კონსტრუქციის აწეულობის/ჩაწეულობის ზომა; 200- უსაფრთხოების ზომა) ზომაზე მოწყობილ საგორავებიან სამონტაჟო ურიკებზე, რომელიც განთავსებულია სავალ ხაზზე (მიმართველებში), საყრდენ კვანძზე გამობმულია დასაქაჩი (გასათრევი) ჯალამბარის ბაგირი, რომლის გამოყენებით წარმოებს კონსტრუქციის შეგორება მცურავ ბაქანზე ბურჯის თავის დონეზე დამონტაჟებულ სამონტაჟო სივრცით დგარზე და სრულდება კონსტრუქციის საყრდენი კვანძის ბაქნის დგარის საყრდენ კვანძთან ჩამაგრება. დასაქაჩი (გასათრევი) ჯალამბარისა და მცურავი ბაქნის ელექტროამძრავიანი ჯალამბარის სინქრონული მოძრაობით კონსტრუქცია გადატანილი და საყრდენი კვანძით დამონტაჟებული იქნება მდინარის მეორე ნაპირის ბურჯზე (ნახ. №IV.3.1, 3.1ა, 3.1ბ).

კონსტრუქციის მონტაჟის პროცესი გეგმის (ზედხედის) მიხედვით (პირველი ვარიანტი)



ნახაზი-IV.3.1

კონსტრუქციის მონტაჟის პროცესი გრძივი ჰრილის მიხედვით (პირველი ვარიანტი)



ნახაზი-IV.3.1ბ

ნახაზი-IV.3.1ა

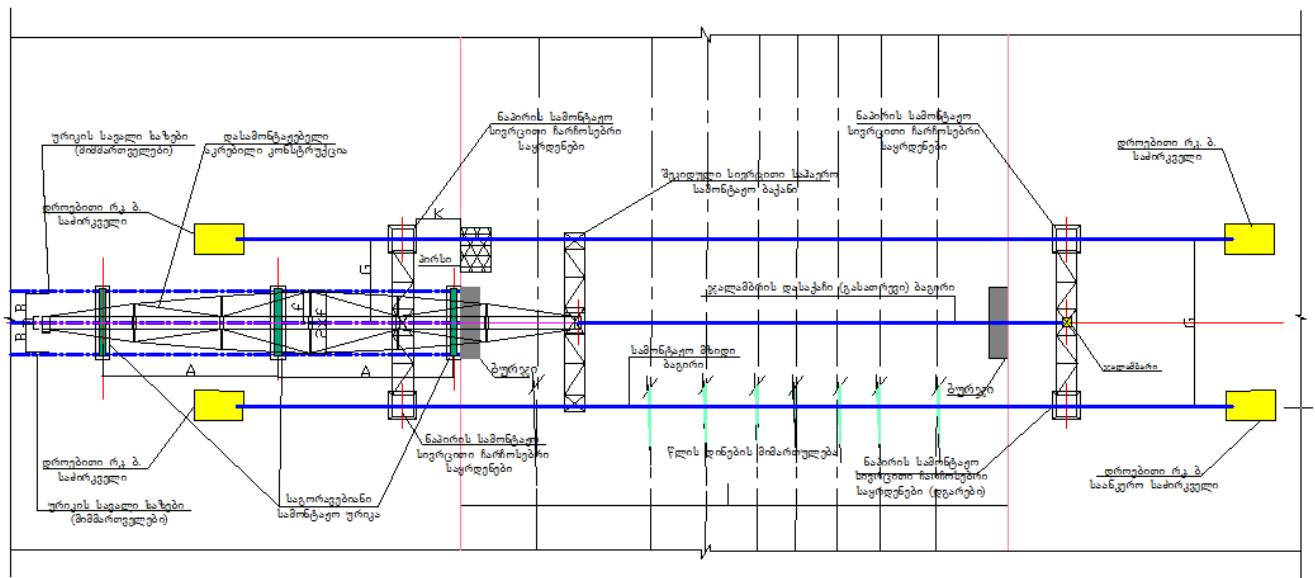
მილსადენების საპაერო გადასასვლელების საშუალებით არასტაბილური ფსკერის გრუნტების მქონე მდინარეების (ასევე ჩქარი მდინარეების) და ღრმა ხეების გადაკვეთისას შემოთავაზებული კონსტრუქციის მონტაჟი შესაძლებელია (მონტაჟის მეორე ვარიანტი ნახ. №IV.3.2, 3.2ა, 3.2ბ, 3.2გ). დროებითი (სამონტაჟო) ბაგიროვანი სისტემის (ორ ბაგირიანი ეივერტის სისტემის) გამოყენებით.

დროებითი ბაგიროვანი სისტემა შედგება ორთავე ნაპირზე განთავსებული სივრცითი საყრდენებისაგან, ორი მზიდი ბაგირისა და მათზე შეკიდული

(განთავსებული) საგორავებიანი სივრცითი სამონტაჟო ბაქნისაგან. სამონტაჟო ბაქნის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გადაადგილებები უზრუნველყოფილია კუთხეებში დამონტაჟებული ელექტროამძრავიანი ჯალამბრებით

სანაპირო ბურჯების აგების შემდეგ, მდინარის ერთერთ ნაპირზე აწყობილი კონსტრუქცია განთავსებულია ბურჯის თავის დონიდან (f+200) მმ., (სადაც f- კონსტრუქციის აწეულობის/ჩაწეულობის ზომა; 200- უსაფრთხოების ზომა) ზომაზე მოწყობილ საგორავებიან მიმმართველებში, საყრდენ კვანძზე გამობმულია დასაქაჩი (გასათრევი) ჯალამბარის ბაგირი, რომლის გამოყენებით წარმოებს კონსტრუქციის შეგორება ბაგირებზე შეკიდებული სივრცითი სამონტაჟო ბაქნის ძირზე (ბურჯის თავის დონიდან (f+200) მმ. მანძილზე) დამონტაჟებულ სამონტაჟო კვანძზე და სრულდება კონსტრუქციის საყრდენი კვანძის შეკიდული ბაქნის კვანძთან ჩამაგრება. დასაქაჩი (გასათრევი) ჯალამბარისა და მცურავი ბაქნის ელექტროამძრავიანი ჯალამბარის სინქრონული მოძრაობით კონსტრუქცია გადატანილი და დამონტაჟებული იქნება მდინარის მეორე ნაპირის ბურჯზე (ნახ. № IV.3.2, 3.2ა, 3.2ბ, 3.2გ).

კონსტრუქციის მონტაჟის პროცესი გეგმის (ზედხედის) მიხედვით (მეორე ვარიანტი)



ნახაზი-IV.3.2

საჰაერო გადასასვლელის ორივე მისასვლელი აღჭურვილია კომპენსატორის კონსტრუქციით, რომელიც დაყრდნობილია ნაპირზე მოწყობილ დამატებით საყრდენებზე.

თავი 5. შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების

ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება

შემოთავაზებული კონსტრუქციის ეკონომიკური ეფექტურობის შესაფასებლად წინამდებარე გაანგარიშებაში შედარებულია არსებული (ანალოგიური) და ახალი ტიპის კონსტრუქციის ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები. არსებული კონსტრუქციების ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები აღებულია რეალური აღსრულებული პროექტების ტექნიკური მასალებიდან (საქართველოს ნავთობისა და გაზის კორპორაციის საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველყოფის დეპარტამენტი, შპს „სუროთმოდვარი“ და Н. М. Кирсанов, всякие конструкций, лист 16,17. Под общей редакцией. Д Т Н, проф. Н. С. Стрелецкого. Проект Разработан, Московский ЦНИИ проектсталь- конструкцией, построена -1964 г.);

შერჩეულია ოთხი სახის არსებული კონსტრუქცია:

1. მდინარე ტეხურაზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, 4 მალიანია, $4 \times 30 = 120$ მ, პროექტი დამუშავებულია საქ. ნავთ. და გაზის კორპორაციის მიერ;
2. ბოლნისის რაიონის წყალმომარაგების ცენტრალური მილსადენის დამეწყვილი მონაკვეთის („საყაფლანო“) გადაკვეთის კიდული საჰაერო გადასასვლელი აღდგენის პროექტი, 1 მალიანია, $L=130$ მ; პროექტი დამუშავებულია შპს „სუროთმოდვარი“-ს მიერ;
3. მდინარე რიონზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ათ მალიანია, $27+8 \times 30+27=294$ მ, პროექტი დამუშავებულია საქ. ნავთ. და გაზის კორპორაციის მიერ;
4. მდინარე ამუდარიაზე კიდული საჰაერო გადასასვლელი, 1 მალიანი, $L=300$ მ, Н. М. Кирсанов, всякие конструкций, лист 16,17. Под общей редакцией. Д Т Н, проф. Н. С. Стрелецкого. Проект Разработан, Московский ЦНИИ проектсталь- конструкцией, - 1964 г.;

შემოთავაზებული კონსტრუქციის გაანგარიშება ჩატარებულია არსებული კონსტრუქციების მალეების ზომების შესაბამისად შემდეგი ოთხი ვარიანტისათვის:

1. შემოთავაზებული კონსტრუქცია შესრულებულია მალით 120 მ;
2. შემოთავაზებული კონსტრუქცია შესრულებულია მალით 130 მ;
3. შემოთავაზებული კონსტრუქცია შესრულებულია მალით 290 მ;
4. შემოთავაზებული კონსტრუქცია შესრულებულია მალით 300 მ;

შედარება ჩატარებულია მასის, შრომის დანახარჯების და მონტაჟის დანახარჯების მიხედვით. შეფასების ძირითად კრიტერიუმად მიღებული იყო ღირებულება.

კონსტრუქციის დამზადების შრომის დანახარჯები განსაზღვრულია დღეისათვის საქართველოში არსებული დამამზადებელი ქარხნების არსებული ტექნოლოგიების გათვალისწინებით.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის თვითღირებულება განსაზღვრულია იმ ხარჯთაღრიცხვის ნორმებით, რომლითაც განსაზღვრული იყო არსებული კონსტრუქციების თვითღირებულება და გადაყვანილი იქნა ლარებში დღეისათვის საქართველოში მოქმედი სამშენებლო რესურსების ფასთა კრებულში [56] მითითებული ლარებში გადაყვანილი კოეფიციენტის გათვალისწინებით. შემოთავაზებული კონსტრუქციის თვითღირებულებაში ბეტონის ხარჯი პირობითად გათვალისწინებული არ არის.

სატრანსპორტო დანახარჯები განსაზღვრული იქნა მისი 500 კმ-ზე გადატანის პირობებისათვის.

მასალის დანახარჯების მნიშვნელობები აღებულია სადისერტაციო ნაშრომის დანართი 2-დან, საქართველოს ნავთობისა და გაზის კორპორაციის საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველყოფის დეპარტამენტისა და შპს „ხუროთმოძღვარი“-ს მიერ დაპროექტებული საჰაერო გადასასვლელების კონსტრუქციების ხარჯთაღრიცხვების მიხედვით (დღეისათვის ექსპლუატაციაში მყოფი გადასასვლელების კონსტრუქციები). ასევე, გამოყენებულია ტექნიკურ ლიტერატურაში მოცემული საჰაერო გადასასვლელების კონსტრუქციების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, (კერძოდ, Н. М. Кирсанов, всякие конструкции, лист 16,17. Под обшей редакцией. Д Т Н, проф. Н. С. Стрелецкого. Проект Разработан, Московский ЦНИИ проектсталь- конструкции, построена -1964 г.)

შედარება ჩატარებულია ცხრილური წესით და მოცემულია ცხრ. 5.1÷5.5 სახით.

მასალების (ფოლადის) ხარჯი არსებულ და შემოთავაზებულ კონსტრუქციებზე

№ №	კონსტრუქციის ტიპის დასახელება	ფოლადის ხარჯი კგ/გრ.მ.	ბეტონ. ხარჯი კუბ. მ./გრ.მ.	დოკუმენტის დასახელება
შემოთავაზებული კონსტრუქცია				
1	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=120 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	630.0	-	დისერტაციის დანართი-2
2	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=130 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	700.0	-	დისერტაციის დანართი-2
3	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=290 მ. ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	2050.0		დისერტაციის დანართი-2
4	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=300 მ., ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	2160.0	-	დისერტაციის დანართი-2
არსებული კონსტრუქციები				
1	მდინარე ტეხურაზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ოთხ მალიანია, სქემით 27.0+32+2X30.5=120 მ.	დანახარჯები მოცემულია საქ. ნავთობისა და გაზის კორპორაციის საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველყოფის დეპარტამენტის მიერ დამუშავებულ პროექტის ხარჯთაღრიცხვაში		
2	ბოლნისის რაიონის წყალმომ. ცენტრალური მილსადენის დამეწყერილი მონაკვეთის („საყაფლანო“) გადაკვეთის კიდული საჰაერო გადასასვლელი აღდგენის პროექტი, 1 მალიანი, L=130 მ;	დანახარჯები მოცემულია შპს „ხუროთმოძღვარი“-ს მიერ დამუშავებულ ხარჯთაღრიცხვაში		
3	მდინარე რიონზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ათ მალიანია, სქემით 27.0+8X30.0+27.0=294 მ.	დანახარჯები მოცემულია საქ. ნავთობისა და გაზის კორპორაციის საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველყოფის დეპარტამენტის მიერ დამუშავებულ პროექტის ხარჯთაღრიცხვაში		
4	მდინარე ამუდარიაზე გაზსადენის კიდული საჰაერო გადასასვლელი. გადასასვლელის მალი =300,0 მ., ფოლადის საერთო ხარჯი $\Sigma G=1058.0$ ტონა, მათ შორის ბაგირებისა და დაბალღევირებული ფოლადის ხარჯი $\Sigma G=(250.0+175)$ ტონა, ფეხით მავალთა ნაწილის გარეშე $\Sigma G=930.0$ ტონა, ერთ გრ.მ $G=930.0/300=3100.0$ კგ.=3.10 ტ.	2527.0	-	Н. М. Кирсанов, всякие конструкций, лист 16,17. Под обшей редакцией. ДТН, проф. Н. С. Стрелецкого. Проект Разработан, Московский ЦНИИ проектсталь-конструкцией, построена -1964 г.

