

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბ. ჯაფარიძე

ტექნიკური მექანიკა



რეკომენდებულია სტუ-ის
სარედაქციო-საგამომცემლო სამსახურს
მიერ. 06.06.2013, ოქმი №3

თბილისი
2013

განხილულია საკვანძო საკითხები, კერძოდ, ისეთი ამძრავების დაპროექტება, რომლებიც შედგება ტალღური გადაცემების, კბილა ღვედური, შევრონულ კბილანური და გლობოიდური ჭიახრახნული. ეს გადაცემები გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის თანამედროვე მანქანაში.

განკუთვნილია საინჟინრო სპეციალობების ბაკალავრებისა და მაგისტრანტებისთვის, ასევე საინჟინრო-ტექნიკური პერსონალისთვის, რომლებიც დაინტერესებული არიან ნაშრომში წარმოდგენილი საკითხებით. აღნიშნული სახელმძღვანელო დაეხმარება სტუდენტებს, დამოუკიდებლად შეასრულონ საკუთროს სამუშაო, საშინაო დავალება და საკუთროს პროექტი მანქანათა ნაწილებში, ტექნიკურ ან გამოყენებით მექანიკაში.

რეცენზენტები: ასოცირებული პროფესორი გ. ნამგალაძე,
სრული პროფესორი გრ. ჭელიძე

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013

ISBN 978-9941-20-322-0

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის ნებისმიერი ნაწილის (ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არც ერთი ფორმითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

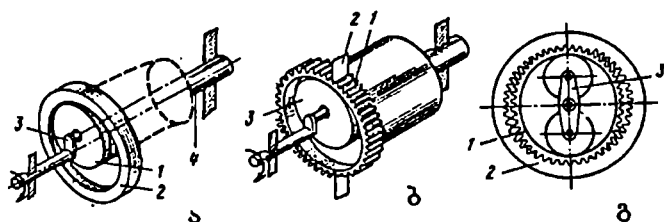
ტალღური გადაცემები

ზოგადი ცნობები

ტალღური გადაცემები წარმოადგენენ მექანიზმებს, რომელთა მუშაობის პრინციპი ემყარება მექანიზმის რომელიმე რგოლის დეფორმაციის შედეგად აღძრული ტალღებით ბრუნვითი ძრაობის განხორციელებას ტალღური გადაცემა შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც შიგა მოდებიანი კბილანური პლანეტარული გადაცემების ნაირსახეობა, რომელიც მიიღება განხილული მოწყობილობის (ნახ.1.1,ა) შუალედურ კბილათვალთან ერთად მოქნილ გარსში განთავსებით (ნახ.1.1,ბ). გარსის მოქნილობა იძლევა საშუალებას უზრუნველყოს ბრუნვითი ძრაობის გადაცემა შუალედურ კბილათვალიდან ნელმავალი ღილის მიმართ (ნახ.1.1,გ). ნახ.1.1,გ-ზე გამოხატული სქემის მექანიზმი, შედარებით რაციონალურია ვიდრე წინა სქემის მექანიზმი, რადგანაც მას გააჩნია კბილანური ნახ.1.1. მოდების ორი ზონა, რის გამოც, ტალღური გენერატორი (მატარი) 3 სიმეტრიულად არის დატვირთული.

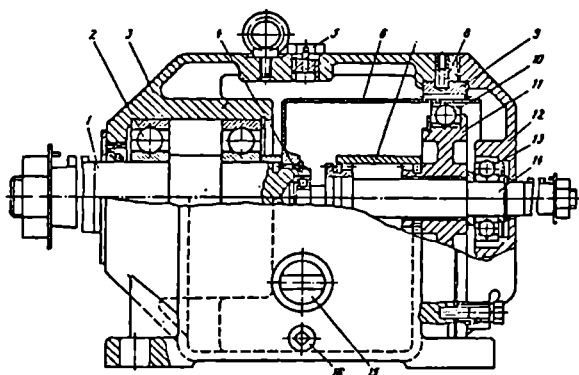
ტალღური გადაცემის ღირსებად ითვლება დიდი გადაცემის ფარდობის განვითარების უნარი (ერთსაფეხურიან გადაცემას შეუძლია განავითაროს გადაცემის ფარდობა $i=315$ რიცხვამდის); მექანიზმის რგოლებს გააჩნიათ მცირე ფარდობითი გადაადგილება: ერთეულ მასის მქონე ნაწილებს გააჩნიათ დატვირთვების მაღალი მზიდუნარიანობა (ყოველი მოდებაში მყოფ წყვილ კბილების 50% შეუძლიათ დატვირთვების გადაცემა); მოდების მრავალწყვილიანობა ზრდის მექანიზმის რგოლების გრეხვაზე სიმტკიცის მაღალ მედეგუნარიანობას (გადაცემის მცირე კინემატიკური ცდომილება); მექანიზმის გაშვების და რევერსიულობის მომენტში მცირეა აღძრული, დინამიკური დატვირთვები;

არსებობს ტალღური გადაცემების მრავალი მოდიფიკირებული ნაირსახეობა, რომლებიც გამოიყენება: ჩარხ-მშენებლობაში; ტვირთამწვე-სატრანსპორტო მანქანათ-მშენებლობაში; საავიაციო ტექნიკაში და ხელსაწყოთ-მშენებლობაში.



ნახ.1.1

შემდგომ გაანგარიშებაში განხილულია ტალღური კბილანური გადაცემების გაანგარიშება-დაპროექტების მე-თოდით.



ნახ.1.2

ნახ.1.2 წარმოდგენილია რუსული წარმოების ერთ-საფეხურიანი ტალღური რედუქტორის კონსტრუქციული ნახაზი. რედუქტორს აქვს ტალღების მწარმოებელი მექანიკური გენერატორი 11, უძრავი ხისტი კბილათვალაი 9 და ამყოლი მოქნილი კბილათვალაი 6. ორტალღიანი გენერატორი შესრულებულია გორვის ხახუნის საკისრის 10 მსგავსი კონსტრუქციის სახის და აღჭურვილია მოქნილი საჩერი რგოლებით და სეპარატორით. გენერატორი სწრაფმავალ ლილვთან დაკავშირებულია კბილა ქუროს 7 საშუალებით. ასეთი შეერთება გენერატორს აძლევს მოქნილი კბილათვალაის მიმართ, თვითდაცენტრების სახით, განთავსების საშუალებას თავის მხრივ მოქნილი კბილათვალაი წარმოადგენს ცილინდრულ გარსს მიდუღებულს ძირთან. ძირის მორგეში მოჭრილი შლიცებით ჭიქა შეერთებულია ნელმავალ ლილვთან 1 (ნახ.1.2) ლილვი 1 კვანძი აკრეფილია ორი გორვის ხახუნის რადიალურ საკისრებზე 2, რომლებიც განთავსებულნი არიან რედუქტორის კორპუსის 3 ამოხარატებულ საკისრის ბუდეში. სწრაფმავალი ლილვი 14 ბრუნავს ორ გორვის ხახუნთან საკისრებზე. მარცხენა საკისარი 4 ჩაწნეხილია ლილვის 14 ბოლოვანაზე და ჩასმულია ნელმავალი ლილვის 1 ბოლოვანაში ამოხარატებულ საკისრის ბუდეში. მარჯვენა საკისარი 2 ჩაწნეხილია ლილვის შუალედურ ნაწილზე და განთავსებულია კორპუსი 3 სახურავში 12 ამოხარატებულ ბუდეში. ლილვებზე ჩაწნეხილი საკისრები ფიქსირებულნი არიან მოქნილი საჩერი რგოლებით. ხისტი კბილათვალაი 9 ჩაწნეხილია კორპუსში 3 და ფიქსირებულია წკირით 8. კარტერში ზეთის ჩასასხმელად გათვალისწინებულია კორპუსის ზედა ნაწილში არსებული ხრახნკუთხვილიანი ნახვრეტი, რომელიც ჩაკეტილია საცობი-სასულეთი 5. რედუქტორი ასევე აღჭურვილია ზეთის დონის მაკონტროლებელი ზეთის დონის მაჩვენებელი 15 და კარტერიდან ზეთის ჩამოსაშვები ნახვრეტი ჩაკეტილი საცობი 16.

ტალღური გადაცემების ძირითადი

ბანსაზღვრები და აღნიშვნები

ტალღური კბილანური გადაცემები ხისტი კბილანები განსხვავდებიან ჩვეულებრივი კბილანური გადაცემის კბილანებისაგან არამარტო მოქმედების პრინციპებით ასევე სხვა თავისებურებითაც, რის გამოც მოგვყავს ძირითადი განმსაზღვრელი სიდიდეები და აღნიშვნები:

ტალღური კბილანური გადაცემების მექანიზმების რგოლების აღმნიშვნელი ინდექსები:

მექანიზმების რგოლები

h – ტალღების გენერატორი (ტალღების მწარმოებელი);

g – მოქნილი კბილათვალი;

b – ხისტი კბილათვალი.

კინემატიკური პარამეტრები:

i – გადაცემის ფარდობა (წამყვანი რგოლის კუთხური სიჩქარის ფარდობა ამყოლი რგოლის კუთხურ სიჩქარესთან);

i_{hg}^b – წამყვანი რგოლის h კუთხური სიჩქარის ფარდობა მოქნილი რგოლის g კუთხურ სიჩქარესთან, უძრავი b რგოლის არსებობის შემთხვევაში;

W – დეფორმაციით წარმოებული ტალღების რიცხვი.

გეომეტრიული მახასიათებლები:

$a_{\text{წო}}$ – კბილათვალის სატეხელათი დასამზადებელი, საჩარხო მოდების ღერძებს შორის მანძილი;

$d_{\text{საშ}}$ – მოქნილი კბილათვლის საშუალო დიამეტრი (მოქნილი კბილათვლის შიგა და კბილის ღრმულების წრესხაზის დიამეტრების ჯამის ნახევარი - $d_{\text{საშ}} = 0,5(d + d_{\text{გ}})$);

S_1 – მოქნილი კბილათვლის კედლის სისქე;

W – მოქნილი კბილათვლის წერტილების რადიალური გადაადგილება მისი, გენერატორის დიდი ნახევარღერძის მიმართ, დეფორმაციის შემთხვევაში (დეფორმაციის ოვალი);

h – კბილანის კბილის სიმაღლე;

$\alpha_{\text{წო}}$ – მოდების კუთხე საჩარხო მოდებაში;

χ – გამოსავალი საწარმოო კონტურის გადანაცვლების კოეფიციენტი;

C – მოდების რადიალური ღრეწო;

Z_b – ხისტი კბილათვლის კბილთა რიცხვი;

Z_g – მოქნილი კბილათვლის კბილთა რიცხვი;

$\psi_d = \frac{d_{\text{საშ}}}{S_1}$ – მოქნილი კბილათვლის დიამეტრის კოეფიციენტი;

$\psi_d = \frac{b_{\text{წო}}}{d}$ – მოქნილი კბილათვლის კბილაგვირგვინის სიგანის კოეფიციენტი;

ძალოვანი მახასიათებლები და კოეფიციენტები:

T_g – ნელმავალი (ამყოლ) ლილვზე მოქმედი მგრესავი მომენტი (მოქნილი კბილათვალის)

$T_{საანგ.}$ – საანგარიშო მომენტი;

K_{κ} – რეჟიმის კოეფიციენტი;

$K_{\mathcal{L}}$ – დინამიურობის კოეფიციენტი;

K_g – გადატვირთვის კოეფიციენტი;

K_r – ძაბვათა კონცენტრაციის ეფექტურობის კოეფიციენტი;

K_T – თბოგადაცემის კოეფიციენტი;

K_{σ} – დაძაბულობის კოეფიციენტი;

K_s – კბილის ძირში კბილის სიგანის კოეფიციენტი;

n – ძაბვის სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი.

1. შემდგომში პარამეტრებს, რომელთაც გააჩნიათ ერთნაირი ასოთი სიმბოლოები ენიჭებათ შესაბამისი რგოლის ინდექსი.
2. მაგალითში განხილულია მხოლოდ გადაცემები გადაცემის ფარდობით i_{hg}^b

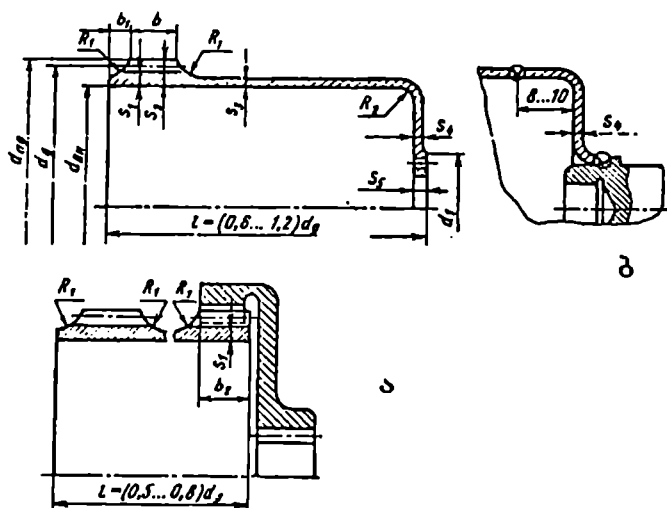
ტალღური გადაცემების ძირითადი

ნაწილები და მასალები

გადაცემის ძირითადი რგოლები. ნახ.1.3-ზე გამოხაზულია მოქნილი კბილათვლის კონსტრუქციული შესრულების ვარიანტები. მოქნილი კბილათვალი მზადდება უნაწიბურო ცხლად ნაგლინი ფოლადის მილების, (სასტ 8732078), ნამზადებისაგან. სერიული წარმოების შემთხვევაში მიღებულია კბილათვალის ჭიქის ტიპის კონსტრუქცია, რომლის დროსაც მოქნილი ცილინდრი და ძირი ერთი მთლიანი ნამზადისაგან მზადდება (ნახ.1.3, ა) შესრულება 1 ან შესრულება 2-ს შემთხვევაში მილი - ჭიქის ტიპის კონსტრუქციის სახით, სადაც კბილათვალის გარსი და დაშტამპული ძირი მზადდება ცალ-ცალკე. გარსი ძირთან შეერთებულია პირაპირა შენადული ნაკერით, ხოლო ძირი ნელმავალ ლილვთან 1 შეერთებულია ლილვის მოგორვილ გადაღუნულ ბორტებიან ზედაპირებთან კუთხითი შენადული ნაკერით. მილი - ჭიქის კონსტრუქციაში მოქნილი ცილინდრი ძირთან შეერთებულია შლიცებიანი (კბილა) შეერთებით (ნახ.1.3, ბ).

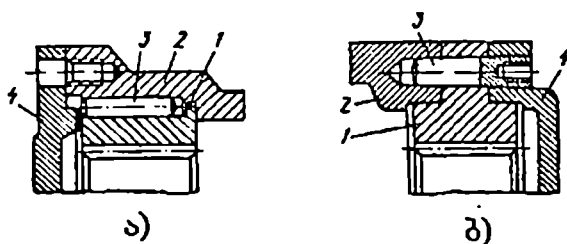
მოქნილი კბილათვლის შეერთება ნელმავალ ლილვთან 1 შეიძლება სრულდებოდეს დაძაბული ჭანჭიკებიანი, სოგმანებით ან შლიცებიანი შეერთებით. უკანასკნელი შეერთება უმეტეს შემთხვევებში გამოიყენება საერთო დანიშნულების რედუქტორებში.

ტალღური გადაცემების მუშაობის პროცესში მოქნილ კბილათვალში აღძრული ძაბვები მაღალი ციკლური ცვალებადობის ძაბვებია, ამიტომ მოქნილი კბილათვალის ძირითად ზომებზე დაშვებები მოინიშნება 6 - 8 კვალიტეტებით. მოქნილი კბილათვლების სუფთად დამუშავების შემთხვევაში, კბილებისაგან თავისუფალი ზედაპირები, იხეხება და კრიალდება. რეკომენდაციები დამუშავების სიზუსტის და სიმკისის პარამეტრების შესახებ მოყვანილია ცხრილში 1.3.22.



ნახ.1.3

ტალღური გადაცემის ხისტი კბილათვალის კონსტრუქცია იდენტურია ჩვეულებრივი შიგა მოდებიანი ცილინდრული კბილანური და პლანეტარული გადაცემების (ნახ.1.4,ა). ხისტი კბილათვალი 1 ჩასმულია კორპუსში 2 დაძაბული ჩასმით და მგრეხავი მომენტიტით გამოწვეული ბრუნვითი გადანაცვლების საწინააღმდეგოდ დამატებით ფიქსირებულია წკირი 3-ის საშუალებით, ნახ.1.4,ბ ხისტ კბილათვალს გააჩნია მიღტუჩი, ხოლო კორპუსსა და კორპუსის სახურავს დამაცენტრებელი მიმმართველი ზოლები. მამრუნებელი მომენტი გადაცემა ხრახნების 3 საშუალებით. ნახ.1.4, ა გამოხაზული სქემა მონტაჟის და დემონტაჟისათვის მარტივი და მოხერხებულია.

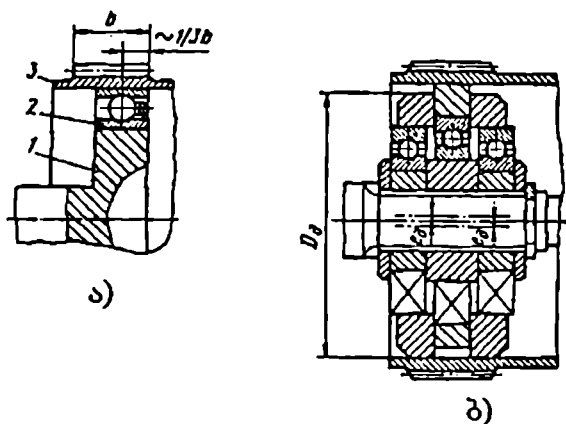


ნახ. 1.4

დეფორმაციით ტალღების მწარმოებელი მექანიკური გენერატორი აღჭურვილია: პროფილიანი მუშტათი 1 (ნახ.1.5,ა), რომლის წარმომსახველ ზედაპირზე ჩაწეხილია მოქნილი საკისრის 2 შიგა რგოლი, ხოლო გარე რგოლი შეხებაშია მოქნილი კბილათვალის 3 შიგა ზედაპირთან დისკოებიან გენერატორში. (ნახ.1.5 ბ) მოქნილ კბილათვალს აქვს საკმაოდ დიდი საყრდენი უბანი, რომელიც უზრუნველყოფს გარე მოდების კბილანური გადაცემისათვის საჭირო დეფორმაციის შენარჩუნებას, შუა დისკოს ნახვრეტი, მიმდებარე ლილვთან შესრულებულია ექსცენტრისიტეტით e , ხოლო განაპირა დისკოები იგივე ექსცენტრიულობით მხოლოდ საწინააღმდეგო (180° -ით) მიმართულებით. განაპირა დისკოებზე წნეხითი ჩასმით დასმულია ბურთულა რადიალური საკისრები, ხოლო საკისრებზე – გარე დისკოები D_g .

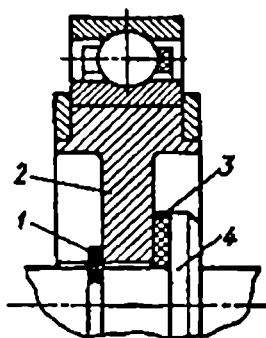
დისკოიან გენერატორებს არ გააჩნიათ მოქნილი საკისრები და მუშტები, რაც კონსტრუქციას ამარტივებს ეს არის ერთერთი ძირითადი მიზეზი, რომლის მიხედვითაც წარმოებს ტალღური გადაცემების ინდივიდუალური და მცირე სერიული დამზადება. დისკური გენერატორის ინერციის მომენტი უფრო მცირეა, ვიდრე მუშტებიანი გენერატორის ამას გადაცემისათვის აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა, გენერატორის ტიპის

შერჩევის დროს, რომელსაც წაყენება მოთხოვნილება მცირე ინერციულობის მიმართ.



ნახ. 1.5

ტალღების გენერატორი სწრაფმავალ ლილვთან შეერთებულია ხისტად (რაც მოითხოვს დამზადების და მონტაჟის მაღალ სიზუსტეს) ან გენერატორის, მოქნილი და ხისტი კბილათვლების ლილვების დამზადების ცდომილებებით გამოწვეული გადახრების კომპენსაციის საშუალებით. თვითდაყენებითი შეერთებები სრულდება ხისტი სახსრების ან დრეკადი ელემენტების საშუალებით. კონსტრუქციაში ნახ.1.6 სახსარი წარმოადგენს კბილაქუროს, შედგენილი შიგა კბილამოდებიანი მილისისაგან, რომელიც ლილვს აერთებს გენერატორის მორგეთან რომლებზედაც მოჭრილია გარე მოდების კბილები. კბილანურ გადაცემებში არსებული ღრეწოს ხარჯზე გენერატორს შეუძლია გადაადგილება რადიალური მიმართულებით.

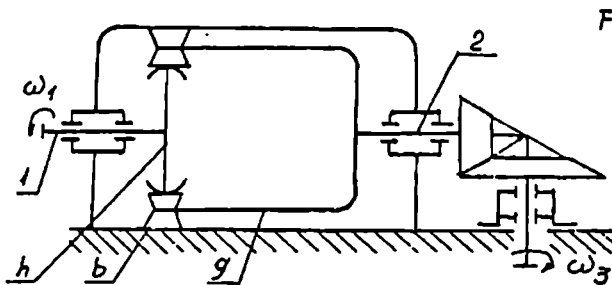


ნახ. 1.6

ნახ.1.6 გამოხაზულია გენერატორის სწრაფმავალ ლილვთან მოქნილი შეერთების სქემა. ლილვი 4 ბურტიკზე დაწებებულია რეზინის საყელური 3. გენერატორის დისკოს 2 და ლილვს შორის არსებობს ღრეჩო, რომელშიც დისკოს შეუძლია რადიალური მიმართულებით გადაადგილება. საყელური 2 საყელური 3 მიეჭირება მოზამბარე საყელურის 1 საშუალებით.

მაგალითი 1

დააპროექტეთ მოსაბრუნებელი მექანიზმი შემდგარი ტალღური და ღია კონუსური კბილანური გადაცემებისაგან, აღნიშნული სქემისა და მონაცემების მიხედვით.