ცხრილი - 5.2					
შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების მასალის ხარჯის ნატურალური და ერთეულის ღირებულება					
№ რიგზე	კონსტრუქციის დასახელება	ფოლადის ხარჯი კონსტრუქციაზე კვ/გრ.მ.	ფოლადის ერთეულ-ის ფასი ლ/კვ.	მასალის ხარჯის ფასი ლ/გრ.მ.	დანახარჯები მასალაზე
1	2	3	4	5	6
შემოთავაზებული კონსტრუქციები					
1	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=120 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	630	1.85	1165.5	1165.5
2	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=130 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	700	1.85	1295	1295
3	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=290 მ. ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06.2013 წ.	2050	1.85	3792.5	3792.5
4	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=300 მ., ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06. 2013 წ.	2160	1.85	3996	3996
არსებული კონსტრუქციები					
1	მდინარე ტეხურაზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ოთხ მალიანია, სქემით 27.0+32+2X30.5=120 მ.	დანახარჯები მოცემულია საქ. ნავთ. და გაზის კორპ. საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველგ. მიერ დამ. პრ. ხარჯთაღრიცხვაში			
2	ბოლნისის რაიონის წყალმომ. ცენტრალური მილსადენის დამეწერილი მონაკვეთის („საყაფლანო“) გადაკვეთის კიდული საჰაერო გადასასვლელი ადღგენის პროექტი, 1 მალიანი, L=130 მ;	დანახარჯები მოცემულია შპს „ხუროთმოძღვარი“-ს მიერ დამუშავებულ ხარჯთაღრიცხვაში			
3	მდინარე რიონზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ათ მალიანია, სქემით 27.0+8X30.0+27.0=294 მ.	დანახარჯები მოცემულია საქ. ნავთ. და გაზის კორპ. საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველგ. მიერ დამ. პრ. ხარჯთაღრიცხვაში			
4	მდინარე ამუდარიაზე გაზსადენის კიდული საჰაერო გადასასვლელი. გადასასვლელის მალი =300,0 მ., ფეხით მავალთა ნაწილის გარეშე ΣG=930.0 ტონა, ერთ გრ.მ G=930.0/300=3100.0 კვ.=3.10 ტ.	3100	1.85	5735	5735

ცხრილი - 5.3						
შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების დამზადებისა და მონტაჟის დანახარჯები						
№ როგზე	კონსტრუქციის დასახელება	კონსტ. დამზ. შრომის დანახარჯი კვ.სთ./გრ.მ.	კონსტ. მონტაჟის შრომის დანახარჯი კვ.სთ./გრ.მ.	მთლიანი შრომის დანახარჯი კვ.სთ./გრ.მ.	საშ. ღირებულება ლ/კვ.სთ.	შრომის დანახარჯები ლარი/გრ.მ.
1	2	3	4	5	7	8
შემოთავაზებული კონსტრუქციები						
1	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=120 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06.2013წ.	36.5	33.8	70.3	8.15	572.945
2	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=130 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06.2013წ.	36.5	33.8	70.3	8.15	572.945
3	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=290 მ. ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	46.5	44.8	91.3	8.15	744.095
4	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=300 მ., ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06.2013წ.	46.5	44.8	91.3	8.15	744.095
არსებული კონსტრუქციები						
1	მდინარე ტეხურაზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ოთხ მალიანია, სქემით $27.0+32+2X30.5=120$ მეტრი.	დანახარჯები მოცემულია საქ. ნავთ. და გაზის კორპ. საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველგ. დეპ. მიერ დამ. პრ. ხარჯთაღრიცხვაში				
2	ბოლნისის რაიონის წყალმომ. ცენტრალური მილსადენის დამეწერილი მონაკვეთის („საყაფლანო“) გადაკვეთის კიდული საჰაერო გადასასვლელი აღდგენის პროექტი, 1 მალიანი, L=130 მეტრი;	დანახარჯები მოცემულია შპს „ხუროთმოძღვარი“-ს მიერ დამუშავებულ ხარჯთაღრიცხვაში				
3	მდინარე რიონზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ათ მალიანია, სქემით $27.0+8X30.0+27.0=294$ მეტრი.	დანახარჯები მოცემულია საქ. ნავთ. და გაზის კორპ. საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველგ. დეპ. მიერ დამუშავებულ პროექტის ხარჯთაღრიცხვაში				
4	მდინარე ამუდარიაზე გაზსადენის კიდული საჰაერო გადასასვლელი. გადასასვლელის მალი =300,0 მ., ფეხით მავალთა ნაწილის გარეშე $\Sigma G=930.0$ ტონა, ერთ გრ.მ $G=930.0/300=3100.0$ კგ.=3.10 ტ.	46.5	44.8	91.3	8.15	744.095

ცხრილი - 5.4							
შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების სატრანსპორტო დანახარჯები							
№ რიგზე	კონსტრუქციის დასახელება	კონსტრუქციის დატვირთვა ლ/ტ	კონსტრუქციის გადმოტვირთვა ლ/ტ	ტრანსპორტირების ღირებულება ლ/ტ	მოლიანი დანახარ. თრანსპორტირებაზე ლ/ტ	კონსტრუქციის წონა ტ/გრ.მ.	სატრანსპორტო დანახ. ლ/გრ.მ
1	2	3	4	5	7	8	9
შემოთავაზებული კონსტრუქციები							
1	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=120 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	40.28	40.28	80.4	160.96	0.63	101.4
2	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=130 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	40.28	40.28	80.4	160.96	0.7	112.7
3	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=290 მ. ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06.2013 წ.	40.28	40.28	80.4	160.96	2.05	330
4	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=300 მ., ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06.2013 წ.	40.28	40.28	80.4	160.96	2.16	347.7
არსებული კონსტრუქციები							
1	მდინარე ტეხურაზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ოთხ მალიანია, სქემით 27.0+32+2X30.5=120 მ.	დანახარჯები მოცემულია საქ. ნავთ. და გაზის კორპ. საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველგ. მიერ დამ. პრ. ხარჯთაღრიცხვაში					
2	ბოლნისის რაიონის წყალმომ. ცენტრალური მილსადენის დამეწყრილი მონაკვეთის („საყაფლანო“) გადაკვეთის კიდული საჰაერო გადასასვლელი ადღენის პროექტი, 1 მალიანი, L=130 მ;	დანახარჯები მოცემულია შპს „ხუროთმოძღვარი“-მიერ დამუშავებულ ხარჯთაღრიცხვაში					
3	მდინარე რიონზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ათ მალიანია, სქემით 27.0+8X30.0+27.0=294 მ.	დანახარჯები მოცემულია საქ. ნავთ. და გაზის კორპ. საინჟინრო-ტექნიკური უზრუნველგ. მიერ დამუშავებულ პროექტის ხარჯთაღრიცხვაში					
4	მდინარე ამუდარიაზე გაზსადენის კიდული საჰაერო გადასასვლელი. გადასასვლელის მალი =300,0 მ., ფეხით მავალთა ნაწილის გარეშე $\Sigma G=930.0$ ტონა, ერთ გრ.მ $G=930.0/300=3100.0$ კგ.=3.10 ტ.	40.28	40.28	80.4	160.96	3.1	499

ცხრილი - 5.5					
შემოთავაზებული და არსებული კონსტრუქციების სატრანსპორტო დანახარჯები					
№ რიგზე	კონსტრუქციის დასახელება	მასალის დანახარჯები ცხრ. 5.2-დან	კონსტრუქციის დამზ. და მონტ. დანახარ. ცხრ. 5.3-დან	ტრანსპორტის დანახარჯები 500 კმ. ტრანს ცხრ. 5.4- დან	კონსტრუქციის საერთო (ჯამური) ღირებულება ლ/გრ.მ.
1	2	3	4	5	9
შემოთავაზებული კონსტრუქციები					
1	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=120 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	1165.5	573	101.405	1839.905
2	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=130 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.	1295	573	112.67	1980.67
3	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=290 მ. ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06.2013 წ.	3792.5	744.1	329.97	4866.57
4	შემოთავაზებული კონსტრუქცია, მალი L=300 მ., ხისტი ნაწილი პოლ. წამწით, საქპატენტი, პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12.06.2013 წ.	3996	744.1	347.67	5087.77
არსებული კონსტრუქციები					
1	მდინარე რიონზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ათ მალიანია, სქემით 27.0+8X30.0+27=294.0 მ.	ცხრ. 5.2,5.3, და 5.4 დანახარჯები მოც. ხარჯთაღრიცხვაში და შეტანილია ღირებულებაში 1 გრ/მ ფასი.= $2.000.000/294=6802.7$ ლ/გრ.მ			6802.7
2	მდინარე ტეხურაზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი, ნაშენი ოთხ მალიანია, სქემით 27.0+32.0+2X30.5=120 მ.	ცხრ. 5.2,5.3, და 5.4 დანახარჯები მოც. ხარჯთაღრიცხვაში და შეტანილია ღირებულებაში 1 გრ/მ ფასი.= $465.000/294=3875.0$ ლ/გრ.მ			3875
3	ბოლნისის რაიონის წყალმომ. ცენტრალური მილსადენის დამეწერილი მონაკვეთის („საეაფლანო“) გადაკვეთის კიდული საჰაერო გადასასვლელი აღდგენის პროექტი, 1 მალიანი, L=130 მ;	ცხრ. 5.2,5.3, და 5.4 დანახარჯები მოც. ხარჯთაღრიცხვაში და შეტანილია ღირებულებაში 1 გრ/მ ფასი.= $325.500/130=2503.8$ ლ/გრ.მ			2503.8

4	მდინარე ამუდარიაზე გაზსადენის კიდული საჰაერო გადასასვლელი. გადასასვლელის მალი =300,0 მ., ფეხით მავალთა ნაწილის გარეშე $\Sigma G=930.0$ ტონა, ერთ გრ.მ $G=930.0/300=3100.0$ კგ.=3.10 ტ.	5735	744.1	499	6978.1
---	--	------	-------	-----	--------

საბოლოოდ, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ შემოთავაზებული კონსტრუქციის L=120 მ. გამოყენების შემთხვევაში (მდინარე ტეხურაზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი დანახარჯებთან მიმართებაში) ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 25.5 %-ს, კონსტრუქციის L=130 მ. გამოყენების შემთხვევაში [ბოლნისის რაიონის წყალმომ. ცენტრალური მილსადენის დამეწერილი მონაკვეთის („საყაფლანო“) გადაკვეთის კიდული საჰაერო გადასასვლელი დანახარჯებთან მიმართებაში] ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 20.9 %-ს, კონსტრუქციის L=290 მ. (მდინარე რიონზე ხიდისებური საჰაერო გადასასვლელი დანახარჯებთან მიმართებაში) ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 28.6 %-ს, ხოლო შემოთავაზებული კონსტრუქციის L=300 მ. გამოყენების შემთხვევაში (მდინარე ამუდარიაზე გაზსადენის კიდული საჰაერო გადასასვლელის დანახარჯებთან მიმართებაში) ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 27.09 %-ს.

ზემოთ მოყვანილი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გათვალისწინებით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული კომბინირებული კონსტრუქციის მშენებლობაში (პატენტი განაცხადზე №12245/01, ბრძანება №737/01, 12. 06. 2013 წ.) გამოყენება მიზანშეწონილია.

ძირითადი დასკვნები

1. დამუშავებულია მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაბაბული კომბინირებული კონსტრუქცია, რომლის ტექნიკურ გადაწყვეტილების სიახლეზე „საქპატენტის“ მიერ გაცემულია პატენტი განაცხადზე №12245/01 (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ცენტრი, საქპატენტი, ბრძანება პატენტის გაცემის შესახებ განაცხადზე №12245/01, ბრძანების №737/01, 12. 06. 2013 წ.), რომლის ტექნიკურ გადაწყვეტით მიიღწევა მისი ანალოგების ტექნიკურ გადაწყვეტებში არსებული კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ხარვეზების აღმოფხვრა. ასევე ახალი ტიპის კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტა არსებული ანალოგიური კონსტრუქციებისაგან განსხვავდება წინასწარდასაბაბავი ელემენტების განლაგებით და მისი დაბაბვის ახალი-გაუმჯობესებული სქემით. ნაშრომში აღწერილი ტექნიკური გადაწყვეტით მიიღწევა მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელის კონსტრუქციის ყველა მზიდ ელემენტში ძაბვების მოხერხებული რეგულირება.

2. შემუშავებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრებისა და დატვირთვების განსაზღვრის მეთოდიკა; 3. შემუშავებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის მდგრადობაზე გაანგარიშების მეთოდიკა, მოცემულია კონსტრუქციის ხისტი ნაწილის განივი კვეთის დრეკადი წირის დიფერენციალურ განტოლების ამონახსნის საბოლოო შედეგი;

4. დამუშავებულია ახალი ტიპის კონსტრუქციის ბაგიროვანი ნაწილის გაანგარიშების მეთოდიკა დიფერენცირებული საანგარიშო სქემის გამოყენებით („მოქნილი ძაფისა“ და „ჯაჭვწირის“ პარაბოლით აპროქსიმაციის მეთოდებით);

5. შემუშავებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშების მეთოდიკა (ალბათური ინტერპრეტაცია). მოცემულია გარეცენტრულად შეკუმშული ღეროების ზიდვის უნარის განსაზღვრა ალბათური ინტერპრეტაციით, რომელიც, ზოგადად, კონსტრუქციების ხისტი ნაწილის ელემენტების გაანგარიშებისას მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს. დადგენილია მკუმშავი ძალის ზემოქმედებისას ღეროს ზიდვის უნარის ამოწურვისა და შენობა-ნაგებობების ჩონჩხედის ცალკეული ელემენტების მტყუნების ალბათობა;

6. შესრულებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გაანგარიშება სამშენებლო კონსტრუქციების ტიპური საანგარიშო პროგრამა LiRa-ს გამოყენებით;

7. დამუშავებულია ახალი ტიპის კონსტრუქციის ელემენტებისა და ძირითადი კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტები;

8. მოცემულია მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაბული კომბინირებული კონსტრუქციის კონსტრუირება;

9. მოცემულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის დამზადების, მონტაჟისა და წინასწარი დაბავის განხორციელების ტექნოლოგია;

10. შემოთავაზებული მილსადენების დიდმალიანი საჰაერო გადასასვლელის ახალი ტიპის წინასწარდაბული კომბინირებული კონსტრუქციისათვის ჩამოყალიბებული გაანგარიშების მეთოდოლოგია იმდენად მიახლოებულია კონსტრუქციის ნამდვილ მუშაობასთან, რომ მისი ექსპლუატაციისას უზრუნველყოფილია კვანძებისა და ღეროვანი ელემენტების ზიდვისუნარი;

11. ჩატარებულია ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი. შემოთავაზებული კონსტრუქციის გამოყენებით ეკონომიკური ეფექტურობა $20.9 \div 28.6$ %-ის ფარგლებშია.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. სსრკ საავტორო მოწმობა №857343, კლ. E04 B17/00, 1981, ბიულეტენი N31.
2. სსრკ საავტორო მოწმობა №659684, კლ. E04 B17/00, 1979, ბიულეტენი N16.
3. И. И. Петров, В. В. Спиридонов, надземная прокладка трубопроводов, ст. 130, 131. издательство НЕДРА, москва 1965.
4. სსრკ საავტორო მოწმობა SU 1678948 A1, კლ. E01 D 17/00, 1991, ბიულეტენი N35.
5. პატენტი JP H 4228709 (Kawasaki Steel CO), 18. 08. 1992.
6. პატენტი JP H 07259018 (Kurimoto LTD), 09. 10. 1995.
7. სსრკ საავტორო მოწმობა SU 844721 (ავტორი ი. ვ. გაიდაროვი), 07. 07. 1981.
8. პატენტი განაცხადზე №12245/01 (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ცენტრი, საქპატენტი, ბრძანება პატენტის გაცემის შესახებ განაცხადზე №12245/01, ბრძანების №737/01, 12. 06. 2013 წ.).
9. А. А. Воеводин, Предварительно напряженные системы элементов конструкций, Москва, Стройиздат, 1989 г.
10. Г. Г. Виноградов, «расчет строительных пространственных конструкций, Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990 г.
11. А.Г. Трущев, пространственные металлические конструкций, Москва, Стр-дат, 1983 г.
12. М. И. Казакевич, Ю.К. Мелашвили, О. Г. Сулаберидзе. Аеро динамика висячих покрытий. Киев, будивельеик, 1983.
13. Под редакцией д-ра техн. наук, проф. А. А. Уманского, Справочник проектировщика, расчетно-теоретический, том –I, изд-во литературы по строительству, Москва- 1972. с. 599
14. E. W. McAllister, Pipeline rules of thumb, HANDBOOK. Quick and accurate solutions tu your everyday pipeline problems. 2005.
15. ASME B31.8-1999 – ASME CODE FOR PRESSURE PIPING. Gas Transmission and Distribution Piping Systems, 1999.
16. СНиП 2.05.06-85 – მაგისტრალური გაზსადენები;
17. СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА МОСТЫ И ТРУБЫ СНиП 3.06.04-91, Москва 1992.
18. ბ. სურგულაძე, გ. ბერაძე, მილსადენების დიდმალიანი გადასასვლელის წინასწარდაბაზული კომბინირებული კონსტრუქცია,

19. В. В. Горева, специальные конструкции и сооружения, Москва «высшая школа» 2002.
20. СНИП-П.01.07-85. Нагрузки и воздействия. –М.:Гострой СССР. 1987. 34 с.
20. დაპროექტების ნორმები – „სამშენებლო კლიმატოლოგია“
21. სამშენებლო ნორმები და წესები – „სეისმომედეგი მშენებლობა“ (35 01.01-09)
22. А. А. Воеводин, предварительно напряженные системы элементов конструкций, Москва, Стройиздат, 1989 г.
23. А. А. Воеводин, о влиянии изгибной жесткости распорок и предварительно напряжения на устойчивость многопанельной шпренгельной стойки, Механика и расчет сооружений, Стройиздат, 1974 г.б №6, стр. 55-59.
24. А. А. Воеводин, устойчивость предварительно напряженной шпренгельной стойки, Механика и расчет сооружений, Тр. НИИР, 1970 г., №7, стр. 120-126.
25. Гаидаров Ю. В. устойчивость предварительно напряженной металлических конструкций с затяжками, Изд. вузов, Сер. Стр.-во и архитектура, №1, 1968 г.
26. А. А. Воеводин, Предварительно напряженные системы элементов конструкций, Москва, Стройиздат, 1989 г.
27. Г. Г. Виноградов «расчет строительных пространственных конструкций, Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990 г.
28. А.Г. Трущев, пространственные металлические конструкций, Москва, Стр-здат, 1983 г.
29. П. ференчик, М. Тохачек «предварительно напряженные стальные конструкции» М. 1979
30. Металлические конструктории. Спец. Курс. Изд.-2-е. Пер. Под ред. д. т. н. проф. Е. И. Беленя. –М. : Стройиздат, 1982. С. 63-65.
31. Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М. Стройиздатб 1982.
32. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. Стройиздатб 1978.
33. Беляев И. М. Сопротивление материалов. М. „Наука“, 1965
34. Металлические конструкций. Под редакцией Е. И. Беленя, М. Стройиздать 1986.
35. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*). М., ЦНТИ, Гостроя СССР, 1989.