ნახ.1.7

საპროექტო მონაცემები: გადასაცემი ნომინალური სიმძლავრე $P_1 = 5$ კვტ; წამყვანი ლილვის 1 კუთხური სიჩქარე $\omega_1 = 250$ რ/წმ; ნელმავალი ლილვის კუთხური სიჩქარე $\omega_3 = 0,4$ რ/წმ;

გაანგარიშება

კინემატიკური გაანგარიშება

ა) განისაზღვრება ამძრავის საერთო გადაცემის რიცხვი

$$u_0 = i \cdot u_{2-3} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{250}{0,4} = 625$$

სადაც i ტალღური გადაცემის გადაცემათა ფარდობაა, u_{2-3} ღია კბილანური გადაცემის გადაცემის რიცხვი, მივიღოთ $u_{2-3} = 3$, მაშინ ტალღური გადაცემის ფარდობა ტოლი იქნება

$$i = \frac{u_0}{u_{2-3}} = \frac{625}{3} = 208$$

ბ) ამძრავის საერთო მ.ქ.კოეფიციენტი

$$\eta_0 = \eta_2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_3^2$$

სადაც η_1 - ტალღური კბილანური გადაცემის მ.ქ.კოეფიციენტი.

$$\eta = \frac{1}{1 + \Omega_h + 22 \cdot 10^{-5} \cdot u}$$

აქ Ω_h - გენერატორის ტიპის ამსახველი კოეფიციენტი დისკური გენერატორის შემთხვევაში $\Omega_h = 0,13$; მუშტე-ბიანის $\Omega_h = 0,15$. მივიღოთ გენერატორი მუშტებიანი, მოქნილი საკისრებით, ხოლო მოქნილი კბილათვალა ჭიქის ტიპის; შესაბამისად Ω_h ტოლი იქნება $\Omega_h = 0,15$ და მ.ქ.კოეფიციენტი გამოითვლება

$$\eta_1 = \frac{1}{1 + 0,15 + 22 \cdot 10^{-5} \cdot 208} = 0,84$$

η_2 ღია კონუსური გადაცემის მ.ქ.კოეფიციენტი $\eta_2 = 0,94$;

$\eta_3 = 0,98$ -სრიალის ხახუნის საკისრების მ.ქ.კა;

$$\eta_0 = 0,84 \cdot 0,94 \cdot 0,98^2 = 0,76$$

ბ) ცალკეული ლილვების კუთხური სიჩქარეები:

წამყვანი ლილვის $\omega_1 = 250$ რ/წმ;

$$\text{მატარის } \omega_h = \omega_2 = \frac{\omega_1}{i} = \frac{250}{208} = 1,2 \text{ რ/წმ};$$

$$\text{ნელმაგალი ლილვის } \omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{2-3}} = \frac{1,2}{3} = 0,4 \text{ რ/წმ}$$

დ) ბრუნვის სიხშირეები: წამყვანი ლილვის

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 250}{3,14} = 2390 \text{ ბრ/წმ};$$

მატარის

$$n_2 = n_g = \frac{n_1}{i} = \frac{2390}{208} = 12 \text{ ბრ/წმ};$$

ნელმაგალი ლილვის

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{2-3}} = \frac{12}{3} = 4 \text{ ბრ/წმ}.$$

ე) მგრესავი მომენტები:

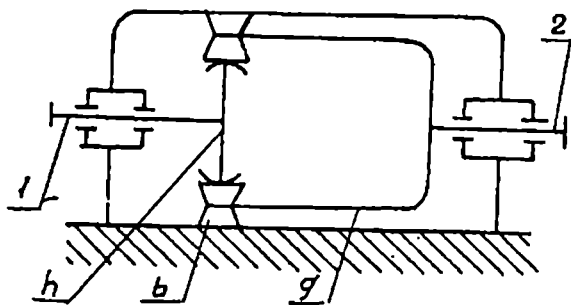
$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 10^3}{\omega_1} = \frac{5 \cdot 10^3}{250} = 20 \text{ მზ};$$

$$T_2 = T_1 \cdot i \cdot \eta_1 = 20 \cdot 208 \cdot 0,84 = 3450 \text{ მზ};$$

$$T_3 = T_2 \cdot u_{2-3} \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2 = 3450 \cdot 3 \cdot 0,94 \cdot 0,98^2 = 9350 \text{ მზ}$$

ტალღური გადაცემის გაანგარიშება

საპროექტო მონაცემები: წამყვანი ლილვის მაბრუნებელი მომენტი $T_1=20$ ნმ; კუთხური სიჩქარე $\omega_1=250$ რ/წმ; ბრუნვის სიხშირე $n_1=2390$ ბრ/წთ. მოქნილი კბილათვალის მინიმალური მაბრუნებელი მომენტი $T_2=T_g=3450$ ნმ; კუთხური სიჩქარე $\omega_2=1,2$ რ/წმ; ბრუნვის სიხშირე $n_2=12$ ბრ/წთ; გადაცემის რიცხვი $i=208$



ნახ.1.8

1. განვსაზღვროთ მოქნილი კბილათვალის საშუალო დიამეტრი

$$d_{\text{საშ.}} = C_3 \sqrt{\frac{T_{\text{საანგ.}} \psi_d}{[\tau]_{\text{გრ.}}}}$$

სადაც C კოეფიციენტი ითვალისწინებს დატვირთვების გავლენას მოდების ზონაში და დეფორმაციით გამოწვეული ძაბვების გადანაწილებას კბილათვალში; როცა

გადაცემის ფარდობა მდებარეობს ზღვრებში $i = 80...315$
 მიიღება $C = 14...12$ მაგალითისათვის მისაღებია $C = 13$

2. მოქნილ კბილათვალზე მოქმედი საანგარიშო მგრე-
 ხი მომენტი გაიანგარიშება

$$T_{2\text{სანგ}} = T_2 \cdot K_\delta \cdot K_\pi$$

სადაც T_2 კბილათვალზე მოქმედი ნომინალური მომენტი
 $T_2 = 9320$ ნმ;

K_δ - გადატვირთვის კოეფიციენტი შეირჩევა მოქმე-
 დი მომენტების ფარდობის —

$$\frac{T_{\text{მაქ}}}{T_{\text{ნომ}}} = \frac{1}{0,4} = 1,57 \quad \text{და} \quad \text{გადაცემის ფარდობის}$$

$i = 208$ მიხედვით $K_\delta = 1,2$ (ცხრილი 1.2); K_π - დინამიური
 დატვირთვის კოეფიციენტი შეირჩევა კბილანების დამზა-
 დების ხარისხის და გენერატორის ბრუნვის სიხშირის
 $n_1 = 2390$ ბრ/წთ მიხედვით.

მივიღოთ კბილანების დამზადების სიზუსტის ხარის-
 ხი 8-E და n_2 -ის მიხედვით ცხრილიდან 1.3 $K_\pi = 1,35$
 შესაბამისად საანგარიშო მომენტი ტოლი იქნება

$$T_{\text{სანგ}} = 3450 \cdot 1,2 \cdot 1,35 = 5560 \text{ ნმ}$$

$$\text{კოეფიციენტი } \psi_d = \frac{d_{\text{საშ}}}{S_1} (S_1 - \text{მოქნილი კბილათვალის}$$

კედლის სისქე) შეირჩევა ცხრილი 1.4-დან $\psi_d = 90$

1. მასალების შერჩევა. მოქნილი კბილათვალის
 დასამზადებლად მივიღოთ I ჯგუფის ფოლადებიდან
 ფოლადი 50xΓ თერმიულად დამუშავებული — გაუმჯო-
 ბესება სისალით HB=300...340 ერთეულის; მექანიკური
 მახასიათებლებით: $\sigma_{\text{ღრ}} = 1280$ მპა და $\sigma_{\text{ღვ}} = 1080$ მპა.

ხისტი კბილათვალის მასალად, მე-2 ჯგუფის ფოლადე-
ბიდან ფოლადი 50 სისაღით HB 260 ერთეული, მექანი-
კური მახასიათებლებით $\sigma_{\text{ღრ}} = 950$ მპა და $\sigma_{\text{ღენ}} = 765$ მპა.

ცხრილი 1.1

მასალები და ძირითადი ნაწილების სიმტკიცის
მახასიათებლები

ფოლა- დის მარკა	თერმული დამუშავება და გამტკი- ცება	სისაღე		$\sigma_{\text{ღრ}}$	$\sigma_{\text{ღენ}}$	$\sigma_{\text{-1}}$
		HB გუ- ლის	HRC ზედა- პირუ- ლი	მპა		
1-ლი ჯგუფი (ლევირებული ხარისხიანი ფოლადები)						
30XГСА	გაუწვებესება	280-320	-	1100	850	420-440
30XГСА	გაუწვებესება და ცეკვდება	280-320	28-32	1100	850	480-500
30XГСА	გაუწვებესება და აზოტირება	280-320	50-54	1100	850	600-650
50XГ	გაუწვებესება	300-340		1280	1080	480
2-ე ჯგუფი (ნახშირბადოვანი ფოლადები, გაუმჯობესებული)						
45	ნორმალური	180-220	-	630	400	250
40X	წრთობა და		-			
	გაუწვებესება	200-215	-	1000	800	450
50	გაუწვებესება	220-270		950	765	460

2. რევერსიული გადაცემებისათვის გრეხაზე დასაშვებ-
ი ძაბვა განისაზღვრება ტოლობით

$$[\tau]_k = \frac{0,22\sigma_{\text{გრ}}K_k}{n \cdot K_r}$$

შენიშვნა: არარევერსიული გადაცემების შემთხვევაში დასაშვები ძაბვის სიდიდე $[\tau]_k$ უნდა გაიზარდოს 25% ე.ი, არარევერსიული გადაცემის შემთხვევაში ძაბვის სიდიდე დადგინდება ტოლობით $[\tau]' = 1,25[\tau]_k$ სადაც K_k მუშაობის პირობების ანუ რეჟიმის კოეფიციენტი შეირჩევა მუშაობის რეჟიმის და მექანიზმის მომსახურეობის ხანგამძლეობის მიხედვით ცხრილი 1.5-დან. ცხრილში მოყვანილი სიდიდეები მიეკუთვნება მექანიზმებს რომელთა გენერატორის ბრუნვის სიხშირე $n_{\text{გ}} = 1000$ ბრ/წთ, წინააღმდეგ შემთხვევაში გადაანგარიშებული უნდა იქნას დანადგარის ხანგამძლეობის L_0 -ის მიხედვით. ხანგამძლეობის მიხედვით დანადგარის მუშაობის დაყვანილი დრო გენერატორის ბრუნვის სიხშირის $n_1 = 2390$ ბრ/წთ შემთხვევაში განისაზღვრება

$$t_0^* = \frac{L_0 \cdot n_1}{1000} = \frac{9360 \cdot 2390}{1000} = 22370 \text{ საათი}$$

ცხრილი 6.5 მიხედვით ინტერპოლაციით ვპოულობთ $K_k = 0,82$

n - უსაფრთხოების კოეფიციენტი დაიშვება $n = 1,4 \dots 1,6$ და შეირჩევა მექანიზმების დანიშნულების მიხედვით (მოსაბრუნებელ და გადასაადგილებელი მექანიზმებისათვის მიიღება $n = 1,4 \dots 1,5$; ხოლო ტვირთამწვე მანქანებისათვის მისაღებია $n = 1,6$), მაგალითისათვის მისაღებია $n = 1,45$

ცხრ.12
გადატვირთვის კოეფიციენტი K_{Σ}

$T_{\text{გაქ}}$	i		
T_2	80-160	160-250	250-315
1,2	1	1,1	1,2
1,6	1,1	1,2	1,3
2,5	1,2	1,3	1,4

ცხრ.13
დინამიურობის კოეფიციენტი K_g

სიზუსტის კოეფიციენტი	ტალღების გრადუსობის ბრუნვის სიხშირე n_h ბრ/წთ		
	<1000	1000-1500	1500-3000
7-H	1	1,15	1,4
7-H	1,07	1,20	1,5
8-E	1,2	1,35	-

K_r - ძაბვათა კონცენტრაციის ეფექტურობის კოეფიციენტი შეირჩევა კბილის დამზადების (მოჭრის) მეთოდის და გადაცემის ფარდობის $i = 80 \dots 315$ ზონაში განთავსების მიხედვით. სატეხელათი კბილის დამუშავების შემთხვევაში მიიღება $K_r = 1,7 \dots 2,2$, ხოლო ფრეზით დამუშავების და გადაცემის ფარდობის იგივე დიაპაზონში მდებარეობის შემთხვევაში მიიღება $K_r = 1,6 \dots 2,0$.

K_r - უმცირესი მნიშვნელობა შეესაბამება გადაცემის ფარდობის $i=315$ სიდიდეს, ხოლო უდიდესი, როცა $i=80$. მაგალითისათვის მივიღოთ კბილების დამუშავება სატეხელათი და გადაცემის ფარდობას $i=208$ შემთხვევაში კოეფიციენტის მნიშვნელობა მისაღებია $K_r = 1,85$

ცხრ.1.4

კოეფიციენტის ψ_d -ს მნიშვნელობები

გადაცემის ფარდობა	მოქნილი თვლის მასალის ჯგუფი იხ.ცხრ.6.1	
	I	II
80-160	85	90
160-250	90	95
250-315	95	100

ცხრ.1.5

დატვირთვის რეჟიმის კოეფიციენტი
(როდესაც $n_h = 1000$ ბრ/წთ)

მექანიზმის მუშაობის ხანგამძლეობა, სთ	მუშაობის რეჟიმი		
	მსუბუქი	საშუალო	მძიმე
1000-მდე	1,22	1,17	1,1
2500	1,1	1,05	1,0
6300	1,0	0,95	0,9
10000	0,95	0,90	0,85
15000	0,85	0,81	0,77

შესაბამისად, რევერსიული გადაცემისათვის გრეხვაზე დასაშვები ძაბვის სიდიდე ტოლი იქნება

$$[\tau]_{\kappa} = \frac{0,22 \cdot 1280 \cdot 0,82}{1,45 \cdot 1,85} = 86 \text{ მპა}$$

3. მოქნილი კბილათვალის გვირგვინის სიგანის კოეფიციენტი $\psi_d = \frac{d_{\text{საშ}}}{S_1}$ შეირჩევა კბილათვალის მასალის

ჯგუფის (პირველი) გადაცემის ფარდობის $i = 208$ მიხედვით (ცხრ.1.4); (S_1 - მოქნილი კბილათვალის კედლის სისქეა). საპროექტო მონაცემების მიხედვით ვირჩევთ $\psi_d = 90$. ფორმულაში პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობის შეტანის შემდეგ მივიღებთ

$$d_{\text{საშ}} = 133 \sqrt{\frac{5560 \cdot 90}{86 \cdot 10^6}} = 23,5 \cdot 10^{-2} \text{ მ} = 235 \text{ მმ}$$

4. მოქნილი კბილათვალის ძირითადი პარამეტრები:

ა) წინასწარი კედლის სისქე

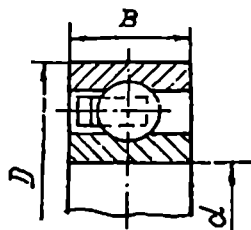
$$S_1 = \frac{d_{\text{საშ}}}{\psi_d} = \frac{235}{90} = 2,6 \text{ მმ}$$

ბ) შიგა ზედაპირის დიამეტრი

$$d_{\text{შ}} = d_{\text{საშ}} - S_1 = 235 - 2,6 = 232,4 \text{ მმ}$$

5. მოქნილი საკისრის შერჩევა

მიღებულ მნიშვნელობას შეუსაბამებთ მოქნილი საკისრების სტანდარტულ გარე უახლოეს უდიდეს დიამეტრს (ცხრ.1.6), რომლის მიხედვითაც ვირჩევთ სტანდარტულ მოქნილ საკისარს 836 (სასტ 23179-78) ზომებით: შიგა დიამეტრი $d = 180$ მმ; გარე დიამეტრი $D = 240$ მმ; სიგანე $B = 35$ მმ; შიგა რგოლის მაქსიმალური ბრუნვის სიხშირის $n = 1600$ ბრ/წთ განვითარების შესაძლებლობა



ნახ.1.9

ცხრილი 1.6

საკისრის აღნიშვნა	d	D	B	$n_{აკ}$ ბრ/წთ	საკისრის აღნიშვნა	d	D	B	$n_{აკ}$ ბრ/წთ
815	75	100	15	3000	830	150	200	30	1600
818	90	120	18	3000	836	180	240	35	1600
822	110	150	24	2500	844	220	300	45	1600
824	120	160	24	2000					

ამგვარად საბოლოოდ მივიღებთ $d_g = D = 240$ მმ; რადგანაც d_g - მნიშვნელობა ახლოს არის $d_{საგ}$ სიდიდესთან, ამიტომ მოქნილი კბილათვალის კედლის სისქე S_1 კბილაგვირგვინის ქვეშ შეიძლება მივიღოთ ტოლი $\frac{d_g}{\psi_d} = \frac{240}{90} = 2,67$ მმ. შესაბამისად

$$d_{საგ} = d_g = d_g + S_1 = 240 + 2,67 = 242,67 \text{ მმ}$$

მოქნილი კბილათვალის გარსის სისქე (იხ. ნახ.1.3)

$$S_g = (0,6...0,9) \cdot 2,67 = 1,6...2,4 \text{ მმ}$$

მივიღოთ $S_g = 2$ მმ.

კბილაგვირგვინის კბილების ღრმულების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{fg} = d_g + 2S_1 = 240 + 2 \cdot 2,67 = 245,34 \text{ მმ}$$

გადაცემის მოდული

$$m = \frac{d_{fg} + 2,5}{2 \cdot i} = \frac{245,34 + 2,5}{2 \cdot 208} = 0,596 \text{ მმ}$$

მიღებული მნიშვნელობას შეუსაბამებთ მოდულთა სტანდარტს სასტ 9563, რომლის მიხედვითაც ვირჩევთ $m = 0,6 \text{ მმ}$

ცხრილი 1.7

მოდულის მნიშვნელობა, მმ (სასტ 9563)

I რიგი	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,25
II რიგი	0,35	0,45	0,55	0,7	0,9	1,125	
უპირატესობა ენიჭება I რიგს							

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $d_{საშ}$ ახლოს არის d_g -თან, მაშინ მოქნილი კბილათვალის წინასწარი კბილთარიცხვი შეიძლება განისაზღვროს ფარდობიდან

$$z_g = \frac{d_g}{m} = \frac{d_{საშ}}{m} = \frac{242,67}{0,6} = 404$$

კბილების მოდებაში შესვლის დროს მაქსიმალური გვერდითი ღრეჩო (გამოხატული მოდულის ნაწილით) განისაზღვრება სიდიდით

$$\frac{\tau_{მპ.}}{m} = \frac{T_{მპ.} \cdot b \cdot 10^3}{d_g^2 \cdot S_3 \cdot G \cdot m} + 4 \cdot 10^{-4} (i - 60)$$

სადაც მოქნილ კბილათვალზე მოქმედი მაქსიმალური მგრეხავი მომენტი განისაზღვრება საპროექტო დატვირთვების გარაფიკით გათვალისწინებული ფარდობის მიხედვით

$$\frac{T_{მპ.}}{T_{ნომ.}} = \frac{1}{0,6} = 1,67$$

$$T_{მპ.} = 1,67 \cdot T_g = 1,67 \cdot 3450 = 5760 \text{ მმ}$$

b კბილათვალის გვირგვინის სიგანე დაიშვება

$$b = (0,15 \dots 0,2) d_g = (0,15 \dots 0,2) 242,67 = 36 \dots 48,5 \text{ მმ};$$

G მეორე რიგის დრეკადობის მოდული ფოლადებისათვის მიიღება $G = 8,1 \cdot 10^4$ მპა

$$\frac{\tau_{\text{მკ}}}{m} = \frac{5760 \cdot 48 \cdot 10^{-3}}{242,67^2 \cdot 2,0 \cdot 8,1 \cdot 10^4 \cdot 0,6} + 4 \cdot 10^{-4} (208 - 60) = 0,11$$

რადიალური დეფორმაციის (მოდულის ნაწილით)

$$W_0^* = 0,89 + 8 \cdot 10^{-5} Zg + 2 \frac{\tau_{\text{მკ}}}{m} = 0,89 + 8 \cdot 10^{-5} \cdot 404 + 2 \cdot 0,105 \approx 1,15$$

$$W_0 = W_0^* \cdot m = 1,15 \cdot 0,6 = 0,69 \text{ მმ}$$

კბილების მოდებაში შესვლის სიღრმე (მოდულის ნაწილით გამოხატული)

$$h_d^* = 4W_0^* - 2,48 - (4,6 - 4W_0^*) Zg \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 1,15 - 2,48 - (4,6 - 4 \cdot 1,15) 404 \cdot 10^{-3} \approx 2,12$$

როცა $h_d^* > 2$ უნდა მივიღოთ $h_d = 2$ (მაგალითის $h_d = 2$).

თუ აღმოჩნდა, რომ $h_d^* < 1$ მაშინ ძალოვან გადაცემების შემთხვევაში W_0 უნდა გავზარდოთ ისეთი სიდიდით, რომ მივიღოთ $h^* > 1$ და წინა გაანგარიშებით მიღებული სი-

დიდე $\frac{h_{\text{მკ}}^*}{m}$ უნდა გადავიანგარიშოთ.

მოქნილი კბილათვალის გამოსავალი კონტურის გადანაცვლების კოეფიციენტი განისაზღვრება გამოსახულებით

$$\chi_g = \frac{1,35 - W_0^*}{\frac{0,86}{\sqrt[3]{Z_g}} - 0,04} = \frac{1,35 - 1,15}{\frac{0,86}{\sqrt[3]{404}} - 0,04} = 2,62$$

ხისტი კბილათვალისათვის

$$\chi_b = \chi_g + (W_0^* - 1) = 2,62 + (1,15 - 1) = 2,77$$

დაზუსტდება მოქნილი კბილათვალის კბილთა რიცხვი

$$Z_g = \frac{d_{fg}}{m} + (h_a^* + C^*) - 2\chi_g$$

სადაც $h_a^* = 1$ $G^* = 0,35$ შესაბამისად

$$\chi_b = \chi_g + (W_0^* - 1) = 2,62 + (1,15 - 1) = 2,77$$

შენიშვნა: სტანდარტული გამოსავალი კონტურისათვის სასტ 13755-81 მოდების კუთხით $\alpha=20^\circ$, მოდების მოდული $m>1$ კბილის თავის სიმაღლის კოეფიციენტი $h_a^* = 1$, რადიალური ღრეჩოს კოეფიციენტი $G^* = 0,25$. როცა მოდების მოდული $0,1 < m < 1$ მმ მოდების კუთხით $\alpha=20^\circ$ კბილთა დიაპაზონის შემთხვევაში სასტ 9587-81 ითვალისწინებს $h_a^* = 1$. $G^* = 0,25 \dots 0,4$ (საერთოდ მიიღება 0,35)

დაშვების შემდეგ ვიღებთ

$$Z_g = \frac{245,34}{0,6} + 2(1 + 0,35) - 2 \cdot 2,62 = 406$$

ხისტი კბილათვალის კბილთა რიცხვი განისაზღვრება ფორმულით

$$Z_b = Z_g + KW$$

სადაც W – დეფორმაციის ტალღათა რიცხვია (მოდეების ზონათა რიცხვი: მაგალითისათვის $W=2$);

K - ჯერადობის კოეფიციენტი (K დაიშვება 1; 2; 3; მოქნილი კბილატეალებში ძაბვების შესამცირებლად მივიღოთ $K=1$).

$$Z_b = 406 + 1 \cdot 2 = 408$$

უაქტიური გადაცემის ფარდობა

$$u = \frac{Z_g}{Z_b - Z_g} = \frac{406}{408 - 406} = 203$$

გადაცემის ფარდობის ცდომილება

$$\Delta u = \frac{(208 - 2036100)}{208} = 2,4\% < 3\%$$

პირობა დაცულია გაანგარიშება მისაღება.