36. Вольмир А. С. Устойчивость упругих систем. М. Физматгиз. 1963.
37. Аугусти Г., Баратта А., Кашиати Ф., Вероятностные методы в строительном проектировании. М. Стройиздат 1988.
38. Райзер В. Д. Теория надежности в строительном проектировании. М., Изд-во Ассоц. строительных вузов, 1998.
39. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. М., ЦНТИ, Гострой СССР, 2006, 90 ст.
40. ი. მშენებრადე, გ. ქორქია. გარეცენტრული შეკუმშული ღეროების მდგრადობა დრეკად-პლასტიკურ სტადიაში.
41. ი. მშენებრადე, დ. ალუღიშვილი. გარეცენტრულად შეკუმშული ღეროების ზიდვის უნარის განსაზღვრა ალბათური მეთოდით. საერთაშორისო სიმპოზიუმი. თბილისი. 2001.
42. Металлические конструкций. Под редакций Ю. И. Кудишина. М. Издательский. центр „Академия“, 2007. 682 ст.
43. А. Ф. Смирнов, статическая и динамическая устойчивость сооружений, М, 1947.
44. И. И. Гольденблат, динамическая устойчивость сооружений. М, 1948.
45. В. В. Болотин, динамическая устойчивость упругих систем, Гостеоретиздат, 1956.
46. М. И. Казакевич, Ю.К. Мелашвили, О. Г. Сулаберидзе. Аеро динамика висячих покрытий. Киев, будивельеик, 1983.
47. Н. В. Мак-Лахлан, Теория и приложения функций Матье. Изд. иностр. литературы.1953.
48. А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров, компьютерные модели конструкций, Киев `факт~ 2005.
49. Филин А.П. Современные проблемы использования ЭЦВМ в механике твёрдого деформируемого тела. –Л. : 1974. 418 с.
50. М. М. Михайлов, предварительно напряжённые комбинированные и вантовые конструкции, Издательство АСВ, 2002.- 255 с.
51. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Под ред. д. т. н. ,проф. А. А. Уманского. Книга 2. –М. : Изд-во лит. По строит., 1973. С. 80-168.
52. В. Д. Казьменко, Стальной канат, прочность и ресурс. Л. Машиностроениеб 1983.-72 с.

53. Н. М. Кирсанов, Висячие и вантовые конструкции, М. Строиздат, 1981. -158 с.
54. Н. М Кирсанов, Висячие покрытия производственных зданий, М. Строиздат, 1990. - 128 с.
55. ზ. ეზუგბაია, გ. იოსებაშვილი, ი. ირემაშვილი შენობებისა და ნაგებობების აგების ტექნოლოგია, თბილისი 2012 წ.
56. „სამშენებლო რესურსების ფასები“, საქართველოს მშენებლობის შემფასებელთა კავშირი, თბილისი, IV, 2013 წ.

დ ა ნ ა რ თ ი

დანართი №1

შემოთავაზებული ახალი ტიპის კონსტრუქციის გაანგარიშების მაგალითები
სამშენებლო კონსტრუქციების საანგარიშო ტიპური პროგრამა LiRa 9.6-ს
გამოყენებით.

შესავალი.

გაანგარიშებები ჩატარებულია შემოთავაზებული ახალი ტიპის ოთხი სხვადასხვა მაღის სიდიდის კონსტრუქციების პროექტირების შემთხვევისათვის, კერძოდ $L=120$ მ. და $L=130$ მ., როცა კონსტრუქციის ცენტრალური ხისტი ნაწილი შესრულებულია გაგლინული ელემენტებისაგან (კოჭური, ხაზოვანი ელემენტებისაგან) და $L=290$ მ. და $L=300$ მ., როცა კონსტრუქციის ცენტრალური ხისტი ნაწილი შესრულებულია პოლიგონალური მოხაზულობის წამწებისაგან.

აღნიშნული ორი ნაირსახეობის კონსტრუქციებზე მოქმედი დატვირთვები და გადასატანი პროდუქტის სახეობა აღებულია ერთნაირი (ერთი და იგივე კლიმატური რაიონი და მილსადენში გაზის სამუშაო წნევა $P=54$ ატმ.).

1. კონსტრუქციის დიაფრაგმებს შორის I-მაღის სიგრძის გაანგარიშება

გაანგარიშებისათვის დაშვებულია შემდეგი სიდიდეები (აღებულია მდ. ტეხურაზე მოქმედი საჰაერო გადასასვლელის პროექტის ტექ. მასალიდან):

- ფოლადის სიმტკიცის კლასი X60
- მილსადენის ფოლადის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე $R_2=270$ მგპ;
- მილის გარე დიამეტრი $D_{გარე}=711,2$ მმ;
- მილის კედლის სისქე $\delta=10,31$ მმ.
- მუშა (საპროექტო) წნევა $p=5,4$ მგპ;
- ფოლადის სიმკვრივე $\rho_{ფოლ}=7850$ კგ/მ³;
- ფოლადის დრეკადობის მოდული $E=2,06 \times 10^5$ მგპ;
- ფოლადის პუასონის კოეფიციენტი $\nu=0,3$;

მილის გეომეტრიული პარამეტრები:

- მილის ცილინდრული გარსის ზედაპირის გასაშუალებელი რადიუსი

$$R = 0,5(D_{\text{გარე}} - t) = 0,5(71,12 - 1,031) = 35,04 \text{ სმ};$$

- მილის განივი კვეთის ფართობი

$$A = 2\pi R t = 2 \cdot 3,14 \cdot 35,04 \cdot 1,031 = 227 \text{ სმ}^2;$$

- წინაღობის მომენტი

$$W = \pi R^2 t = 3,14 \cdot 35,04^2 \cdot 1,031 = 3975 \text{ სმ}^3;$$

- ინერციის მომენტი

$$I = \pi R^3 t = 3,14 \cdot 35,04^3 \cdot 1,031 = 139277,45 \text{ სმ}^4;$$

- მილის სიხისტე კუმშვაზე და ღუნვაზე, შესაბამისად

$$EA = 2,06 \cdot 10^7 \cdot 227 = 467,6 \cdot 10^7 \text{ ნ};$$

$$EI = 2,06 \cdot 10^7 \cdot 139277,45 = 286,9 \cdot 10^{10} \text{ ნ} \cdot \text{სმ}^2.$$

გრძივი დატვირთვები მილის საკუთარი წონისა და პროდუქტის წონისაგან, შესაბამისად, შეადგენს

$$q_m = \rho g A = 7,85 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 227 \cdot 10^{-4} = 1748,1 \text{ ნ/მ} = 17,48 \text{ ნ/სმ};$$

$$q_g = p D_{\text{შიგა}}^2 = 10^{-2} \cdot 5,4 \cdot 69,1^2 = 257,5 \text{ ნ/მ} = 2,58 \text{ ნ/სმ}.$$

მილსადენის და გაზის ჯამური წონით გამოწვეული გრძივი დატვირთვა

$$q = q_m + q_g = 17,48 + 2,58 = 20,1 \text{ ნ/სმ} = 0,20 \text{ ტ/მ}$$

თოვლის დატვირთვა გაზსადენის მილის ერთ გრძივ სმ-ზე ტოლია

$$S_{\text{გ. მილზე}} = S_0 \cdot \gamma_s \cdot D_{\text{მილი}} = 0,070 \cdot 1,4 \cdot 71,1 = 6,97 \text{ ნ/სმ};$$

თოვლის დატვირთვა შემოთავაზებული კონსტრუქციის საკოჭის (მოქნილი ელემენტის, ბაგირის) ერთ გრძივ სმ-ზე ტოლია

$$S_{\text{საკ.}} = S_0 \cdot \gamma_s \cdot D_{\text{საკოჭი}} = 0,070 \cdot 1,4 \cdot 5,1 = 0,50 \text{ ნ/სმ};$$

შემოყინულობით გამოწვეული დატვირთვა გაზსადენის მილის ერთ გრძივ სმ-ზე იანგარიშება II.10 ფორმულით (ყოფილი სსრკ-ს ყინულიანობის I რაინისათვის, ელემენტები განლაგებულია 10 დან -300 მეტრამდე. იხ. СНИП-2.01.07-85. Нагрузки и воздействия.)

$$i = \pi b k \mu_1 (d + b k \mu_1) \rho g \cdot 10^{-3} =$$

$$= 3,14 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot (71,1 + 2 \cdot 1,2 \cdot 0,6) \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 24,1 \text{ ნ/მ}$$

შემოყინულობით გამოწვეული დატვირთვა შემოთავაზებული კონსტრუქციის საკოჭის (მოქნილი ელემენტის, ბაგირის) ერთ გრძივ სმ-ზე ტოლია

$$i = \pi b k \mu_1 (d + b k \mu_1) \rho g \cdot 10^{-3} =$$

$$= 3,14 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot (5,1 + 2 \cdot 1,2 \cdot 0,6) \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 0,048 \text{ ნ/მ}$$

საანგარიშო დატვირთვის გაანგარიშებული მნიშვნელობისთვის კონსტრუქციის დიაფრაგმებს შორის მალის მაქსიმალური სიგრძე იანგარიშება II.2 ფორმულით და იგი შეადგენს:

ა) როცა მილის თოვლით და შემოყინულობით გამოწვეული დატვირთვა სახელმწიფოში მოქმედი ნორმების მიხედვით არ არის გასათვალისწინებელი და იგულისხმება, რომ მისი გამოცდა სიმტკიცეზე და ჰერმეტიულობაზე ჩატარდება პნევმატიკური მეთოდის გამოყენებით კონსტრუქციის დიაფრაგმებს შორის მალის მაქსიმალური სიგრძე ტოლია

$$l = \sqrt{\frac{12W(R_2 - \frac{npD_{\text{მიგა}}}{4t_{\text{მილი}}})}{q}} = \sqrt{\frac{12 \times 3975 \times (27000 - \frac{1,1 \times 540 \times 69,1}{4 \times 1,031})}{20,1}} = 6360,4 \text{ სმ} = 63,6 \text{ მ.}$$

ბ) როცა სახელმწიფოში მოქმედი ნორმების მიხედვით მილის თოვლით და შემოყინულობით გამოწვეული დატვირთვა გასათვალისწინებელია და იგულისხმება, რომ მისი გამოცდა სიმტკიცეზე და ჰერმეტიულობაზე ჩატარდება ჰიდრაულიკური მეთოდის გამოყენებით.

გაზსადენის ჰიდრაულიკური გამოცდისას მილსადენის დატვირთვა შეადგენს $q = q_a + q_{\text{ყვ}} = 17,48 + 36,8 = 54,3 \text{ ნ/სმ.}$

ვინაიდან ჰიდრაულიკური გამოცდის დატვირთვის სიდიდე აღემატება ლიპყინულისა და თოვლის დატვირთვის სიდიდეს მალის მაქსიმალური დასაშვები სიგრძე უნდა იყოს არა უმეტეს:

$$l = \sqrt{\frac{12W(R_2 - \frac{npD_{\text{მიგა}}}{4t_{\text{მილი}}})}{q}} = \sqrt{\frac{12 \times 3975 \times (27000 - \frac{1,1 \times 540 \times 69,1}{4 \times 1,031})}{54,3}} = 3869,8 \text{ სმ} = 38,7 \text{ მ.}$$

კონსტრუქციის დიაფრაგმებს შორის მალის „ა“ შემთხვევისათვის გამოთვლილი ზომის მიხედვით დიაფრაგმებს შორის მალის ზომა $l=48$ და 50 მ. **63.6** მ. მიღებულია $L=290$ მ. და $L=300$ მ. მაღიანი კონსტრუქციებისათვის, ხოლო „ბ“ შემთხვევისათვის გამოთვლილი ზომის მიხედვით დიაფრაგმებს შორის მალის ზომა $l=20$ და 21.67 მ. **38.7** მ. მიღებულია $L=120$ მ. და $L=130$ მ. მაღიანი კონსტრუქციებისათვის.

კონსტრუქციის შემადგენელ ელემენტების საკუთარი წონები განისაზღვრება საანგარიშო ტიპური პროგრამის მეშვეობით. ანალოგიურად წარმოებს სეისმური ზემოქმედებისას მასების განსაზღვრა.

2. გაანგარიშების მაგალითებისათვის დატვირთვების განსაზღვრა.

შემოთავაზებულ კონსტრუქციაზე მოქმედი დატვირთვები:

ა). მილსადენის და გაზის ჯამური წონით გამოწვეული გრძივი დატვირთვა გრძივ მეტრზე

$$q = q_m + q_g = 17,48 + 2,58 = 20,1 \text{ ნ/სმ} = 0.20 \text{ ტ/მ};$$

ბ). თოვლის დატვირთვა გაზსადენის მილის ერთ გრძივ სმ-ზე ტოლია

$$S_{\text{გ. მილზე}} = S_0 \cdot \gamma_s \cdot D_{\text{მილი}} = 0.070 \times 1.4 \times 0.711 = 0.07 \text{ ტ/მ};$$

გ). შემოყინულობით გამოწვეული დატვირთვა გაზსადენის მილის ერთ გრძ.სმ-ზე

$$i = \pi b k \mu_1 (d + b k \mu_1) \rho g \cdot 10^{-3} = \\ = 3,14 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot (71,1 + 2 \cdot 1,2 \cdot 0,6) \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 24,1 \text{ ნ/მ} = 0.024 \text{ ტ/მ};$$

შემოყინულობით გამოწვეული დატვირთვა კონსტრუქციის საკოჭის (მოქნილი ელემენტის, ბაგირის) ერთ გრძივ სმ-ზე ტოლია

$$i = \pi b k \mu_1 (d + b k \mu_1) \rho g \cdot 10^{-3} = \\ = 3,14 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot (5,1 + 2 \cdot 1,2 \cdot 0,6) \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 0.048 \text{ ნ/მ} \approx 0.0005 \text{ ტ/მ};$$

დ). ქარის ზემოქმედებისაგან გამოწვეული დატვირთვა გაზსადენის მილის ერთ გრძივ მეტრზე $W = \omega_0 \cdot \gamma_{\omega} \cdot D_{\text{მილი}} = 0.077 \cdot 1.5 \cdot 0.711 = 0.082 \text{ ტ/მ}$ აქ

$$\omega_0 = 0.61 \cdot V^2 = 0.61 \cdot 35^2 = 747 \text{ პა} = 0.077 \text{ ტ/მ}^2$$

ქარის ზემოქმედებისაგან გამოწვეული დატვირთვა კონსტრუქციის საკოჭის (მოქნილი ელემენტის, ბაგირის) ერთ გრძივ მეტრზე

$$W = \omega_0 \cdot \gamma_{\omega} \cdot D_{\text{საკ}} = 0.077 \cdot 1.5 \cdot 0.042 = 0.0048 \text{ ტ/მ}.$$

დატვირთვების სიდიდეები მაგალითებისათვის.

მაღებისა და ხისტი ნაწილის კონსტრუქციის მიხედვით გაანგარიშებულია ოთხი მაგალითი:

ა). გადასასვლელის მაღი $L=120.0$ და 130 მ., კოჭოვანი ხისტი ნაწილით. გადასასვლელის მაღი დაყოფილია ექვს ნაწილად, დიაფრაგმებს შორის მაღის ზომა $l=20$ და 21.67 მეტრი. $L=6 \times l=6 \times 20=120.0$ მეტრი და $L=6 \times l=6 \times 21.67=130.0$ მეტრი. შუა ნაწილის დიაფრაგმის დგარების ჯამური ზომა $h_{\text{შ}}=6.0$ მეტრი (სტაციონარული და მოძრავი ნაწილების ჯამი). საყრდენიდან პირველი დიაფრაგმის დგარების ჯამური ზომა $h_{\text{პ}}=3.9$ მეტრი. საყრდენიდან მეორე დიაფრაგმის დგარების ჯამური ზომა $h_{\text{მ}}=5.25$ მეტრი;

ბ). გადასასვლელის მალი $L=290.0$ და 300 მ., პოლიგონალური მოხაზულობის წამწიანი ხისტი ნაწილით.