მოქნილი კბილატეალების გეომეტრიული პარამეტრების საბოლოო მნიშვნელობები: ღრმულების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{fg} = m(Z_g - h_a^* - 2C^* + 2\chi_g) = 0,6(406 - 2 \cdot 1 - 2 \cdot 0,35 + 2 \cdot 2,62) = 245,12 \text{ მმ}$$

მოქნილი კბილატეალების კბილის გვირგვინის კედლის სისქე

$$S_1 = \frac{d_{fg} - d_{\text{პ}}}{2} = \frac{245,12 - 240}{2} = 2,56 \text{ მმ}$$

საშუალო დიამეტრი

$$d_{\text{საშ}} = d_{\text{ფ}} + S_1 = 240 + 2,56 = 242,56 \text{ მმ}$$

გამყოფი წრეხაზის დიამეტრიც

$$d_g = m \cdot Z_g = 0,6 \cdot 406 = 243,6 \text{ მმ}$$

შვერილების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{og} = d_{fg} + 2m(h_a^* + C^*) = 245,12 + 2 \cdot 0,6(1 + 0,35) = 246,74 \text{ მმ}$$

6. ხისტი კბილათვალის კბილა გვირგვინის პარამეტრების განსაზღვრა.

მჭრელი იარაღის, სატეხელას, ძირითადი პარამეტრები შეირჩევა ცხრ.1.7-დან, მოდულის მიხედვით $m=0,6$ მმ ვირჩევთ სატეხელას; ძირითადი პარამეტრებით ნომინალური გამყოფი წრეხაზის დიამეტრი $d_0=40$ მმ; კბილთარიცხვი $Z_0=66$; კბილის თავის სიმაღლის შვერილის წრეხაზის დიამეტრი $d_{a_0}=41,60$ მმ; კბილის თავის სიმაღლის კოეფიციენტი მოდულის ნაწილით გამოხატული $h_{a_0}^*=1,35$; კბილის კონტურის გადანაცვლების კოეფიციენტი განისაზღვრება გამოსახულებით

$$\chi_0 = \frac{d_{a_0}}{2m} - \frac{Z_0 + 2(h_{a_0}^* + C^*)}{2} = \frac{41,60}{2 \cdot 0,6} - \frac{66 + 2(1,0 + 0,35)}{2} = 0,32$$

სტანდარტული კბილმჭრელი იარაღის, მოდების პროფილის კუთხით 20° , ძირითადი პარამეტრების ზომები, მმ

მოდულთა რიგი		სატეხელას გამყოფი წრეხაზის დიამეტრი				კბილის სიმაღლის კოეფიციენტი $h_{a_0}^*$, მოდულის ნაწილით გამოხატული
1-ლი	2-ე	40		64		
		კბილთა რიცხვი Z_0	შვერილების წრეხაზების დიამეტრი d_{a_0}	კბილთა რიცხვი Z_0	შვერილების წრეხაზების დიამეტრი d_{a_0}	
0,30	-	132	40,60	214	65,28	1,5
-	0,35	114	41,06	182	64,86	
0,40	-	100	41,33	160	65,33	
-	0,45	90	42,00	144	66,30	
0,50	-	80	41,66	128	65,66	1,35
-	0,55	72	41,43	116	65,63	
0,60	-	66	41,60	108	66,80	
-	0,70	56	41,53	90	65,33	
0,80	-	50	42,66	80	66,66	

სატეხელასთან საჩარხო მოდების კუთხის შემთხვევაში ღერძთაშორის მანძილი

$$a_{w_0} = \frac{m(Z_b - Z_0) \cos \alpha}{2 \cos \alpha_{w_0}}$$

სადაც α_{w_0} - მოდების კუთხე სატეხელასთან მოდების შემთხვევაში. იგი მოიძებნება ინვოლუტური ფუნქციის გადაწყვეტის საშუალებით

$$\operatorname{inv} \alpha_{w_0} = \frac{2(\chi_b - \chi_0) \operatorname{tg} \alpha}{Z_b \mp Z_0} + \operatorname{inv} \alpha = \frac{2[2,77 - 0,32] \operatorname{tg} 20^\circ}{408 - 66} + \operatorname{inv} 20^\circ = 0,0201$$

$$\alpha_{W_0} = 22^{\circ}02' \quad (\text{ცხრ.1.9})$$

ფორმულაში χ და χ_0 - მოსატრელები კბილანის და სატეხელას გადანაცვლების კოეფიციენტებია და შესაბამისად ნიშანი „პლიუსი“ ეკუთვნის გარე მოდებით და „მინუსი“ შიგა მოდებით გადაცემებს

$$\text{inv} \alpha_{W_0} = \frac{2(\chi_b - \chi_0) \text{tg} \alpha}{Z_b - Z_0} + \text{inv} \alpha = \frac{2[2,77 - 0,32] \text{tg} 20^{\circ}}{408 - 66} + \text{inv} 20^{\circ} = 0,0201$$

$$\alpha_{W_0} = 22^{\circ}02'$$

სატეხელასთან სახარატო მოდების კუთხის შემთხვევაში ღერძთაშორის მანძილი

$$a_{W_0} = \frac{m(Z_b - Z_0) \cos \alpha}{2 \cos \alpha_{W_0}} = \frac{0,6(408 - 66) \cos 20^{\circ}}{2 \cos 22^{\circ}02'} = 104 \text{ მმ}$$

ღრმულების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{\rho} = 2(a_{W_0} + 0,5da_0) = 2(104 + 0,5 \cdot 41,60) = 249,6 \text{ მმ}$$

გამოყოფის წრეხაზის დიამეტრიც

$$d_b = m \cdot Z_b = 0,6 \cdot 408 = 244,8 \text{ მმ}$$

შვერილების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{ab} = d_{ag} + 2m(W_0^* - h_d^*) = 246,74 + 2 \cdot 0,6(1,15 - 2,0) = 245,72 \text{ მმ}$$

7. მოქნილი კბილათვალის კბილის შვერილებსა და ხისტი კბილათვალის კბილის ღრმულებს შორის რადიალური ღრეჩო გენერატორის პროფილის დიდი ღერძის მიმართულებით განისაზღვრება გამოსახულებით

$$C_k = 0,5(d_{\text{პ}} - d_{\text{აგ}}) - W_0^* \cdot m > 0,15m$$

$$C_k = 0,5(249,6 - 246,74) - 1,15 \cdot 0,6 = 0,74 > 0,15 \cdot 0,6 = 0,09$$

8. შემოწმდება გარდამავალ მრუდებზე ინტერფერაციის არ არსებობა, რისთვისაც განისაზღვრება სასაზღვრო წერტილების წრესაზის დიამეტრები. მოქნილი კბილათვალისათვის ტოლობით

$$d_{eg} = \frac{mZ_g \cos \alpha}{\cos \alpha_{eg}}$$

სადაც α_{eg} - კუთხე განისაზღვრება ფორმულით

$$\operatorname{tg} \alpha_{eg} = \frac{\operatorname{tg} \alpha - 4(h_a^* + C^* - h_m^* - \chi_g)}{Z_g \sin 2\alpha} = \operatorname{tg} 20^\circ - \frac{4(1 + 0,35 - 0,15 - 2,62)}{406 \cdot \sin 40^\circ} = 0,3422$$

$$\alpha_{eg} = 18,89^\circ = 18^\circ 53'$$

h_m^* - გამოსავალი კონტურის კბილის თავის მოდიფიცირებული პროფილის სიმაღლის კოეფიციენტი: როცა $0,1 \leq m < 1$ მაშინ და $h_m^* \leq 0,45$ როცა $m \geq 1$ მმ. მაგალითისათვის რადგანაც $m = 0,6$ მმ უნდა მივიღოთ $h_m^* = 0,15$

$$\operatorname{tg} \alpha_{eg} = \operatorname{tg} 20^\circ - \frac{4(1 + 0,35 - 0,15 - 2,62)}{406 \cdot \sin(2 \cdot 20^\circ)} = 0,3422$$

$$\alpha_{eg} = 18,89^\circ = 18^\circ 53'$$

$$d_{eg} = \frac{0,5 \cdot 406 \cdot \cos 20^\circ}{\cos 18^\circ 53'} = 201,62 \text{ მმ}$$

ხისტი კბილათვალისათვის

$$\cos \alpha_{eb} = \frac{m \cdot Z_0 \cos \alpha}{d_{a_0}} = \frac{0,6 \cdot 66 \cdot \cos 20^\circ}{41,60} = 0,902$$

$$\alpha_{a_0} = 25,545^\circ = 25^\circ 33'$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{eb} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{w_0} + Z_0 (\operatorname{tg} \alpha_{a_0} - \operatorname{tg} \alpha_{w_0})}{Z_b} = \frac{\operatorname{tg} 22^\circ 40' + 66 (\operatorname{tg} 25^\circ 33' - \operatorname{tg} 22^\circ 40')}{408} = 0,43$$

$$\alpha_{eb} = 23,25^\circ = 23^\circ 15'$$

სასაზღვრო წერტილების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{eb} = \frac{m \cdot Z_b \cos \alpha}{\cos \alpha_{eb}} = \frac{0,5 \cdot 408 \cdot \cos 20^\circ}{\cos 23^\circ 15'} = 208,13 \text{ მმ}$$

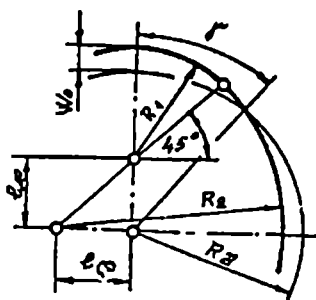
დაცული უნდა იქნას არათანაპრობის პირობა

$$d_{ag} \leq d_{eb} + 2W_0 \qquad d_{ab} \geq d_{eg} + 2W_0$$

$206,382 < 208,13 - 2 \cdot 0,565 = 207 \text{ მმ}$ – ინტერფერენცია არ არის, გაანგარიშება მისაღებია

$205,512 > 204,24 + 2 \cdot 0,565 = 205,37 \text{ მმ}$ – ინტერფერენცია არ არის, გაანგარიშება მისაღებია

9. გენერატორის მუშტას პროფილის გაანგარიშება (ნახ.1.10 და ცხრ.1.10)



ნახ.1.10

ცხრ.1.10

K_1 და K_2 კოეფიციენტის მნიშვნელობები

i	K_1	K_2	i	K_1	K_2
80	0,901	0,068	250	0,936	0,053
100	0,951	0,065	315	0,932	0,052
200	0,942	0,057			

გადაცემის ფარდობის i მიხედვით (გადაცემის რიცხვის α) ვირჩევთ კოეფიციენტების მნიშვნელობებს $K_1=0,942$ და $K_2=0,057$ (ცხრ.6.10) ცენტრებს შორის მანძილი $l_k = 3,414W_0$

სადაც $W_0 = m \cdot C_b (K_1 + K_2)$ აქ m – მოდების მოდულია $m=0,5$ მმ. C_b – მოქნილი კბილათეალის მაქსიმალური დრეკადი გადანაცვლების კოეფიციენტია. C_b მიიღება მომსახურების ხანგრძლივობის L_0 -ს მიხედვით. როცა L_0 ტოლია $25 \cdot 10^3$, $10 \cdot 10^3$, $1 \cdot 10^3$ შესაბამისად C_b დაიშვება 1; 1,1; 1,2

1,2 რადგანაც საპროექტო მონაცემების მიხედვით
 $L_0 = 10920$ სთ, შესაბამისად $C_k = 1,1$.