გადასასვლელის მალი დაყოფილია ექვს ნაწილად, დიაფრაგმებს შორის მალის ზომა $l=48.3$ და 50 მეტრი. $L=6 \times l=6 \times 48.3=290.0$ მეტრი და $L=6 \times l=6 \times 50=300.0$ მეტრი. შუა ნაწილის დიაფრაგმის დგარების ჯამური ზომა $h_{\text{შ}}=12.0$ მეტრი (სტაციონარული და მოძრავი ნაწილების ჯამი). საყრდენიდან პირველი დიაფრაგმის დგარების ჯამური ზომა $h_{\text{შ}}=7.5$ მეტრი. საყრდენიდან მეორე დიაფრაგმის დგარების ჯამური ზომა $h_{\text{შ}}=10.5$ მეტრი.

D). მილსადენისა მილის საკუთარი წონისა და პროდუქტის წონისაგან გამოწვეული დიაფრაგმის კვანძებში მოქმედი შეყურსული ჯამური კვანძური დატვირთვები ტოლია:

I_1 -კონსტრუქციის მალი $L=120$ მ. $P_{\text{გ}}=0.2 \times 20=4.0$ ტონა;

I_2 -კონსტრუქციის მალი $L=130$ მ. $P_{\text{გ}}=0.2 \times 21.67 \approx 4.4$ ტონა;

I_3 -კონსტრუქციის მალი $L=290$ მ. $P_{\text{გ}}=0.2 \times 48.3 \approx 9.6$ ტონა და

I_4 -კონსტრუქციის მალი $L=300$ მ. $P_{\text{გ}}=0.2 \times 50=10.0$ ტონა.

II). თოვლისა და შემოყინულობის დატვირთვისაგან გამოწვეული დიაფრაგმის კვანძებში მოქმედი შეყურსული ჯამური კვანძური დატვირთვები ტოლია:

II_1 -კონსტრუქციის მალი $L=120$ მ. $P_{\text{თ}}=(0.07+0.024) \times 20=1.98 \approx 2.00$ ტონა;

II_2 -კონსტრუქციის მალი $L=130$ მ. $P_{\text{თ}}=(0.07+0.024) \times 21.67 \approx 2.04$ ტონა;

II_3 -კონსტრუქციის მალი $L=290$ მ. $P_{\text{თ}}=(0.07+0.024) \times 48.3=4.54$ ტონა და

II_4 -კონსტრუქციის მალი $L=300$ მ. $P_{\text{თ}}=(0.07+0.024) \times 50=4.70$ ტონა.

III). ქარის დატვირთვისაგან გამოწვეული დიაფრაგმის კვანძებში მოქმედი შეყურსული ჯამური კვანძური დატვირთვები ტოლია:

III_1 -კონსტრუქციის მალი $L=120$ მ. $P_{\text{თ}}=0.082 \times 20=1.64$ ტონა;

III_2 -კონსტრუქციის მალი $L=130$ მ. $P_{\text{თ}}=0.082 \times 21.67 \approx 1.78$ ტონა;

III_3 -კონსტრუქციის მალი $L=290$ მ. $P_{\text{თ}}=0.082 \times 48.3=3.96$ ტონა და

III_4 -კონსტრუქციის მალი $L=300$ მ. $P_{\text{თ}}=0.082 \times 50=4.10$ ტონა.

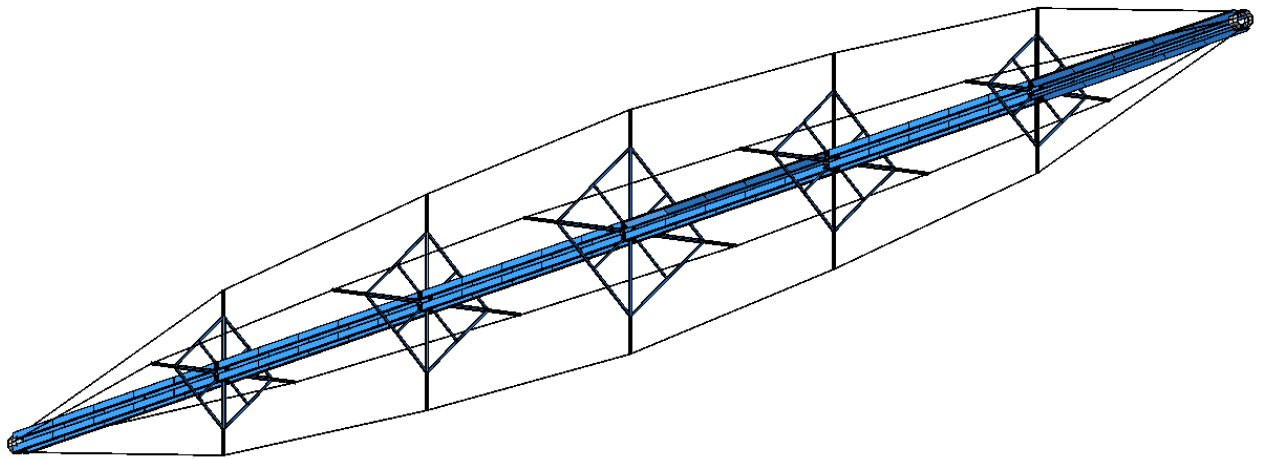
IV). სეისმური ზემოქმედებისაგან სეისმური დატვირთვების მნიშვნელობები განისაზღვრება საანგარიშო ტიპური პროგრამის მეშვეობით.

V). ქარის ზემოქმედებისაგან დინამიკურ პულსაციური მდგენელი ნორმატიული

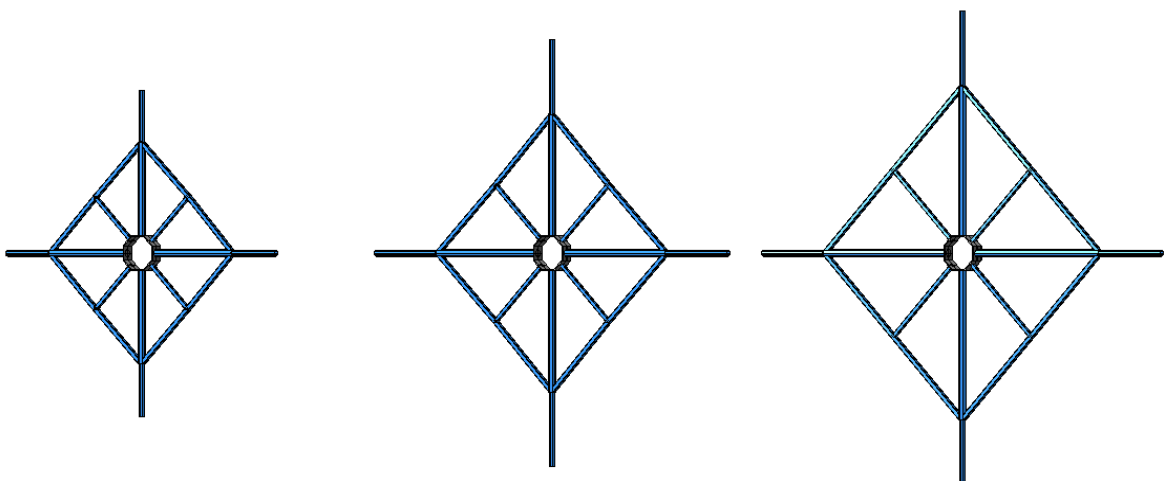
მნიშვნელობები განისაზღვრება საანგარიშო ტიპური პროგრამის მეშვეობით.

სადისერტაციო სამუშაოს მოცულობის (ნაბეჭდი თაბახის ფურცლების) ლიმიტის გამო დანართში მოცემულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გაანგარიშების ორი მაგალითის (მაღებისათვის $L=120.0$ მ. და $L=300.0$ მ.) შედეგების შემოკლებული (მინიმალური) მასალა. მაღებისათვის $L=130.0$ მ. და $L=2900.0$ მ. გაანგარიშების მაგალითების შედეგები ინახება ელექტრო ვერსიის სახით.

საანგარიშო სქემა ($L=120.0$ მ.)



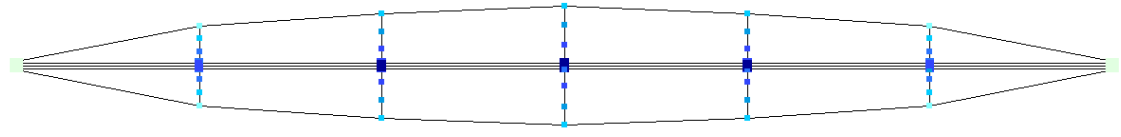
დიაფრაგმების განივი კვეთები



ვერტიკალური გადაადგილებები
მუდმივი და პროექტის დატვირთვისაგან



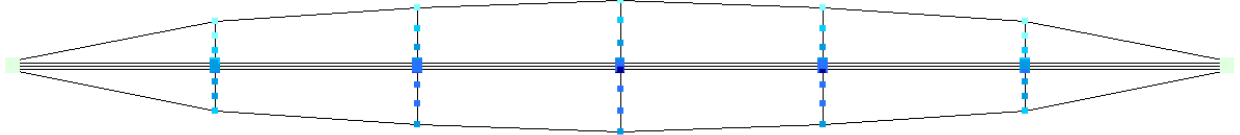
агружение 1
 /созанка перемещений по Z(G)
 динишы измерения - мм



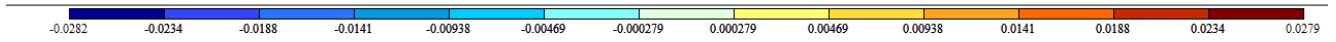
ვერტიკალური გადაადგილებები
თოვლისა და ლიპყინულის დატვირთვებისაგან



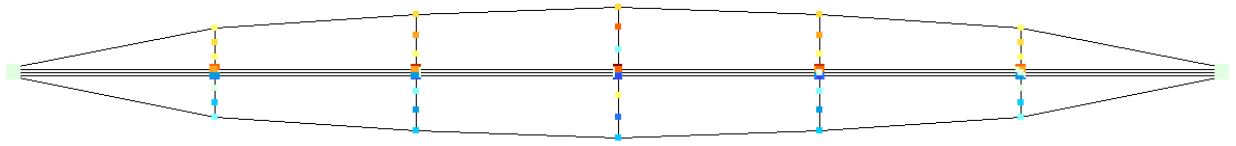
агружение 2
 /созанка перемещений по Z(G)
 динишы измерения - мм



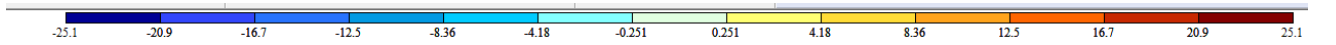
ჰორიზონტალური გადაადგილებები
ქარის დატვირთვისაგან



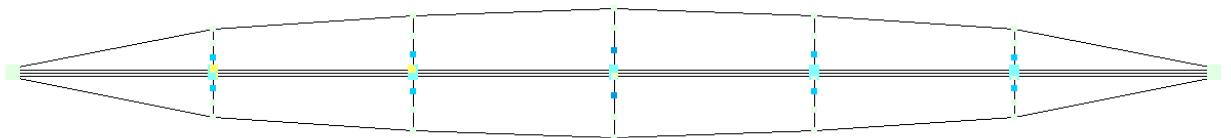
нагружение 3
 базиска перемещений по Z(G)
 единицы измерения - мм



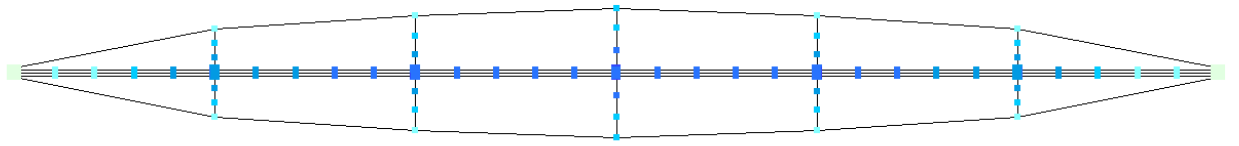
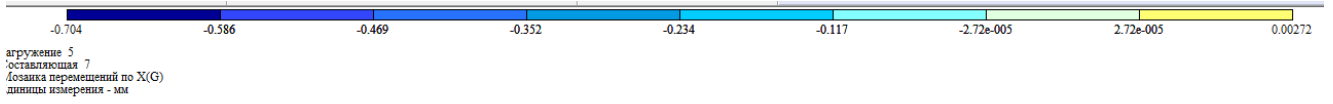
ვერტიკალური გადაადგილებები
სეისმური ზემოქმედებისაგან



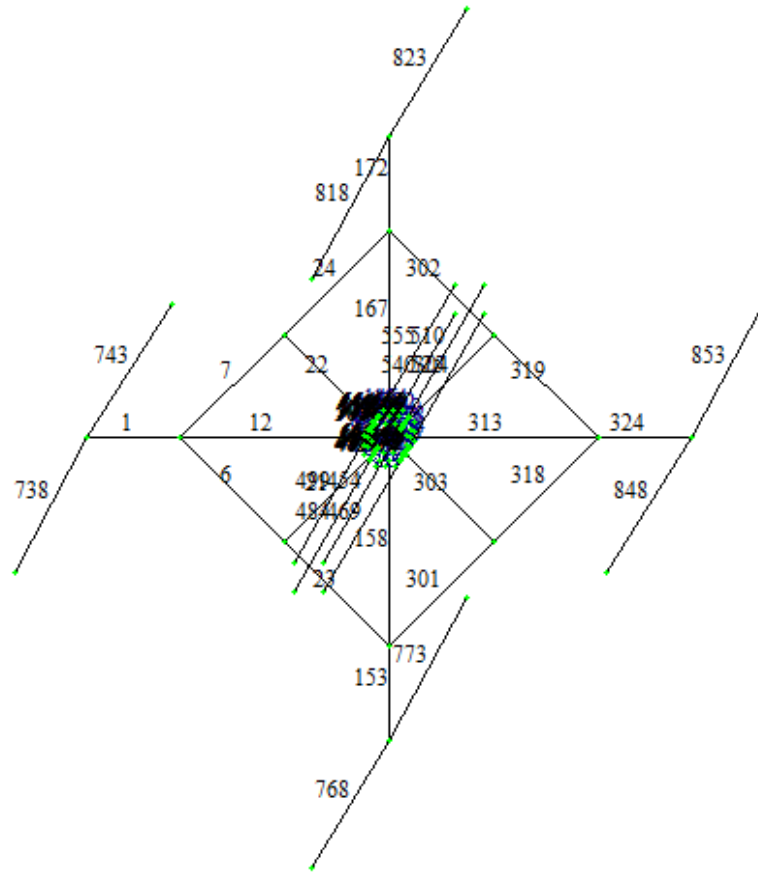
нагружение 4
 оставшаяся 1
 базиска перемещений по Z(G)
 единицы измерения - мм



ჰორიზონტალური გადაადგილებები
 ☞



კონსტრუქციის ფრაგმენტის ელემენტების ნუმერაცია



კონსტრუქციის საკუთარი რხევების სიხშირეების შედეგები

Частоты собственных колебаний								
№ загруж	№ формы	Собст. значения	Частоты		Период (с)	Коеф. Расп ред.	Мод. масса (%)	Сумма мод. масс (%)
			Круг. частота (рад/с)	Част ота (Гц)				
4	1	0.428	2.335	0.372	2.691	0.052	0.002	0.002
4	2	0.128	7.826	1.246	0.803	0.000	0.000	0.002
4	3	0.110	9.110	1.450	0.690	0.000	0.000	0.002
4	4	0.102	9.842	1.566	0.638	- 0.001	0.000	0.002
4	5	0.091	10.945	1.742	0.574	0.000	0.000	0.002
4	6	0.088	11.323	1.802	0.555	- 0.011	0.000	0.002
4	7	0.088	11.366	1.809	0.553	0.007	0.000	0.002
4	8	0.087	11.478	1.827	0.547	0.001	0.000	0.002
4	9	0.087	11.487	1.828	0.547	0.120	0.002	0.004
4	10	0.087	11.509	1.832	0.546	0.000	0.000	0.004
4	11	0.087	11.547	1.838	0.544	- 0.450	0.010	0.014
4	12	0.086	11.577	1.843	0.543	0.696	0.025	0.039
4	13	0.086	11.605	1.847	0.541	0.002	0.000	0.039