მოქნილი საკისრის სიმაღლე

$$H = \frac{D - d}{2} = \frac{200 - 150}{2} = 25 \text{ მმ}$$

$$W_0 = 0,5 \cdot 1,1(0,942 + 0,057) = 0,5495$$

დისკოს ექცენტრისიტეტი

$$e_k = 3,414 \cdot 0,5495 = 1,876 \text{ მმ}$$

პრიფილის რადიუსები

$$R_1 = 0,5d - H - 2,41W_0 = 0,5 \cdot 150 - 25 - 2,41 \cdot 0,5495 = 48,68 \text{ მმ}$$

$$R_2 = 0,5d - H + 2,41W_0 = 0,5 \cdot 150 - 25 + 2,41 \cdot 0,5495 = 51,32 \text{ მმ}$$

10. დრეკადი კბილათვალის სიმტკიცეზე შემოწმება
 განესაზღვროთ კბილის სისქე კბილის ძირში

$$S_{fg} = d_{fg} \left(\frac{\pi}{2Z_g} + \frac{2\chi_g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{Z_g} + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_{fg} \right)$$

სადაც α_g - განსაზღვრულ უნდა იქნას ტოლობით

$$\cos \alpha_{fg} = \frac{m \cdot Z_g \cos \alpha}{d_{fg}} = \frac{0,5 \cdot 405 \cos 20^\circ}{204,032} = 0,933$$

$$\alpha_{fg} = 21,15^\circ = 21^\circ 09'$$

ცხრილიდან 1.9 ვპოულობთ

$$\operatorname{inv} \alpha_{fg} = \operatorname{inv} 21^\circ 09' = 0,017734 \quad \operatorname{inv} \alpha = \operatorname{inv} 20^\circ = 0,014904$$

შესაბამისად

$$S_{\text{გ}} = 204,032 \left(\frac{3,14}{2 \cdot 405} + \frac{2 \cdot 2,88 \cdot 20^\circ}{405} + 0,014904 - 0,017734 \right) = 1,270 \text{ მმ}$$

განისაზღვრება γ -კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს კბილა გვირგვინის გაღვლენას მოქნილი კბილა-თვალის სიმტკიცეზე

$$\gamma = 1 - K_s \left(1 - \left(\frac{S_1}{S_{\text{გ}}} \right)^3 \right)$$

სადაც $K_s = \frac{S_{\text{გ}}}{\pi m}$ კბილის სიგანის კოეფიციენტი კბილის ძირში

$$K_s = \frac{1,270}{3,14 \cdot 0,5} = 0,809$$

$$\text{და } S_{\text{გ}} = S_1 + m = 2,016 + 0,5 = 2,516$$

$$\gamma = 1 - 0,809 \left(1 - \left(\frac{2,016}{2,516} \right)^3 \right) = 0,6072$$

საანგარიშო ღუნვის ძაბვა

$$\sigma_{\text{გ}} = \frac{K_{\text{გ}} G_6 W_0 S_1 E}{\gamma \rho_{\text{საგ}}^2}$$

სადაც $K_{\text{გ}}$ - დატვირთვის კოეფიციენტი, ითვალისწინებს ძაბვების გაზრდას, მოქნილი კბილათვალის დატვირთვის ქვეშ ფორმის დამახინჯებას $K_{\text{გ}} = 1,1$. 1,4 (უმცირესი მნიშვნელობა მიიღება მცირედ დატვირთული გადაცემებისათვის) მივიღოთ $K_{\text{გ}} = 1,2$

C_6 - ძაბვათა კოეფიციენტი დამოკიდებულია დეფორმაციის სახეზე. შეირჩევა გენერატორის სახის და დეფორმაციის γ - კუთხის მიხედვით (ცხრ.1.11)

ცხრილი 1.11

კოეფიციენტი	მუშტა გენერატორი			დისკური გენერატორი			
	25	30	35	20	30	40	50
C_6	1,45	1,55	2,0	1,41	1,40	1,51	1,72

γ კუთხის მნიშვნელობა რეკომენდირებულია. გადაცემის ფარდობის მიხედვით $\gamma=25^\circ$ როცა $i=80$. .120; $\gamma=30^\circ$ როცა $i=120$. .160; $\gamma=35^\circ$ როცა $i>160$. ჩვენი შემთხვევისათვის უნდა მივიღოთ $\gamma=35^\circ$ შესაბამისად $C_6=2,0$

$\rho_{საშ.}$ - საშუალო რადიუსი

$$\rho_{საშ.} = \frac{d_{საშ.}}{2} = \frac{204,032}{2} = 102,016 \text{ მმ}$$

E - დრეკადობის მოდულია;

ლეგირებული ფოლადებისათვის $E=2,2 \cdot 10^5$ მპა. აღდგენილი სიდიდეების მნიშვნელობების შეტანით ძაბვის მნიშვნელობა ტოლი იქნება

$$\sigma_{\text{წ}} = \frac{1,2 \cdot 2,0 \cdot 0,565 \cdot 10^{-3} \cdot 2,016 \cdot 10^{-3} \cdot 2,2 \cdot 10^5}{0,6072 \cdot (102,016 \cdot 10^{-3})^2} = 95,2$$

გრეხვაზე საანგარიში ძაბვის სიდიდე

$$\tau_{\text{გო.}} = \frac{T_g}{K_{\text{გო.}} \cdot 2\pi \cdot S_{\text{გო.}} \cdot \rho_{\text{საშ.}}^2}$$

სადაც T_g – მოქნილი კბილათვალის მახრუნებელი მაქსიმალური მომენტი

$$T_g = K_{\text{გო.}} \cdot T_2 = \frac{1}{0,8} \cdot 2360 = 2950 \text{ მმ}$$

$K_{\text{გო.}}$ - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მოქნილი კბილათვალის გარსზე გრეხვის ძაბვების არათანაბარ განაწილებას კბილაგვირგვინის ცილინდრულ ზედაპირზე გადასვლის ზონაში $K_{\text{გო.}} = 0,2 \dots 0,3$ მივიღოთ $K_{\text{გო.}} = 0,25$.

$S_{\text{გო.}}$ - მოქნილი კბილათვალის კბილის სისქე კბილის სიმაღლის ნაწილის გათვალისწინებით, რომელიც მონაწილეობას იღებს გრეხვის დეფორმაციაში

$$S_{\text{გო.}} = S_1 + 0,5m = 2,016 + 0,5 \cdot 0,5 = 2,266 \text{ მმ}$$

$$\tau_{\text{გო.}} = \frac{2950}{0,25 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 2,266 \cdot 10^{-3} (102,016 \cdot 10^{-3})^2} = 80 \text{ მპა}$$

ამტანიანობის ზღვარი σ_{-1} და τ_{-1} განისაზღვრება ემპირიული დამოკიდებულებიდან.

ხარისხოვან ნახშირბადოვან კონსტრუქციული ფოლადებისათვის ამტანიანობის ზღვარი ღუნვის შემთხვევაში მიიღება $\sigma_{-1} = 0,45\sigma_{\text{ღრ}}$ და გრეხვის დროს $\tau_{-1} = 0,6\sigma_{-1}$

ლეგიერებული კონსტრუქციული ფოლადებისათვის $\sigma_{-1} = 0,5\sigma_{\text{ღრ}}$ და გრეხვის დროს

მაგალითისათვის (ლეგიერებული ფოლადებისათვის)

$$\sigma_{-1} = 0,5\sigma_{\text{ღრ}} = 0,5 \cdot 1280 = 640 \text{ მპა}$$

$$\tau_{-1} = 0,58\sigma_{-1} = 0,58 \cdot 640 = 371 \text{ მპა}$$

მარაგის კოეფიციენტი

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma} \cdot \sigma_a} \quad \text{და}$$

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau} \cdot \tau_a + 0,1\tau_m}$$

სადაც: ძაბვათა კონცენტრაციის ეფექტურობის კოეფიციენტი ნორმალური ძაბვების შემთხვევისათვის მიიღება $K_{\sigma}=1,8$. $2,0$ მივიღოთ $K_{\sigma}=1,9$ მხები ძაბვების შემთხვევაში $K_{\tau}=(0,7 \quad 0,8)$ $K_{\sigma}=(0,7 \quad 0,8)$ $1,9=1,33$. $1,52$ მივიღოთ $K_{\tau}=1,4\sigma_a$ და τ_a - ძაბვათა ამპლიტუდა, რომლებიც მიიღება

$$\sigma_a = \sigma_{\Sigma} = 95,2 \text{ მპა}$$

$$\text{და } \tau_a = \tau_m = 0,5 \cdot \tau_{\Sigma} = 0,5 \cdot 80 = 40 \text{ მპა}$$

ჩასმით ვიღებთ

$$n_{\sigma} = \frac{640}{1,9 \cdot 95,2} = 3,54$$

$$n_{\tau} = \frac{371}{1,4 \cdot 40 + 0,1 \cdot 40} = 6,18$$

ჯამური მარაგის კოეფიციენტი

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{3,54 \cdot 6,18}{\sqrt{3,54^2 + 6,18^2}} = 3,1 > [n] = 1,5$$

სიმტკიცე მოქნილი კბილათვალის დაცულია, გაანგარიშებები მისაღებას.

11. შემოწმება კბილის ზედაპირების თელვის კონტაქტურ ძაბვაზე.

საანგარიშო ძაბვის სიდიდე განისაზღვრება ფორმულით.

$$\sigma_{\text{თელ.}} = \frac{10^4 \cdot T_g \cdot K}{\psi_b \cdot d_g^2} \leq [\sigma_{\text{თელ.}}]$$

სადაც $\psi_b = \frac{b}{d_g}$ - გვირგვინის სიგანის კოეფიციენტი

$$\psi_b = \frac{40}{202,5} = 0,198$$

ძალოვან გადაცემებისათვის დაიშვება $\psi_b = 0,18 \dots 0,2$ მცირე დატვირთვების შემთხვევაში $\psi_b = 0,12 \dots 0,17$. პირობა შესრულებულია.

K - მუშაობის რეჟიმის კოეფიციენტი. წყნარი დატვირთვების შემთხვევაში $K=1$. დარტყმითი დატვირთვების დროს $K=1,25 \dots 1,75$, როცა ფარდობა $\frac{T_{\text{მ.ჯ.}}}{T_g} = 1,6 \dots 2,5$

ჩვენს შემთხვევაში $\frac{T_{\text{მ.ჯ.}}}{T_g} = \frac{1}{0,8} = 1,25$ ე.ი. უნდა მივიღოთ

$K=1$.