4	14	0.085	11.725	1.866	0.536	0.001	0.000	0.039
4	15	0.085	11.768	1.873	0.534	0.000	0.000	0.039
4	16	0.085	11.792	1.877	0.533	0.000	0.000	0.039
4	17	0.085	11.809	1.879	0.532	0.000	0.000	0.039
4	18	0.085	11.827	1.882	0.531	0.000	0.000	0.039
4	19	0.084	11.861	1.888	0.530	0.000	0.000	0.039
4	20	0.084	11.871	1.889	0.529	- 0.010	0.000	0.039
4	21	0.084	11.872	1.890	0.529	0.000	0.000	0.039
4	22	0.084	11.912	1.896	0.527	0.000	0.000	0.039
4	23	0.084	11.916	1.896	0.527	0.000	0.000	0.039
4	24	0.084	11.945	1.901	0.526	0.004	0.000	0.039
4	25	0.084	11.955	1.903	0.526	0.023	0.000	0.039
4	26	0.084	11.955	1.903	0.526	2.287	0.706	0.745
4	27	0.084	11.956	1.903	0.526	0.000	0.000	0.745
4	28	0.083	11.986	1.908	0.524	0.001	0.000	0.745
4	29	0.083	12.003	1.910	0.523	0.000	0.000	0.745
4	30	0.083	12.006	1.911	0.523	0.000	0.000	0.745
4	31	0.076	13.179	2.097	0.477	0.010	0.000	0.745
4	32	0.067	15.001	2.387	0.419	0.000	0.000	0.745
4	33	0.066	15.103	2.404	0.416	0.000	0.000	0.745
4	34	0.058	17.237	2.743	0.365	0.000	0.000	0.745
4	35	0.058	17.350	2.761	0.362	1.058	20.317	21.063
4	36	0.057	17.619	2.804	0.357	- 0.001	0.000	21.063
4	37	0.056	17.795	2.832	0.353	- 0.224	0.055	21.118
4	38	0.056	17.964	2.859	0.350	0.000	0.000	21.118
4	39	0.055	18.047	2.872	0.348	0.000	0.000	21.118
4	40	0.055	18.241	2.903	0.344	0.000	0.000	21.118
4	41	0.055	18.256	2.906	0.344	- 1.317	36.439	57.557
4	42	0.053	18.770	2.987	0.335	0.000	0.000	57.557
4	43	0.052	19.094	3.039	0.329	- 0.001	0.000	57.557
4	44	0.052	19.110	3.041	0.329	0.000	0.000	57.557
4	45	0.050	20.166	3.210	0.312	0.001	0.000	57.557
4	46	0.049	20.250	3.223	0.310	0.000	0.000	57.557
4	47	0.049	20.258	3.224	0.310	0.001	0.000	57.557
4	48	0.049	20.489	3.261	0.307	- 0.260	0.221	57.777
4	49	0.049	20.511	3.264	0.306	2.877	39.906	97.684
4	50	0.049	20.520	3.266	0.306	- 2.057	0.413	98.097
5	1	0.591	1.692	0.269	3.713	0.000	0.000	0.000
5	2	0.174	5.750	0.915	1.093	0.000	0.000	0.000
5	3	0.151	6.608	1.052	0.951	0.000	0.000	0.000
5	4	0.140	7.141	1.137	0.880	0.000	0.000	0.000
5	5	0.126	7.937	1.263	0.792	0.000	0.000	0.000
5	6	0.122	8.220	1.308	0.764	0.000	0.000	0.000

კონსტრუქციის ფრაგმენტის ელემენტების განივი

კვეთების ანგარიშის შედეგები

Дата: 08/26/13 11:48:26

ЛИРА 9.6 (ЛИР-СТК)

Страница 1

Задача GADASAS-120, шифр GADASAS-120. Основная схема

კონსტრუქციის ხისტი ელემენტები

Элемент	НС	Группа	Шаг планок, м	Примечание	Проценты исчерпания несущей способности фермы по сечениям, %										Длина элемента, м
					нор	УУ1	УЗ1	ГУ1	ГЗ1	УС	УП	1ПС	2ПС	М.У	
Сечение: 2. Труба 219 x 8															
Профиль: 219 x 8; ГОСТ 10704 - 76*															
Сталь: ВСтЗсп; ГОСТ 1075-80															
Сортамент: Труба электросварная прямошовная															
158	1		0.00		99	37	37	99	99	39	0	99	95	39	4.00
158	2		0.00		99	37	37	99	99	39	0	99	95	39	4.00
167	1		0.00		97	0	0	0	0	0	0	37	97	0	4.00
167	2		0.00		97	0	0	0	0	0	0	37	97	0	4.00
Сечение: 3. Труба 168 x 8															
Профиль: 168 x 8; ГОСТ 10704 - 76*															
Сталь: ВСтЗсп; ГОСТ 1075-80															
Сортамент: Труба электросварная прямошовная															
153	1		0.00		49	49	49	99	99	52	0	49	99	52	2.00
153	2		0.00		49	49	49	99	99	52	0	49	99	52	2.00
172	1		0.00		49	0	0	0	0	0	0	49	90	0	2.00
172	2		0.00		49	0	0	0	0	0	0	49	90	0	2.00
Сечение: 4. Профиль "Молодечно" 120 x 6															
Профиль: 120 x 6; ГОСТ 30245-94															
Сталь: С235; ГОСТ 27772-88															
Сортамент: Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций															
6	1		0.00		60	0	0	0	0	36	0	60	90	36	3.16
6	2		0.00		60	0	0	0	0	36	0	60	90	36	3.16
7	1		0.00		60	47	40	0	0	36	36	60	89	36	3.16
7	2		0.00		60	47	40	0	0	36	36	60	89	36	3.16
23	1		0.00		75	47	40	0	0	36	36	75	80	36	3.16
23	2		0.00		75	47	40	0	0	36	36	75	80	36	3.16
24	1		0.00		80	50	45	0	0	36	0	80	89	36	3.16
24	2		0.00		80	50	45	0	0	36	0	80	89	36	3.16
301	1		0.00		95	50	45	0	0	36	36	95	80	36	3.16
301	2		0.00		95	50	45	0	0	36	36	95	80	36	3.16
302	1		0.00		65	47	40	0	0	36	0	65	75	36	3.16
302	2		0.00		65	47	40	0	0	36	0	65	75	36	3.16
318	1		0.00		70	47	40	0	0	36	0	70	82	36	3.16

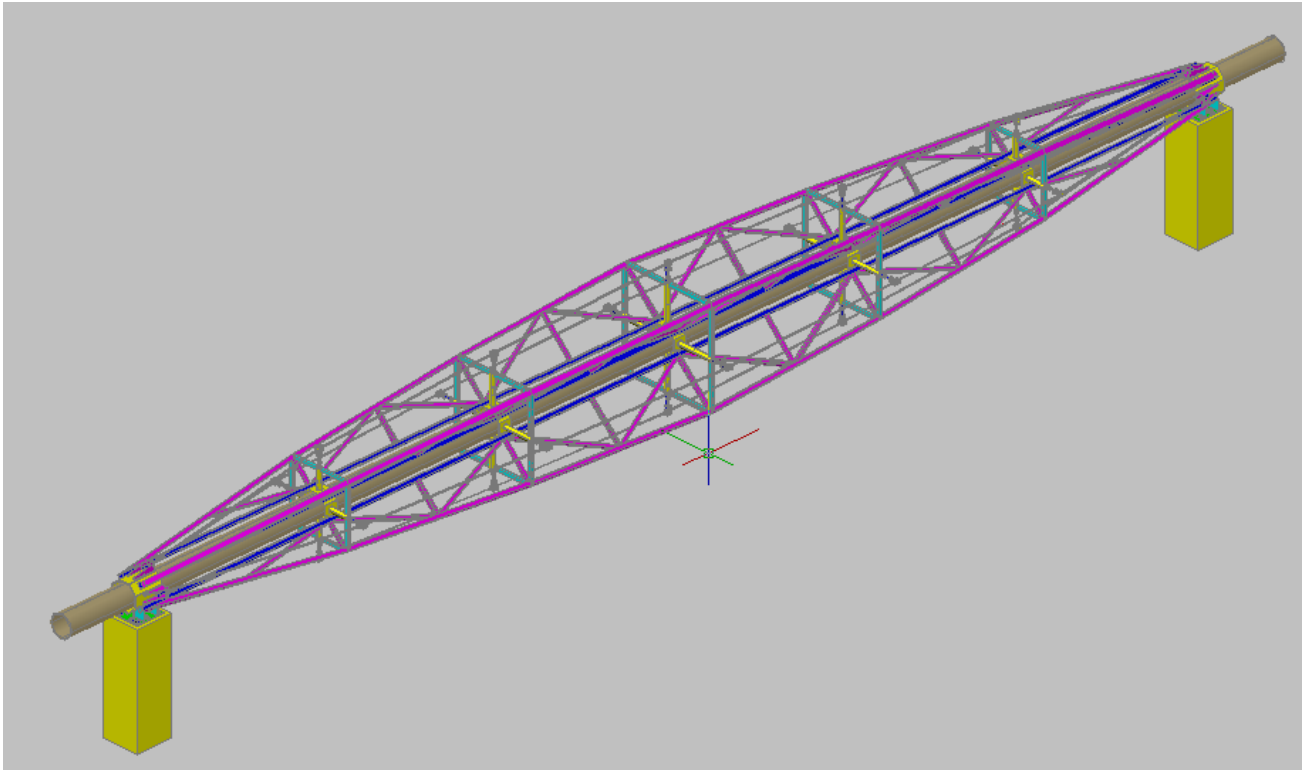
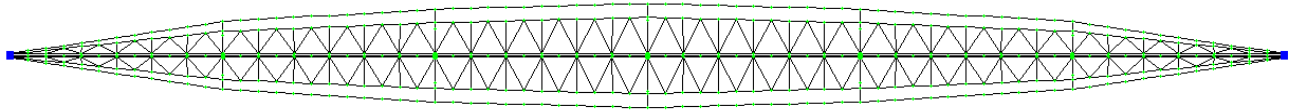
318	2		0.00		70	47	40	0	0	36	0	70	82	36	3.16
319	1		0.00		78	50	45	0	0	36	36	78	85	36	3.16
319	2		0.00		78	50	45	0	0	36	36	78	85	36	3.16
Сечение: 5. Профиль "Молодечно" 100 x 4															
Профиль: 100 x 4; ГОСТ 30245-94															
Сталь: С235; ГОСТ 27772-88															
Сортамент: Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций															
21	1		0.00		40	40	40	0	0	47	47	40	0	47	2.69
21	2		0.00		40	40	40	0	0	47	47	40	0	47	2.69
22	1		0.00		40	0	0	0	0	47	0	40	0	47	2.69
22	2		0.00		40	0	0	0	0	47	0	40	0	47	2.69
303	1		0.00		40	40	40	0	0	47	47	40	0	47	2.69
303	2		0.00		40	40	40	0	0	47	47	40	0	47	2.69
304	1		0.00		64	0	0	0	0	47	0	64	0	47	2.69
304	2		0.00		64	0	0	0	0	47	0	64	0	47	2.69
Сечение: 7. Профиль "Молодечно" 230 x 100 x 8															
Профиль: 230 x 100 x 8; ГОСТ 25577 - 83*															
Сталь: ВСтЗсп5; ГОСТ 380-71*															
Сортамент: Гнутый замкнутый сварной прямоугольный профиль															
454	1		0.00		82	52	42	0	0	47	11	82	0	47	3.92
454	2		0.00		82	52	42	0	0	47	11	82	0	47	3.92
469	1		0.00		82	52	42	0	0	47	11	82	82	47	3.92
469	2		0.00		92	62	52	0	0	47	11	92	0	47	3.92
484	1		0.00		96	52	42	0	0	47	11	96	0	47	3.92
484	2		0.00		82	52	42	0	0	47	11	2	0	47	3.92
499	1		0.00		82	52	42	0	0	47	11	2	0	47	3.92
499	2		0.00		82	62	52	0	0	47	11	2	0	47	3.92
510	1		0.00		92	2	2	0	0	47	11	2	0	47	3.92
510	2		0.00		96	2	2	0	0	47	11	2	0	47	3.92
525	1		0.00		82	2	2	0	0	47	11	2	0	47	3.92
525	2		0.00		82	2	2	0	0	47	11	2	0	47	3.92
540	1		0.00		82	2	2	0	0	47	11	2	0	47	3.92
540	2		0.00		92	2	2	0	0	47	11	2	0	47	3.92
555	1		0.00		96	2	2	0	0	47	11	2	0	47	3.92
555	2		0.00		82	2	2	0	0	47	11	2	0	47	3.92

Задача GADASAS-120, шифр GADASAS-120. Основная схема

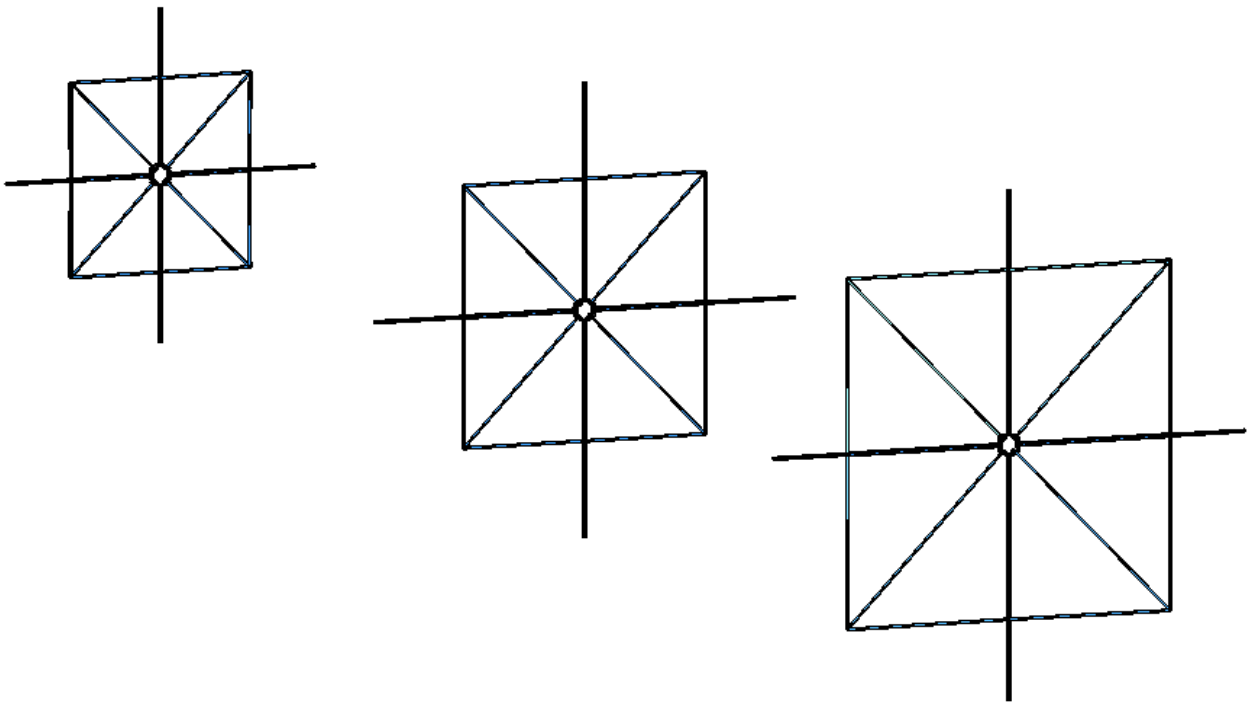
Канаты

Элемент	НС	Группа	Проценты исчерпания несущей способности каната по сечениям, %	Длина элемента, м
Сечение: 6. Канат 42.5				
Профиль: 42.5; ГОСТ 7675				
Сталь: 1670;				
Сортамент: ТК-1+6+12 и 1+6+12+18				
738	1		418	4.00
738	2		418	4.00
743	1		418	4.00
743	2		418	4.00
768	1		99.9	4.00
768	2		99.9	4.00
773	1		99.9	4.00
773	2		99.9	4.00
818	1		80.0	4.00
818	2		80.0	4.00
823	1		80.0	4.00
823	2		80.0	4.00
848	1		93.0	4.00
848	2		93.0	4.00
853	1		93.0	4.00
853	2		93.0	4.00

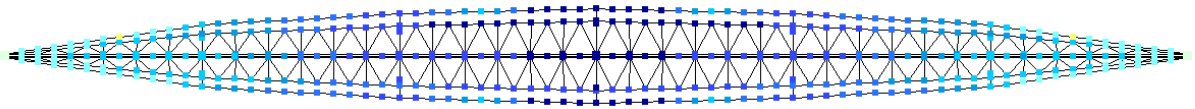
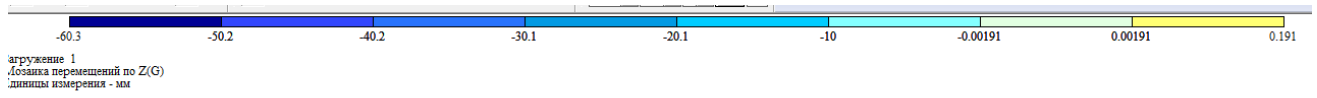
სანგარიშო სქემა (L=300.0 მ.)



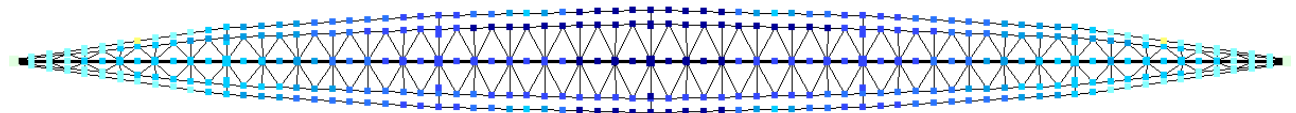
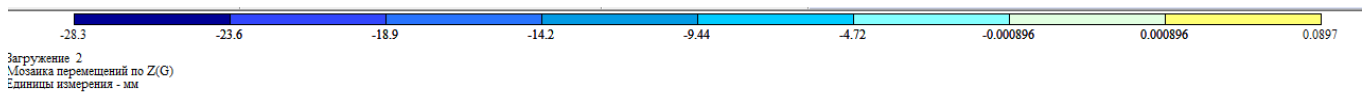
დიაგრამების განვივი კვეთები



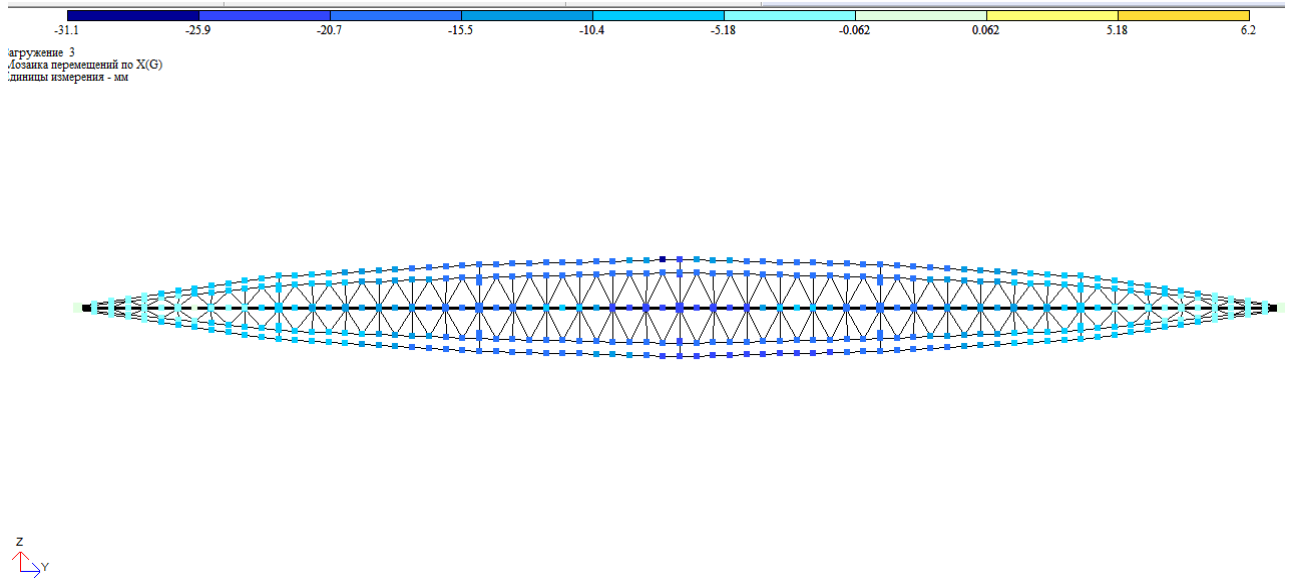
ვერტიკალური გადაადგილებები
მუდმივი და პროექტის დატვირთვებისაგან



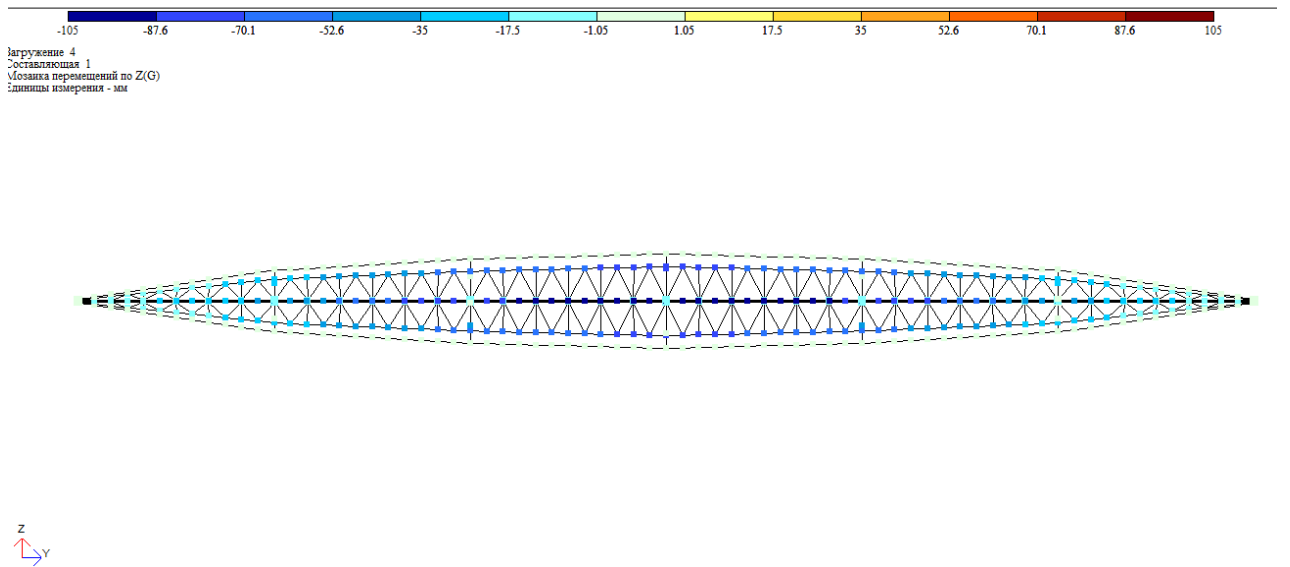
ვერტიკალური გადაადგილებები
თოვლისა და ლიპყინულის დატვირთვებისაგან



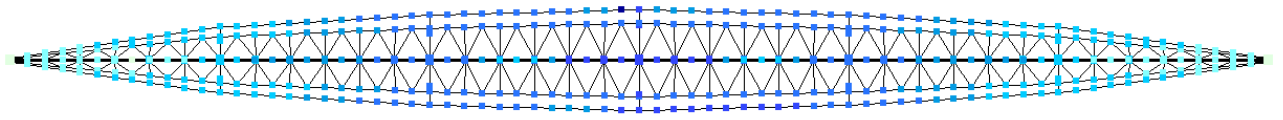
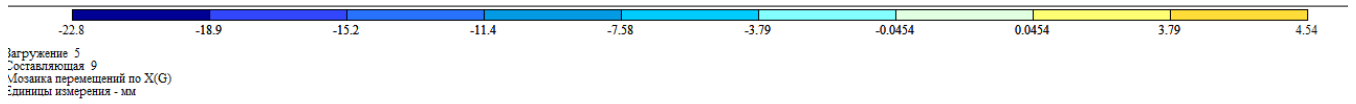
ჰორიზონტალური გადაადგილებები ქარის დატვირთვისაგან



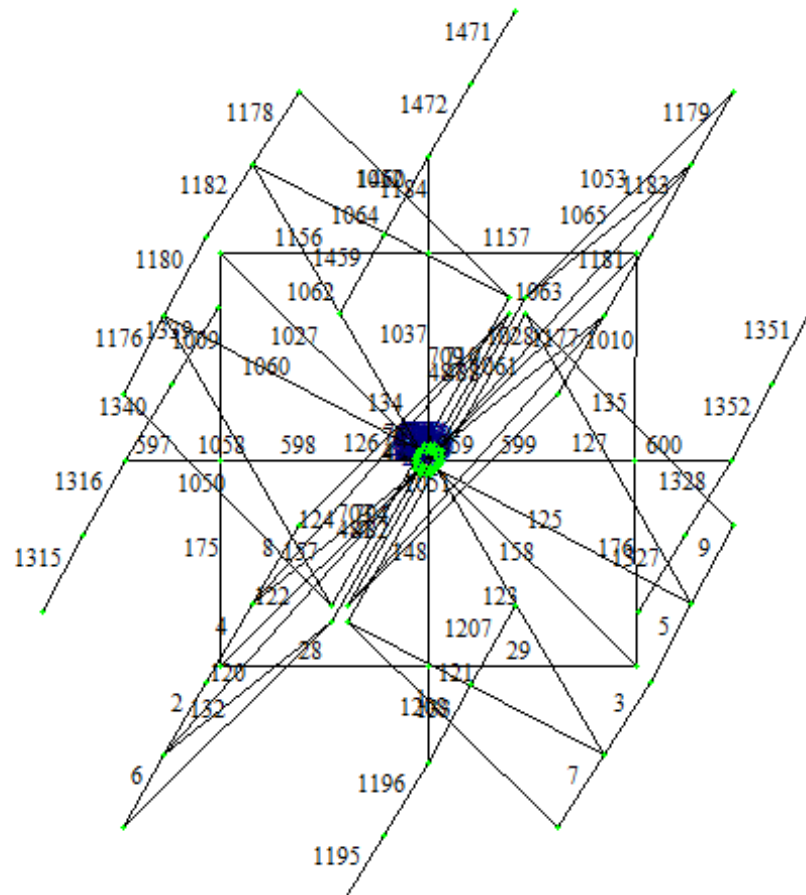
ვერტიკალური გადაადგილებები სეისმური ზემოქმედებისაგან



ჰორიზონტალური გადაადგილებები ქარი- პულსაცია



კონსტრუქციის ფრაგმენტის ელემენტების ნუმერაცია



კონსტრუქციის საკუთარი რხევების სიხშირეების შედეგები

Частоты собственных колебаний							
№ загруж	№ формы	Собст. значения	Частоты			Коеф. распред.	Мод. масса (%)
			Круг. частота (рад/с)	Частота (Гц)	Период (с)		
4	1	0.173	5.789	0.921	1.085	-1.350	88.424
4	2	0.169	5.916	0.942	1.062	-3.950	7.830
4	3	0.064	15.734	2.504	0.399	-2.966	0.000
4	4	0.061	16.262	2.588	0.386	-0.575	0.000
4	5	0.033	30.627	4.875	0.205	4.718	3.640
4	6	0.031	32.297	5.140	0.195	3.240	0.049
4	7	0.021	47.663	7.586	0.132	7.028	0.000
4	8	0.019	51.499	8.196	0.122	-0.396	0.000
4	9	0.016	60.784	9.674	0.103	5.643	0.000
4	10	0.015	65.101	10.361	0.097	-3.945	0.058
4	11	0.014	72.622	11.558	0.087	-22.992	0.000
4	12	0.007	14.520	23.113	0.043	-14.083	0.000
4	13	0.005	18.646	29.676	0.034	-7.089	0.000
4	14	0.005	20.418	32.497	0.031	6.093	0.000
5	1	0.209	4.775	0.760	1.316	0.000	0.000
5	2	0.205	4.879	0.777	1.288	0.000	0.000
5	3	0.077	12.977	2.065	0.484	0.000	0.000
5	4	0.075	13.413	2.135	0.468	0.000	0.000
5	5	0.040	25.261	4.020	0.249	0.000	0.000

კონსტრუქციის ფრაგმენტის ელემენტების განივი

კვეთების ანგარიშის შედეგები

Дата: 08/27/13 12:05:29

ЛИРА 9.6 (ЛИР-СТК)

Страница 1

Задача GADASAS-300 , шифр GADASAS-300. Основная схема

კონსტრუქციის ხისტი ელემენტები

Элемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер) , м	Проценты исчерпания несущей способности по сечениям, %											Длина элемента, м
				нор	УУ1	УЗ1	УУЗ	ГУ1	ГЗ1	УС	УП	1ПС	2ПС	М.У	
Сечение: 2. Труба 402 x 10															
Профиль: 402 x 10; ГОСТ 8732 - 78*															
Сталь: ВСт3сп; ГОСТ 1075-80															
Сортамент: Труба бесшовная горячекатаная															
208	1		0.00	100	0	0	0	0	0	20	0	100	90	20	7.74
208	2		0.00	99	0	0	0	0	0	20	0	99	90	20	7.74
730	1		0.00	88	0	0	0	0	0	20	0	88	90	20	7.74
730	2		0.00	88	0	0	0	0	0	20	0	88	90	20	7.74
731	1		0.00	87	0	0	0	0	0	0	0	87	90	0	7.74

731	2		0.00	87	0	0	0	0	0	0	0	87	90	0	7.74
1265	1		0.00	90	0	0	0	0	0	20	0	90	90	20	7.74
1265	2		0.00	90	0	0	0	0	0	20	0	90	90	20	7.74
Сечение: 3. Труба 377 x 9															
Профиль: 377 x 9; ГОСТ 10704 - 76*															
Сталь: ВСтЗсп; ГОСТ 1075-80															
Сортамент: Труба электросварная прямошовная															
31	1		0.00	80	0	0	0	0	0	21	0	0	80	21	3.80
31	2		0.00	80	0	0	0	0	0	21	0	0	80	21	3.80
729	1		0.00	80	0	0	0	0	0	21	0	0	80	21	3.80
729	2		0.00	80	0	0	0	0	0	21	0	0	80	21	3.80
732	1		0.00	80	0	0	0	0	0	41	0	0	80	53	3.80
732	2		0.00	80	0	0	0	0	0	42	0	0	80	55	3.80
1442	1		0.00	80	0	0	0	0	0	21	0	0	80	21	3.80
1442	2		0.00	80	0	0	0	0	0	21	0	0	80	21	3.80
Сечение: 4. Профиль "Молодечно" 250 x 10															
Профиль: 250 x 10; ГОСТ 30245-94															
Сталь: С235; ГОСТ 27772-88															
Сортамент: Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций															
74	1		0.00	85	0	0	0	0	0	45	56	0	85	56	8.23
74	2		0.00	85	0	0	0	0	0	47	46	0	85	47	8.23
75	1		0.00	85	0	0	0	0	0	43	56	0	85	56	8.23
75	2		0.00	85	0	0	0	0	0	43	56	0	85	56	8.23
235	1		0.00	85	0	0	0	0	0	43	56	0	85	56	8.23
235	2		0.00	70	0	0	0	0	0	43	56	70	70	56	8.23
236	1		0.00	80	0	0	0	0	0	46	48	80	56	48	8.23
236	2		0.00	80	0	0	0	0	0	47	54	80	56	47	8.23
1237	1		0.00	90	0	0	0	0	0	43	56	90	70	56	8.23
1237	2		0.00	90	0	0	0	0	0	43	56	90	78	56	8.23
1238	1		0.00	80	0	0	0	0	0	46	45	80	56	46	8.23
1238	2		0.00	80	0	0	0	0	0	47	45	80	56	47	8.23
1398	1		0.00	90	0	0	0	0	0	44	56	90	70	56	8.23
1398	2		0.00	90	0	0	0	0	0	47	56	90	78	56	8.23
1399	1		0.00	80	0	0	0	0	0	43	56	80	70	56	8.23
1399	2		0.00	85	0	0	0	0	0	43	56	85	70	56	8.23
Сечение: 7. Профиль "Молодечно" 300 x 14															
Профиль: 300 x 14; ГОСТ 30245-94															
Сталь: С235; ГОСТ 27772-88															
Сортамент: Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций															
42	1		0.00	59	0	0	0	0	0	39	0	59	0	39	4.17
42	2		0.00	68	0	0	0	0	0	41	41	68	0	41	4.17