$[\sigma_{\text{თელ.}}]$ - თელვაზე დასაშვები ძაბვის სიდიდე დაიშვება ამძრავის მომსახურების ხანგრძლივობის მიხედვით

$[\sigma_{\text{თელ.}}]=50, 35, 25$ მპა. ავიღოთ $[\sigma_{\text{თელ.}}]=34$ მპა სიდიდეების ჩასმით ვიღებთ

$$\sigma_{\text{თელ.}} = \frac{10^4 \cdot 2950 \cdot 1}{0,198 \cdot 202,5^3} = 17,9 \text{ მპა} < [\sigma_{\text{თელ.}}] = 34 \text{ მპა}$$

12. ტალღური გენერატორის მოქნილი საკისრის ნომინალური ხანგრძლივობა განისაზღვრება ფორმულით

$$L_h = \frac{10^4 \frac{n_{\text{პაქ}}}{n_g}}{\left(\frac{n_{\text{პაქ}}}{T_g} \right)^3}$$

სადაც $n_{\text{პაქ}}$ – საკისრის დასაშვები მაქსიმალური ბრუნთა რიცხვი $n_{\text{პაქ}}=1600$ ბრ/წთ (ცხრ.1.11);

n_g – მატარის ბრუნთა რიცხვი $=1430$ ბრ/წთ;

$T_{\text{პაქ}}$ – ნელმავალი ლილვის მაქსიმალური მობრუნებელი მომენტი $T_{\text{პაქ}}=2000$ წმ

$$L_h = \frac{10^4 \frac{1600}{1430}}{\left(\frac{2000}{2360} \right)^3} = 9500 \text{ საათი}$$

რადგანაც $L_h=9500$ საათი $> L_0=7280$ საათი, ამიტომ მომსახურების ხანგრძლივობა უზრუნველყოფილია

13. ტალღური გადაცემების ძირითადი პარამეტრები
ცხრილი 1.12

პარამეტრები და საზომი ერთეულები	პარამეტრების აღნიშვნა და რიცხვითი მნიშვნელობები
წამყვანი ლილვის ბრუნვის სიხშირე, ბრ/წთ	$n_n=1430$
ამყოლი ლილვის მგრეხავი მომენტი, ნმ	$T_g=2360$
ტალღების რიცხვი	$W=2$
კბილათელების კბილთა რიცხვები: მოქნილი	$Z_g=405$ $Z_b=407$
ხისტი	
გადაცემის რიცხვი	$u=204$
მოდების მოდული, მმ	$m=0,5$
გენერატორის ტიპი	მუშტასებრი
მოქნილი საკისარი	830 სასტ 23179-78
მ.ქ.კოეფიციენტი	$\eta=0,84$

14. ლილვების წინასწარი გაანგარიშება

$$d_1 \geq 1,063 \sqrt{\frac{T_1 \cdot 10^3}{0,2[\tau_{\text{გ.}}]}}$$

სადაც $[\tau_{\text{გ.}}]$ გრეხვაზე დასაშვები ძაბვის სიდიდე დაიშვება $[\tau_{\text{გ.}}] = 15$. 35 მპა მივიღოთ $[\tau_{\text{გ.}}] = 15$ მპა

$$d_1 \geq 1,063 \sqrt{\frac{19,8}{0,2 \cdot 15 \cdot 10^6}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ მ} = 20 \text{ მმ}$$

მივიღოთ $d_1=25$ საკისრების დასმის ადგილას $d_1'=d_1+5=25+5=30$ მმ

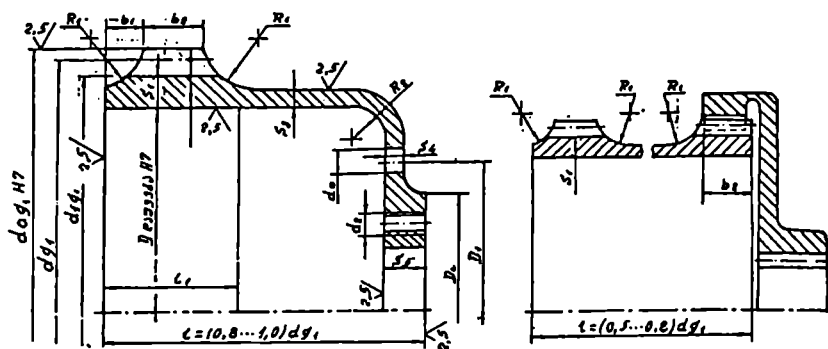
ამყოლი ლილვის დიამეტრიც

$$d_2 \geq 1,063 \sqrt{\frac{3360}{0,2 \cdot 35 \cdot 10^6}} = 8,3 \cdot 10^{-2} \text{ მ} \approx 83 \text{ მმ}$$

მივიღოთ $d_2=85$ მმ

15. კბილანების კონსტრუქციები და მათი ელემენტების გაანგარიშება

მოქნილი კბილანის კონსტრუქციას ვირჩევთ ჭიქას ძირთან ერთად ნახ.1.11



ნახ. 1.11

ცხრილი 1.12

რელუქტორი ზომი, ტპ	მოთილი კბილა თულის შიგა და მტერი, მმ	ნომინალური გადცემის ფარდობა i	ნელმე ველ ლილვზე მოქმედი მაქსიმალური მაბრუნებელი მომენტი, ნმ	მსა, და ნ. ში არ უმეტეს			
B-100	100	80 100 125 160 200 250	180 200 224 250 280 280	16,0			
B-125	120	80 100 125 160 200 250	355 400 450 500 560 560	31,0			
B-160	160	80 100 125 160 200 250	710 800 900 1000 1000 1000	55,0			
B-200	200	80 100 125 160 200 250	1400 1600 1800 2000 2000 2000	108,0			
B-250	240	80 100 125 160 200 250 315	2800 3150 3550 3550 3550 3550 3550	190			
B-315	320	80 100 125 160 250 315	5600 6300 6300 6300 6300 6300	400			
შენიშვნა: ტალღური რელუქტორების მქკ. უნდა შეესაბამებოდეს სიღრმეს							
გადცემის ფარდობა	80	100	125	160	200	250	315
მქკოვრატტი, η	0,9	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,7
არა ნაკლები							
ტალღური რელუქტორის პირობითი აღნიშვნა: მოთილი კბილა თულის, შიგა და მტერი 200 მმ და $i = 125$ რელუქტორი B - 200-125 სასტ 23108-78							

$$S_1 = 2,22 \text{ მმ} \quad b = 40 \text{ მმ} \quad h_1 = (0,15 \dots 0,25)b = (0,15 \dots 0,25)40 = 6 \dots 10$$

$$\text{მივიღოთ } h_1 = 10 \quad S_2 = S_1 + h$$

სადაც: კბილის თავის სიმაღლე

$$h = \frac{d_{ag} - d_{fg}}{2} = (206,382 - 204,032) = 1,175 \text{ მმ}$$

$$S_3 = 0,85 \dots 0,9 \quad S_4 = (0,85 \dots 0,9)2,11 = (1,8 \dots 1,9) \text{ მმ}$$

$$\text{მივიღოთ } S_3 = 1,8 \text{ მმ}; \quad S_4 \geq S_3 \quad \text{მივიღოთ } S_4 = S_3 = 1,8 \text{ მმ}$$

$$S_5 = (1,8 \dots 2) \quad S_6 = (1,8 \dots 2)1,8 = (2,7 \dots 3) \text{ მმ};$$

$$\text{მივიღოთ } S_6 = 3 \text{ მმ}$$

მორგების დიამეტრი

$$D_0 = (0,6 \dots 0,8) D = (0,6 \dots 0,8)200 = 120 \dots 160 \text{ მმ}$$

$$\text{მივიღოთ } D_0 = 150 \text{ მმ}$$

$$R_1 = (10 \dots 15)m = (10 \dots 15)0,5 = (5 \dots 7,5) \text{ მმ}$$

$$\text{მივიღოთ } R_1 = 6,5 \text{ მმ}$$

$$R_2 \geq (2 \dots 3) \quad S_7 = (2 \dots 3)1,8 = (3,6 \dots 5,4) \text{ მმ}$$

$$\text{მივიღოთ } R_1 = 5,0 \text{ მმ} \quad \text{სიმსუბუქის ხერტების დიამეტრები}$$

$$d_0 = 0,4(D - D_0) = 0,4(200 - 150) = 20 \text{ მმ}$$

$$\text{ცენტრების განლაგების წრეწირის დიამეტრი}$$

$$D_1 = 0,5(D + D_0) = 0,5(200 + 150) = 175 \text{ მმ}$$

$$L_1 = (1,0 \dots 0,8)d_1 = (1,0 \dots 0,8)202,5 = 202,5 \dots 162$$

$$\text{მივიღოთ } L_1 = 180 \text{ მმ}$$

$$h_2 = (0,6 + 0,7)S_1 = (0,6 \dots 0,7)1,8 = (1,1 \dots 1,3) = 1,2 \quad l_1 = 1,5b = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ მ}$$

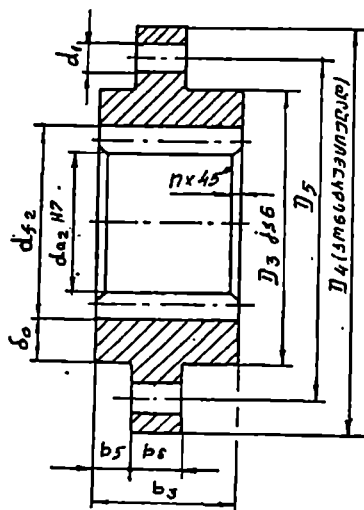
$$\text{ხისტი კბილანის კონსტრუქცია და კონსტრუქციული ელემენტების გაანგარიშება (ვარიანტი 1 ნახ.1.8)}$$

$$\text{კბილანის გვირგვინის სიგანე } b_2 = b + (1, \dots 2) \text{ მმ} \\ = 40 + 2 = 42 \text{ მმ}$$

$$d_{a_2} = 205,512 \text{ მმ} \quad d_{f_1} = 208,164 \text{ მმ}$$

$$D_3 = (1,2 \dots 1,3)d_{a_2} = (1,2 \dots 1,3)205,512 = 247 \dots 267 \text{ მმ}$$

$$\text{მივიღოთ } D_3 = 265 \text{ მმ}$$



ნახ.1.12

სამაგრი ხრახნების დიამეტრი

$$d=(0,01...0,015)d_{ag}+8=(0,01...0,015)206,382+8=(10...11) \quad \text{მმ}$$

მივიღოთ M10 მმ

ნახურების დიამეტრი

$$d_1=d+0,5=10+0,5=10,5 \quad \text{მმ}, \quad d_2=0,8d_1=0,8 \cdot 10=8 \quad \text{მმ}$$

$$D_5=D_3+2[(1...1,2)d_1]=265+2[(1...1,2)10]=290 \quad \text{მმ}$$

$$b_5=0,25 \quad b_3=0,25 \cdot 42=10 \quad \text{მმ}$$

$$b_6=(1,2...1,5) \quad b_5=(1,2...1,5)10=(12...15) \quad \text{მმ}$$

მივიღოთ $b_5=15$ მმ

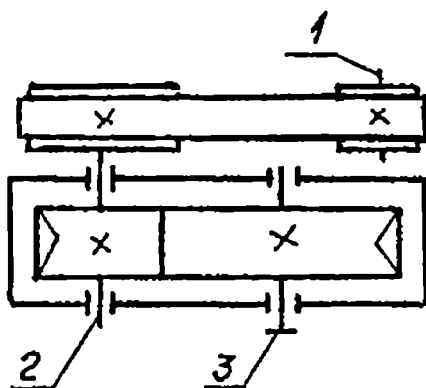
$$D_4=D_3+(4...4,5)d_1=265+(4...4,5)10=265+(40...45)=(305...310)$$

მმ მივიღოთ $D_4=310$ მმ.