43	1		0.00	59	39	39	39	0	0	39	40	59	0	40	4.17
43	2		0.00	68	42	42	42	0	0	41	41	68	0	41	4.17
44	1		0.00	59	0	0	0	0	0	39	0	59	0	39	4.17
44	2		0.00	68	0	0	0	0	0	41	41	68	0	41	4.17
45	1		0.00	59	39	39	39	0	0	39	40	59	0	40	4.17
45	2		0.00	68	42	42	42	0	0	41	41	68	0	41	4.17
48	1		0.00	32	0	0	0	0	0	39	0	32	0	39	4.17
48	2		0.00	46	0	0	0	0	0	39	0	46	0	39	4.17
49	1		0.00	33	30	30	30	0	0	39	39	33	0	39	4.17
49	2		0.00	46	35	34	35	0	0	39	39	46	0	39	4.17
50	1		0.00	32	0	0	0	0	0	39	0	32	0	39	4.17
50	2		0.00	46	0	0	0	0	0	39	0	46	0	39	4.17
51	1		0.00	33	30	30	30	0	0	39	39	33	0	39	4.17
51	2		0.00	46	35	34	35	0	0	39	39	46	0	39	4.17
52	1		0.00	30	0	0	0	0	0	39	0	30	0	39	4.17
52	2		0.00	31	0	0	0	0	0	39	0	31	0	39	4.17
53	1		0.00	30	30	30	0	0	0	39	39	30	0	39	4.17
53	2		0.00	31	30	30	0	0	0	39	39	31	0	39	4.17
178	1		0.00	82	18	29	29	0	0	47	44	82	0	47	12.61
178	2		0.00	86	28	38	38	0	0	47	47	86	0	47	12.61
179	1		0.00	93	0	0	0	0	0	47	43	93	0	47	12.61
179	2		0.00	96	0	0	0	0	0	47	47	96	0	47	12.61
180	1		0.00	95	2	3	3	0	0	47	47	95	0	47	12.57
180	2		0.00	97	2	4	4	0	0	47	47	97	0	47	12.57

Задача GADASAS-300, шифр GADASAS-300. Основная схема

Элемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер) , м	Проценты исчерпания несущей способности по сечениям, %											Длина элемента , м
				но р	УУ 1	УЗ 1	УУ Z	ГУ 1	ГЗ 1	У С	У П	1П С	2П С	М. У	
181	1		0.00	50	0	0	0	0	0	4 7	4 7	50	0	47	12.57
181	2		0.00	70	0	0	0	0	0	4 7	4 7	70	0	47	12.57
182	1		0.00	50	2	3	3	0	0	4 7	4 7	50	0	47	12.57
182	2		0.00	70	2	4	4	0	0	4 7	4 7	70	0	47	12.57
183	1		0.00	50	0	0	0	0	0	4 7	4 7	50	0	47	12.57
183	2		0.00	70	0	0	0	0	0	4 7	4 7	70	0	47	12.57
184	1		0.00	29	1	2	2	0	0	4 7	4 4	29	0	47	12.61
184	2		0.00	60	2	3	3	0	0	4 7	4 7	60	0	47	12.61
185	1		0.00	30	0	0	0	0	0	4 7	4 3	30	0	47	12.61
185	2		0.00	60	0	0	0	0	0	4 7	4 7	60	0	47	12.61
192	1		0.00	71	0	0	0	0	0	4 7	3 6	71	0	47	11.71
192	2		0.00	71	0	0	0	0	0	4 7	3 6	71	0	47	11.71
193	1		0.00	71	0	10	1 0	0	0	4 7	3 6	71	0	47	11.71
193	2		0.00	71	0	10	1 0	0	0	4 7	3 6	71	0	47	11.71
194	1		0.00	71	0	0	0	0	0	4 7	3 6	71	0	47	11.71
194	2		0.00	71	0	0	0	0	0	4 7	3 6	71	0	47	11.71
195	1		0.00	71	0	17	1 7	0	0	4 7	3 6	71	0	47	11.71
195	2		0.00	71	0	17	1 7	0	0	4 7	3 6	71	0	47	11.71
198	1		0.00	71	0	0	0	0	0	4 7	4 5	71	0	47	12.25
198	2		0.00	71	0	0	0	0	0	4 7	4 0	71	0	47	12.25
199	1		0.00	81	0	0	0	0	0	4 7	4 0	81	0	47	12.25
199	2		0.00	81	0	0	0	0	0	4 7	3 9	81	0	47	12.25

Элемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер) , м	Проценты исчерпания несущей способности по сечениям, %											Длина элемента , м
				но р	УУ 1	УЗ 1	УУ Z	ГУ 1	ГЗ 1	У С	У П	1П С	2П С	М. У	
547	1		0.00	92	0	0	0	0	0	3 7	0	92	0	37	8.27
547	2		0.00	2	0	0	0	0	0	4 0	4 4	92	0	44	8.27
548	1		0.00	93	29	29	2 5	0	0	3 7	4 0	93	0	40	8.27
548	2		0.00	82	2	10	2 0	0	0	4 0	4 3	82	0	43	8.27
549	1		0.00	81	0	0	0	0	0	4 7	4 7	82	0	47	0.20
549	2		0.00	91	0	0	0	0	0	4 7	4 7	92	0	47	0.20
550	1		0.00	92	1	1	1	0	0	3 9	4 7	92	0	47	0.20
550	2		0.00	92	1	1	1	0	0	4 0	4 2	92	0	42	0.20
551	1		0.00	91	0	0	0	0	0	4 7	4 7	91	0	47	0.20
551	2		0.00	90	0	0	0	0	0	4 7	4 7	90	0	47	0.20
552	1		0.00	89	10	10	1 0	0	0	4 0	4 2	89	0	42	0.20
552	2		0.00	92	18	18	1 8	0	0	3 9	4 7	92	0	47	0.20
553	1		0.00	90	0	0	0	0	0	3 7	0	90	0	37	8.27
553	2		0.00	92	0	0	0	0	0	4 0	4 4	92	0	44	8.27
554	1		0.00	93	20	20	2 0	0	0	3 7	4 0	93	0	40	8.27
554	2		0.00	82	28	18	2 8	0	0	4 0	4 3	82	80	43	8.27
913	1		0.00	82	0	0	0	0	0	3 7	4 1	82	80	37	8.27
913	2		0.00	82	0	0	0	0	0	4 0	4 3	82	80	43	8.27
914	1		0.00	82	42	20	2 0	0	0	3 7	4 1	82	80	41	8.27
914	2		0.00	82	42	18	2 0	0	0	3 9	4 3	82	85	43	8.27
915	1		0.00	91	0	0	0	0	0	4 7	4 7	91	90	47	0.20
915	2		0.00	91	0	0	0	0	0	4 7	4 7	91	90	47	0.20
916	1		0.00	89	10	14	1 5	0	0	4 3	4 1	89	85	43	0.20
916	2		0.00	89	10	14	1	0	0	4	4	89	85	42	0.20

Элемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер) , м	Проценты исчерпания несущей способности по сечениям, %											Длина элемента , м
				но р	УУ 1	УЗ 1	УУ З	ГУ 1	ГЗ 1	У С	У П	1П С	2П С	М. У	
							5				2	1			
917	1		0.00	91 1	0	0	0	0	0	4 7	4 7	91	85	47	0.20
917	2		0.00	91	0	0	0	0	0	4 7	4 7	91	85	47	0.20
918	1		0.00	10 0	10	10	1 0	0	0	4 2	4 1	10 0	85	42	0.20
918	2		0.00	10 0	14	14	1 4	0	0	4 3	4 1	10 0	85	43	0.20
919	1		0.00	92	0	0	0	0	0	3 7	0	92	85	37	8.27
919	2		0.00	92	0	0	0	0	0	4 0	4 3	92	85	43	8.27
920	1		0.00	96	2	2	2	0	0	3 7	4 1	96	90	41	8.27
920	2		0.00	96	45	41	4 2	0	0	3 9	4 3	96	90	43	8.27
1272	1		0.00	96	0	0	0	0	0	4 7	4 3	96	80	47	12.25
1272	2		0.00	96	0	0	0	0	0	4 7	4 1	96	80	47	12.25
1273	1		0.00	95	0	0	0	0	0	4 7	4 0	95	95	47	12.25
1273	2		0.00	95	0	0	0	0	0	4 7	4 1	95	95	47	12.25
1278	1		0.00	10 0	0	0	0	0	0	4 7	3 6	10 0	98	47	11.71
1278	2		0.00	10 0	0	0	0	0	0	4 7	3 6	10 0	97	47	11.71
1279	1		0.00	95	0	1	1	0	0	4 7	3 6	95	89	47	11.71
1279	2		0.00	95	0	1	1	0	0	4 7	3 6	95	89	47	11.71
1280	1		0.00	89	0	0	0	0	0	4 7	3 6	89	90	47	11.71
1280	2		0.00	90	0	0	0	0	0	4 7	3 6	90	80	47	11.71
1281	1		0.00	91	0	19	1 9	0	0	4 7	3 6	91	99	47	11.71
1281	2		0.00	91	0	19	1 9	0	0	4 7	3 6	91	99	47	11.71
1288	1		0.00	92	1	29	2 9	0	0	4 7	4 4	92	90	47	12.61
1288	2		0.00	96	29	39	3 9	0	0	4 7	4 7	96	88	47	12.61
1289	1		0.00	92	0	0	0	0	0	4 7	4 3	92	87	47	12.61

Элемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер) , м	Проценты исчерпания несущей способности по сечениям, %											Длина элемента , м
				но р	УУ 1	УЗ 1	УУ Z	ГУ 1	ГZ 1	У С	У П	1П С	2П С	М. У	
1289	2		0.00	96	0	0	0	0	0	4 7	4 7	96	98	47	12.61
1290	1		0.00	5	92	38	3 8	0	0	4 7	4 7	92	77	47	12.57
1290	2		0.00	70	20	40	4 0	0	0	4 7	4 7	70	76	47	12.57
1291	1		0.00	85	0	0	0	0	0	4 7	4 7	85	86	47	12.57
1291	2		0.00	87	0	0	0	0	0	4 7	4 7	87	86	47	12.57
1292	1		0.00	85	20	31	3 1	0	0	4 7	4 7	85	96	47	12.57

Задача GADASAS-300 +, шифр GADASAS-300. Основная схема

კონსტრუქციის ხისტი ელემენტები

Элемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер) , м	Проценты исчерпания несущей способности по сечениям, %											Длина элемента , м
				но р	УУ 1	УЗ 1	УУ Z	ГУ 1	ГЗ 1	У С	У П	1П С	2П С	М. У	
1292	2		0.00	97	29	40	40	0	0	47	47	97	89	47	12.57
1293	1		0.00	95	0	0	0	0	0	47	47	95	96	47	12.57
1293	2		0.00	97	0	0	0	0	0	47	47	97	86	47	12.57
1294	1		0.00	92	19	29	29	0	0	47	44	92	89	47	12.61
1294	2		0.00	96	29	39	39	0	0	47	47	96	89	47	12.61
1295	1		0.00	92	0	0	0	0	0	47	43	92	90	47	12.61
1295	2		0.00	96	0	0	0	0	0	47	47	96	90	47	12.61
1418	1		0.00	90	0	0	0	0	0	39	0	90	99	39	4.17
1418	2		0.00	91	0	0	0	0	0	39	0	91	99	39	4.17
1419	1		0.00	90	29	29	0	0	0	39	39	90	88	39	4.17
1419	2		0.00	91	29	29	0	0	0	39	39	91	95	39	4.17
1422	1		0.00	93	0	0	0	0	0	39	0	93	89	39	4.17
1422	2		0.00	46	0	0	0	0	0	39	0	46	89	39	4.17
1423	1		0.00	92	29	29	29	0	0	39	39	92	88	39	4.17
1423	2		0.00	96	34	34	34	0	0	39	39	96	88	39	4.17
1424	1		0.00	93	0	0	0	0	0	39	0	93	99	39	4.17
1424	2		0.00	96	0	0	0	0	0	39	0	96	90	39	4.17
1425	1		0.00	92	29	29	29	0	0	39	39	92	90	39	4.17
1425	2		0.00	96	34	34	34	0	0	39	39	96	89	39	4.17
1428	1		0.00	99	0	0	0	0	0	39	0	99	90	39	4.17
1428	2		0.00	98	0	0	0	0	0	41	41	98	99	41	4.17
1429	1		0.00	99	39	39	39	0	0	34	4	99	99	40	4.17

Элемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер) , м	Проценты исчерпания несущей способности по сечениям, %											Длина элемента , м	
				но р	УУ 1	УЗ 1	УУ Z	ГУ 1	ГZ 1	У С	У П	1П С	2П С	М. У		
							9				9	0				
1429	2		0.00	98	42	42	4 2	0	0	4 1	4 1	98	98	41	4.17	
1430	1		0.00	99	0	0	0	0	0	3 9	0	99	99	39	4.17	
1430	2		0.00	98	0	0	0	0	0	4 1	4 1	98	99	41	4.17	
1431	1		0.00	59	39	39	3 9	0	0	3 9	4 0	59	88	40	4.17	
1431	2		0.00	68	42	42	4 2	0	0	4 1	4 1	68	88	41	4.17	

Канаты

Дата: 08/26/13 11:48:26

[ЛИРА 9.6 \(ЛИР-СТК\)](#)

Страница 2

Задача GADASAS-300, шифр GADASAS-300.

Основная схема

Элемент	НС	Группа	Проценты исчерпания несущей способности каната по сечениям, %	Длина элемента, м
Сечение: 6. Канат 51				
Профиль: 51; ГОСТ 7675				
Сталь: 1670;				
Сортамент: ТК-1+6+12 и 1+6+12+18				
738	1		41.8	4.00
738	2		41.8	4.00
743	1		41.8	4.00
743	2		41.8	4.00
768	1		99.9	4.00
768	2		99.9	4.00
773	1		99.9	4.00
773	2		99.9	4.00
818	1		80.0	4.00
818	2		80.0	4.00
823	1		80.0	4.00
823	2		80.0	4.00
848	1		93.0	4.00

848	2		93.0	4.00
853	1		93.0	4.00
853	2		93.0	4.00
1467	2		91	4.17
1469	1		91	4.17
1469	2		91	4.17
1470	1		91	4.17
1470	2		91	4.17
1471	1		91	4.17
1471	2		91	4.17
1472	1		91	4.17
1472	2		91	4.17

შემოთავაზებული ახალი ტიპის კონსტრუქციების მასალის დანახარჯების
განგარიშება ერთ გრძივ მეტრზე

I. შემოთავაზებული კონსტრუქცია მალით L=120 მ. (კოჭოვანი ხისტი ნაწილით). ელემენტების ზომები მოცემულია განივი კვეთების შერჩევის ცხრილში. კოჭოვანი ხისტი ნაწილის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, სისტემაში გათვალისწინებულია დამატებითი განივი კავშირები (დიაფრაგმებს შორის ერთი რვაწახნაგა პრიზმის მოწყობა).

1). კონსტრუქციის კოჭოვანი ხისტი ნაწილი, განივი კვეთის პროფილი, მართკუთხა განივი კვეთიანი ფოლადის მილი 400x200x12, განივი კვეთის ფართობი $A=135 \text{ სმ}^2$, ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=20.0$ მეტრი.

$$G_{\text{ხის. ნაწ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.0135 \cdot 7850 \cdot 4 \cdot 20 = 8478.0 \text{ კგ} \approx 8.5 \text{ ტ.}$$

2). კონსტრუქციის დიაფრაგმის ძირითადი ღერო, პროფილი, ფოლადის მილი $\emptyset 219 \times 8$, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=41.6$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=4.05$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ.დ.}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 41.6 \cdot 4 \cdot 4.05 = 673.9 \text{ კგ} \approx 0.674 \text{ ტ.}$$

3). კონსტრუქციის დიაფრაგმის მოძრავი ღერო, პროფილი, ფოლადის მილი $\emptyset 168 \times 8$, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=31.55$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=2.0$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ.დ.}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 31.55 \cdot 4 \cdot 2.0 = 252.4 \text{ კგ} \approx 0.253 \text{ ტ.}$$

4). კონსტრუქციის დიაფრაგმის ძირითადი გამბრჯენების ღერო, პროფილი, კვადრატული განივი კვეთიანი ფოლადის მილი $\emptyset 120 \times 6$, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=21.5$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=6.3$ მეტრი. $G_{\text{გამბ. ღერო}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 21.5 \cdot 4 \cdot 6.3 = 541.8 \text{ კგ} \approx 0.542 \text{ ტ.}$

5). კონსტრუქციის დიაფრაგმის დამატებითი გამბრჯენების ღერო, პროფილი, კვადრატული განივი კვეთიანი ფოლადის მილი $\emptyset 100 \times 7$, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=20.5$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=2.7$ მეტრი. $G_{\text{გამბ. დამ.}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 20.5 \cdot 4 \cdot 2.7 = 221.4 \text{ კგ} \approx 0.22 \text{ ტ.}$

6). კონსტრუქციის საკოჭების ღერო, პროფილი, ბაგირი Ø42.5, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=9.6$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=20.01$ მეტრი.

$$G_{საკ.} = g_{ელემ.} \cdot n_{ელ.} \cdot l_{ელ.} = 9.6 \cdot 4 \cdot 20.01 = 768.4 \text{ კგ} \approx 0.77 \text{ ტ.}$$

ძირითადი ელემენტების ფოლადის ჯამური ხარჯი კონსტრუქციის ტიპურ მონაკვეთზე

$$\sum G_{ძირ. ელ.} = G_{ხის. ნაწ.} + G_{დიაფ. ძირ.} + G_{დიაფ. მოძ.} + G_{გამბ. ძირ.} + G_{გამბ. დამ.} + G_{საკ.} = 8.5 + 0.674 + 0.253 + 0.542 + 0.22 + 0.77 \approx 10.96 \text{ ტონა}$$

7). საკვანძო ელემენტების (სპეციფიკაციაში გაუთვალისწინებელი ფურცლოვანი ფოლადი) ხარჯი ძირითადი მზიდი ელემენტების ჯამური წონის 15%.

$$G_{გაუთვ.} = \sum G \cdot 0.15 = 10.96 \cdot 0.15 \approx 1.65 \text{ ტ.}$$

ფოლადის ჯამური ხარჯი კონსტრუქციის ტიპურ მონაკვეთზე (სექციაზე)

$$\sum G = \sum G_{ძირ. ელ.} + G_{გაუთვ.} = 10.96 + 1.65 = 12.65 \text{ ტონა}$$

კონსტრუქციის ერთ გრძივ მეტრზე ფოლადის ხარჯი ტოლია

$$g_{გრ. ა.} = \sum G / l = 12.65 / 20 = 0.63 \text{ ტონა .}$$

შემთავაზებული კონსტრუქციის (მალით L=120 მ.) მთლიანი წონა ტოლია $\sum G = 0.63 \times 120 = 75.6$ ტონა.

II. შემთავაზებული კონსტრუქცია მალით L=130 მ. (კოჭოვანი ხისტი ნაწილით). ელემენტების ზომები მოცემულია განივი კვეთების შერჩევის ცხრილში. კოჭოვანი ხისტი ნაწილის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, სისტემაში გათვალისწინებულია დამატებითი განივი კავშირები (დიაფრაგმებს შორის ერთი რვაწახნაგა პრიზმის მოწყობა).

1). კონსტრუქციის კოჭოვანი ხისტი ნაწილი, განივი კვეთის პროფილი, მართკუთხა განივი კვეთიანი ფოლადის მილი $400 \times 200 \times 14$, განივი კვეთის ფართობი $A=155$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=21.7$ მეტრი.

$$G_{ხის. ნაწ.} = A_{ელემ.} \cdot \gamma_{ლით.} \cdot n_{ელ.} \cdot l_{ელ.} = 0.0155 \cdot 7850 \cdot 4 \cdot 21.7 = 10561.4 \text{ კგ} \approx 10.6 \text{ ტ.}$$

2). კონსტრუქციის დიაფრაგმის ძირითადი ღერო, პროფილი, ფოლადის მილი $\text{Ø}219 \times 8$, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=41.6$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=4.05$ მეტრი.

$$G_{დიაფ.დ.} = g_{ელემ.} \cdot n_{ელ.} \cdot l_{ელ.} = 41.6 \cdot 4 \cdot 4.05 = 673.9 \text{ კგ} \approx 0.674 \text{ ტ.}$$

3). კონსტრუქციის დიაფრაგმის მოძრავი ღერო, პროფილი, ფოლადის მილი Ø168x8, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=31.55$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=2.0$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ. ღ.}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 31.55 \cdot 4 \cdot 2.0 = 252.4 \text{ კგ} \approx 0.253 \text{ ტ.}$$

4). კონსტრუქციის დიაფრაგმის ძირითადი გამბრჯენების ღერო, პროფილი, კვადრატული განივი კვეთიანი ფოლადის მილი Ø120x6, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=21.5$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=6.3$ მეტრი. $G_{\text{გამბ. ღერო}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 21.5 \cdot 4 \cdot 6.3 = 541.8 \text{ კგ} \approx 0.542 \text{ ტ.}$

5). კონსტრუქციის დიაფრაგმის დამატებითი გამბრჯენების ღერო, პროფილი, კვადრატული განივი კვეთიანი ფოლადის მილი 100x7, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=20.5$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=2.7$ მეტრი. $G_{\text{გამბ. დამ.}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 20.5 \cdot 4 \cdot 2.7 = 221.4 \text{ კგ} \approx 0.22 \text{ ტ.}$

6). კონსტრუქციის საკოჭების ღერო, პროფილი, ბაგირი Ø42.5, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=9.6$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=20.01$ მეტრი.

$$G_{\text{საკ.}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 9.6 \cdot 4 \cdot 21.7 = 833.3 \text{ კგ} \approx 0.84 \text{ ტ.}$$

ძირითადი ელემენტების ფოლადის ჯამური ხარჯი კონსტრუქციის ტიპურ მონაკვეთზე

$$\sum G_{\text{ძირ. ელ.}} = G_{\text{ხოს. ნაწ.}} + G_{\text{დიაფ. ძირ.}} + G_{\text{დიაფ. მოძ.}} + G_{\text{გამბ. ძირ.}} + G_{\text{გამბ. დამ.}} + G_{\text{საკ.}} = 10.6 + 0.674 + 0.253 + 0.542 + 0.22 + 0.84 \approx 13.13 \text{ ტონა}$$

7). საკვანძო ელემენტების (სპეციფიკაციაში გაუთვალისწინებელი ფურცლოვანი ფოლადი) ხარჯი ძირითადი მზიდი ელემენტების ჯამური წონის 15%.

$$G_{\text{გაუთ.}} = \sum G \cdot 0.15 = 13.13 \cdot 0.15 \approx 1.97 \text{ ტ.}$$

ფოლადის ჯამური ხარჯი კონსტრუქციის ტიპურ მონაკვეთზე (სექციაზე)

$$\sum G = \sum G_{\text{ძირ. ელ.}} + G_{\text{გაუთ.}} = 13.13 + 1.97 = 15.1 \text{ ტონა}$$

კონსტრუქციის ერთ გრძივ მეტრზე ფოლადის ხარჯი ტოლია

$$g_{\text{გრ. მ.}} = \sum G / l = 15.1 / 21.7 = 0.696 \approx 0.70 \text{ ტონა}$$

შემოთავაზებული კონსტრუქციის (მალით $L=130$ მ.) მთლიანი წონა ტოლია

$$\sum G = 0.7 \times 130 = 91.0 \text{ ტონა.}$$

III. შემოთავაზებული კონსტრუქცია მალით L=290 მ. (პოლიგონალური მოხაზულობის წამწიანი ხისტი ნაწილით). ელემენტების ზომები მოცემულია განივი კვეთების შერჩევის ცხრილში. კონსტრუქციული მოსაზრებით, ხისტი ნაწილის სარტყლების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, სისტემაში გათვალისწინებულია დამატებითი განივი კავშირები (დიაფრაგმებს შორის ორ ადგილზე).

1). კონსტრუქციის პოლიგონალური მოხაზულობის წამწიანი ხისტი ნაწილი, სარტყლების განივი კვეთის პროფილი, მართკუთხა განივი კვეთიანი ფოლადის მილი 300x300x12, განივი კვეთის ფართობი $A=135$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=(4 \times 2)$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=48.3$ მეტრი.

$$G_{\text{ხის. ნაწ.}}^{\text{სარ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.0135 \cdot 7850 \cdot 8 \cdot 48.3 = 40848.74 \text{ კგ} \approx 40.85 \text{ ტ.}$$

2. კონსტრუქციის პოლიგონალური მოხაზულობის წამწიანი ხისტი ნაწილი, გისოსის განივი კვეთის პროფილი, მართკუთხა განივი კვეთიანი ფოლადის მილი 250x250x10, განივი კვეთის ფართობი $A=93.4$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=(15 \times 4)$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L \approx 9.0$ მეტრი

$$G_{\text{ხის. ნაწ.}}^{\text{გის.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.00934 \cdot 7850 \cdot 60 \cdot 9 = 39592.26 \text{ კგ} \approx 35.6 \text{ ტ.}$$

3). კონსტრუქციის დიაფრაგმის ძირითადი ღერო, პროფილი, ფოლადის მილი $\emptyset 402 \times 10$, განივი კვეთის ფართობი $A=123.2$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=5.9$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ.ძ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.01232 \cdot 7850 \cdot 4 \cdot 5.9 = 2282.4 \text{ კგ} \approx 2.3 \text{ ტ.}$$

4). კონსტრუქციის დიაფრაგმის მოძრავი ღერო, პროფილი, ფოლადის მილი $\emptyset 377 \times 9$, განივი კვეთის ფართობი $A=104.0$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=4.6$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ.ძოდ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.0104 \cdot 7850 \cdot 4 \cdot 4.6 = 1502.17 \text{ კგ} \approx 1.5 \text{ ტ.}$$

5). კონსტრუქციის დიაფრაგმის გამბრჯენების ღერო, პროფილი, კვადრატული განივი კვეთიანი ფოლადის მილი 220x220x10 სორტამენტის ფაილი GN-KV94 SRT), განივი კვეთის ფართობი $A=73.4$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=12.3$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ.ძოდ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.00734 \cdot 7850 \cdot 4 \cdot 12.3 = 2834.85 \text{ კგ} \approx 2.84 \text{ ტ.}$$

6). კონსტრუქციის საკოჭების ღერო, პროფილი, ბაგირი Ø51, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=14.6$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=48.1$ მეტრი.

$$G_{საკ.} = g_{ელემ.} \cdot n_{ელ.} \cdot l_{ელ.} = 14.6 \cdot 4 \cdot 48.1 = 2809.0 \text{ კგ} \approx 2.81 \text{ ტ.}$$

ძირითადი ელემენტების ფოლადის ჯამური ხარჯი კონსტრუქციის ტიპურ მონაკვეთზე (სექციაზე)

$$\sum G_{ძირ. ელ.} = G_{ხოს. ნაწ.} + G_{გისოსი.} + G_{დიაფ. ძირ.} + G_{დიაფ. მოდ.} + G_{გამბ. ძირ.} + G_{საკ.} = 40.85 + 35.6 + 2.3 + 1.5 + 2.84 + 2.81 = 85.9 \text{ ტონა}$$

7). საკვანძო ელემენტების (სპეციფიკაციაში გაუთვალისწინებელი ფურცლოვანი ფოლადი) ხარჯი ძირითადი მზიდი ელემენტების ჯამური წონის 15%.

$$G_{გაუთვ.} = \sum G \cdot 0.15 = 85.9 \cdot 0.15 \approx 12.9 \text{ ტ.}$$

ფოლადის ჯამური ხარჯი კონსტრუქციის ტიპურ მონაკვეთზე (სექციაზე)

$$\sum G = \sum G_{ძირ. ელ.} + G_{გაუთვ.} = 85.9 + 12.9 = 98.8 \text{ ტონა}$$

კონსტრუქციის ერთ გრძივ მეტრზე ფოლადის ხარჯი ტოლია

$$g_{გრ. ა.} = \sum G / l = 98.8 / 48.3 = 2.05 \text{ ტონა .}$$

შემთავაზებული კონსტრუქციის (მალით L=290 მ.) მოლიანი წონა ტოლია

$$\sum G = 2.05 \times 290 = 594.5 \text{ ტონა.}$$

IV. შემთავაზებული კონსტრუქცია მალით L=300 მ., (პოლიგონალური მოხაზულობის წამწიანი ხისტი ნაწილით). ელემენტების ზომები მოცემულია განივი კვეთების შერჩევის ცხრილში. კონსტრუქციული მოხაზრებით, ხისტი ნაწილის სარტყლების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, სისტემაში გათვალისწინებულია დამატებითი განივი კავშირები (დიაფრაგმებს შორის ორ ადგილზე).

1). კონსტრუქციის პოლიგონალური მოხაზულობის წამწიანი ხისტი ნაწილი, სარტყლების განივი კვეთის პროფილი, მართკუთხა განივი კვეთიანი ფოლადის მილი 300x300x14 (სორტამენტის ფაილი GN-KV94 SRT), განივი კვეთის ფართობი $A=155$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=(4 \times 2)$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=50$ მეტრი.

$$G_{ხოს. ნაწ.}^{სარ} = A_{ელემ.} \cdot \gamma_{ლით.} \cdot n_{ელ.} \cdot l_{ელ.} = 0.0155 \cdot 7850 \cdot 8 \cdot 50 = 48670.0 \text{ კგ} \approx 48.7 \text{ ტ.}$$

2. კონსტრუქციის პოლიგონალური მოხაზულობის წამწიანი ხისტი ნაწილი, გისოსის განივი კვეთის პროფილი, მართკუთხა განივი კვეთიანი ფოლადის

მილი 250x250x10 (სორტამენტის ფაილი GN-KV94 SRT), განივი კვეთის ფართობი $A=93.4$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=(15 \times 4)$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L \approx 9.0$ მეტრი

$$G_{\text{ხის. ნაწ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.00934 \cdot 7850 \cdot 60 \cdot 9 = 39592.26 \text{ კგ} \approx 35.6 \text{ ტ.}$$

3). კონსტრუქციის დიაფრაგმის ძირითადი ღერო, პროფილი, ფოლადის მილი $\varnothing 402 \times 10$, განივი კვეთის ფართობი $A=123.2$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=5.9$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ.დ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.01232 \cdot 7850 \cdot 4 \cdot 5.9 = 2282.4 \text{ კგ} \approx 2.3 \text{ ტ.}$$

4). კონსტრუქციის დიაფრაგმის მოძრავი ღერო, პროფილი, ფოლადის მილი $\varnothing 377 \times 9$, განივი კვეთის ფართობი $A=104.0$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=4.6$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ.მოდ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.0104 \cdot 7850 \cdot 4 \cdot 4.6 = 1502.17 \text{ კგ} \approx 1.5 \text{ ტ.}$$

5). კონსტრუქციის დიაფრაგმის გამბრჯენების ღერო, პროფილი, კვადრატული განივი კვეთიანი ფოლადის მილი $220 \times 220 \times 10$ (სორტამენტის ფაილი QuadHohl), განივი კვეთის ფართობი $A=73.4$ სმ², ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=12.3$ მეტრი.

$$G_{\text{დიაფ.მოდ.}} = A_{\text{ელემ.}} \cdot \gamma_{\text{ლით.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 0.00734 \cdot 7850 \cdot 4 \cdot 12.3 = 2834.85 \text{ კგ} \approx 2.84 \text{ ტ.}$$

6). კონსტრუქციის საკოჭების ღერო, პროფილი, ბაგირი $\varnothing 51$, ერთი გრძივი მეტრის წონა $g=14.6$ კგ/მ., ელემენტების რაოდენობა $n=4$ ცალი, ელემენტის სიგრძე $L=50.0$ მეტრი.

$$G_{\text{საკ.}} = g_{\text{ელემ.}} \cdot n_{\text{ელ.}} \cdot l_{\text{ელ.}} = 14.6 \cdot 4 \cdot 50.0 = 2907.8 \text{ კგ} \approx 2.91 \text{ ტ.}$$

ძირითადი ელემენტების ფოლადის ჯამური ხარჯი კონსტრუქციის ტიპურ მონაკვეთზე (სექციაზე)

$$\sum G_{\text{ძირ. ელ.}} = G_{\text{ხის. ნაწ.}} + G_{\text{გისოსო.}} + G_{\text{დიაფ. ძირ.}} + G_{\text{დიაფ. მოდ.}} + G_{\text{გამბ. ძირ.}} + G_{\text{საკ.}} = 48.7 + 35.6 + 2.3 + 1.5 + 2.84 + 2.91 = 93.85 \text{ ტონა}$$

7). საკვანძო ელემენტების (სპეციფიკაციაში გაუთვალისწინებელი ფურცლოვანი ფოლადი) ხარჯი ძირითადი მზიდი ელემენტების ჯამური წონის 15%.

$$G_{\text{გაუთვ.}} = \sum G \cdot 0.15 = 93.85 \cdot 0.15 \approx 14.08 \text{ ტ.}$$

ფოლადის ჯამური ხარჯი კონსტრუქციის ტიპურ მონაკვეთზე (სექციაზე)

$$\sum G = \sum G_{\text{ძირ. ელ.}} + G_{\text{გაუთვ.}} = 93.85 + 14.08 = 107.93 \text{ ტონა}$$

კონსტრუქციის ერთ გრძივ მეტრზე ფოლადის ხარჯი ტოლია

$$g_{\text{გრ. მ.}} = \sum G/l = 107.93/50 = 2.16 \text{ ტონა .}$$

შემთავაზებული კონსტრუქციის (მალით $L=300$ მ.) მოღიანი წონა ტონაშია
 $\sum G=2.16 \times 300=648.0$ ტონა.