ნახ.1.13 გამოხატულია მოქნილი კბილანის მუშა ნახაზი

მაგალითი 2

დააპროექტეთ მექანიკური ამძრავი, რომელიც შედგება კბილადვედური და დახურული შევრონულ კბილებიანი ცილინდრული კბილანური გადაცემებისაგან. დატვირთვების ცვალებადობა გათვალისწინებულია გრაფიკის მიხედვით



ნახ. 2.1.

გადასცემი მაქსიმალური სიმძლავრე $P_1 = P_{\text{მძ}} = 40$ კვტ;
კუთხური სიჩქარეები: $\omega_1 = 250$ რ/წმ, $\omega_2 = 6,25$ რ/წმ;

გაანგარიშება

1. ამპრავის საერთო გადაცემის რიცხვი

$$u_0 = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{250}{6,25} = 40$$

დახურულ შევრონულკბილებიანი ცილინდრული კბილანური გადაცემებისათვის გადაცემის რიცხვი შეირჩევა სტანდარტული, მივიღოთ $u_{2-3} = 6,3$ ([1] ცხრ.1.12). კბილებიანი ღვედური გადაცემისათვის გადაცემის რიცხვი განისაზღვრება ფარდობიდან

$$u_{1-2} = \frac{u_0}{u_{2-3}} = \frac{40}{6,3} = 6,36$$

2. ამპრავის საერთო მ.კ.კ. $\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2$

სადაც $\eta_1 = 0,96$ - კბილებიანი ღვედური გადაცემის მ.კ.კ-ია;

$\eta_2 = 0,97$ დახურული ცილინდრული გადაცემის მ.კ.კ-ია;

$\eta_3 = 0,99$ - გორვის ხახუნის საკისრების მ.კ.კ-ია.

შესაბამისად $\eta_0 = 0,96 \cdot 0,97 \cdot 0,99^2 = 0,91$

3. ცალკეული ლილვების კუთხური სიჩქარეები

$$\omega_1 = 250 \text{ რ/წმ}; \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{1-2}} = \frac{250}{6,36} = 39,3 \text{ რ/წმ};$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{2-3}} = \frac{39,3}{6,3} = 6,24 \text{ რ/წმ}.$$

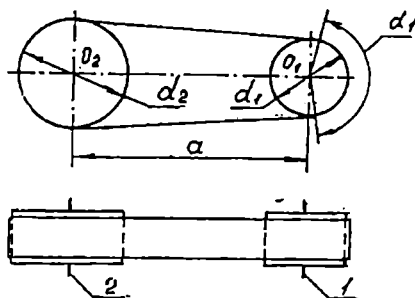
6. მგრეხავი მომენტები

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 10^3}{\omega_1} = \frac{40 \cdot 10^3}{250} = 160 \text{ წმ};$$

$$T_2 = T_1 \cdot u_{1-2} \cdot \eta_1 \cdot \eta_3 = 160 \cdot 6,36 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 967,1 \text{ წმ};$$

$$T_3 = T_2 \cdot u_{2-3} \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 967,1 \cdot 6,3 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 5851 \text{ წმ};$$

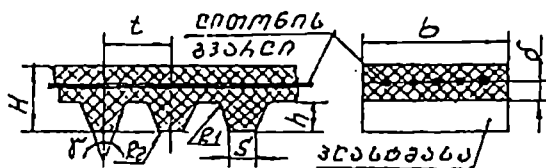
საპროექტო მონაცემები: გადასაცემი სიმძლავრე $P_1 = 40$ კვტ; კუთხური სიჩქარეები: $\omega_1 = 250$ რ/წმ, $\omega_2 = 31,25$ რ/წმ; მგრეხავი მომენტები: წამყვანი ლილვის $T_1 = 160$ ნმ, ამჟოლის $T_2 = 967,1$ ნმ; გადაცემის რიცხვი; $u = 6,3$



ნახ. 2.2

გაანგარიშება

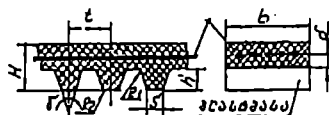
1. ღვედის შერჩევა. გადასაცემი მგრეხავი მომენტის მიხედვით $T_1 = 160$ ნმ შევირჩევეთ ღვედის მოდულს. სასურველია შერჩეული იქნას უმცირესი მნიშვნელობა. მივიღოთ $m=5$ მმ (ცხრ.2.1); ღვედის დანარჩენი ზომებია: ღვედის სიგანე მიიღება $b=25 \dots 100$ მმ. ღვედის სისქე $H=6,5$ მმ; კბილის ბიჯი $P=15,71$ მმ; კბილის სიგანე $S=5,0$ მმ



ნახ.2.3

ცხრილი 2.1

კბილეპიანი ღვედების, კბილის პროფილის ძირითადი პარამეტრები $\gamma=40^\circ$ კუთხის შემთხვევაში (OCT 38-05114-76)



პარამეტრები	მოდული m , მმ				
	3	4	5	7	10
უმცირესი საღვედე ბორბლების მარუნიებული მომენტი, T_1 , მმ	0,24	15	49	190	550
ხვედრითი წრიული ძალა P_0 , ნ/მმ	10,0	23	35	45	85
სწრაფმავალი ლილეის ბრუნვის სიხშირე n_1 , წთ ⁻¹	1000... 8000	1000... 7000	1000... 5000	1000... 4000	1000... 2000
უმცირესი საღვედე ბორბლის კბილთა რიცხვი Z_1	14...20	16...22	18...24	22...36	30...45
ღვედის კბილთა რიცხვი $Z_{ღვ}$	48... 250	48... 250	48... 200	56... 140	56... 100
ღვედის სიგანე b , მმ	12,5... 25	20... 100	25... 100	40... 125	50... 200
ღვედის სისქე H , მმ	4	5	6,5	11	15
კბილის ბიჯი P , მმ	9,43	12,57	15,71	21,99	31,42
კბილის სიმაღლე h , მმ	2	2,5	3,5	6	9
კბილის მინიმალური სისქე S , მმ	3,2	4,4	5	8	12
მანძილი კბილის ღრმულების ზედაპირიდან გეარლის სიმეტრიის ღერძამდე d	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8
შენიშვნა: 1. ღვედის სიგანე b , შეირჩევა მწკრივიდან: 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200, მმ. 2. ღვედის კბილთა $Z_{ღვ}$ რიცხვები შერჩეული უნდა იქნას შემდგომი მწკრივიდან: 36; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 112; 115; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 210; 220; 235; 250.					

მანძილი კბილის ღრმულების ზედაპირიდან გვარლის სიმეტრიის ღერძამდე $\delta=0,8$; ღვედის კბილის სიმაღლე $h=3,5$ მმ.

2. საღვედე ბორბლების კბილთა რიცხვების შერჩევა. უმცირესი საღვედე ბორბლების კბილთა რიცხვები დაიშვება $Z_1=18...24$ (ცხრ2.1) მივიღოთ $Z_1=22$

მიმყოლი საღვედე ბორბლის კბილთა რიცხვი

$$Z_2 = Z_1 \cdot u = 22 \cdot 6,35 = 140$$

3. საღვედე ბორბლების საანგარიშო დიამეტრები

$$d_1 = m \cdot Z_1 = 5 \cdot 22 = 110 \text{ მმ}$$

$$d_2 = m \cdot Z_2 = 5 \cdot 140 = 700 \text{ მმ}$$

ფაქტიური გადაცემის რიცხვი

$$u_{\text{ფაქტ.}} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{700}{110} = 6,36$$

გადაცემის რიცხვის ცდომილება

$$\Delta u = \frac{(u_{\text{ფაქტ.}} - u) \cdot 100}{u_{\text{ფაქტ.}}} = \frac{(6,36 - 6,35) \cdot 100}{6,36} = 0,2\% < 3\%$$

4. ცენტრთა შორის მანძილის ნომინალური საორიენტაციო მნიშვნელობა

$$a = \frac{1,5 \cdot d_2}{\sqrt[3]{u}} = \frac{1,5 \cdot 700}{\sqrt[3]{6,36}} = 567 \text{ მმ}$$

$$\text{მივიღოთ } a = 560 \text{ მმ}$$

5. ღვედის საორიენტაციო საანგარიშო სიგრძე

$$\begin{aligned} L &= \frac{2a + 0,5\pi(d_1 + d_2) + (d_2 - d_1)^2}{4a} = \\ &= \frac{2 \cdot 560 + 0,5 \cdot 3,14(700 + 110)(700 - 110)^2}{4 \cdot 560} = 2537 \text{ მმ} \end{aligned}$$

6. საორიენტაციო ღვედის კბილთა რიცხვები

$$Z_{\text{კ}} = \frac{L}{p} = \frac{2537}{15,71} = 161$$

მივიღოთ კბილთა რიცხვების მწკრივიდან $Z_{\text{კ}}=160$ (ცხრ.2.1)

7. ღვედის ფაქტიური სიგრძე (გაიანგარიშება 0,1 მმ სიზუსტით)

$$L = Z_{\text{კ}} \cdot P = 160 \cdot 15,71 = 2513,6 \text{ მმ}$$

8. ფაქტიური ცენტრთაშორის მანძილი

$$a_{\text{ფ}} = 0,25 \left[(L - W) + \sqrt{(L - W)^2 - 2y} \right]$$

$$\text{სადაც } W = 0,5 \cdot \pi (d_1 + d_2) = 0,5 \cdot 3,14 (110 + 700) = 1271,7 \text{ მმ}$$

$$y = (d_2 - d_1)^2 = (700 - 110)^2 = 348100 \text{ მმ}^2$$

ჩასმით მივიღებთ

$$a_{\text{ფ}} = 0,25 \left[(2513,6 - 1271,7) + \sqrt{(2513,6 - 1271,7)^2 - 2 \cdot 348100} = 547 \right] \text{ მმ}$$

9. ღვედის წრიული სიჩქარე

$$V = 0,5 \cdot \omega_1 \cdot d_1 = 0,5 \cdot 250 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 13,8 \text{ მ/წმ}$$

10. წამყვანი ლილვის ბრუნვის სიხშირე

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 250}{3,14} = 2389 \text{ ბრ/წთ}$$

11. წრიული ძალა

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 160}{110 \cdot 10^{-3}} = 2909 \text{ ნ}$$

12. მცირე საღვედე ბორბალზე ღვედის შემოხვევის კუთხე

$$\alpha = \frac{180^\circ - 57^\circ(d_2 - d_1)}{a_{\text{ფ}}} = \frac{180^\circ - 57^\circ(700 - 110)}{547} = 119^\circ$$

13. მცირე საღვედე ბორბალთან მოდებაში მყოფი ღვედის კბილთა რიცხვი

$$Z_0 = \frac{Z_1 \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{22 \cdot 119^\circ}{360^\circ} = 7,3$$

გადაცემის მუშაობის უნარიანობის იმედოვნებისათვის აუცილებელია დაცული იყოს პირობა $Z_0=7,3>6$

14. დასაშვები ხვედრითი წრიული ძალა

$$[P]=P_0 \cdot K_p \cdot K_0 \cdot K_z$$

სადაც: P_0 - ღვედის მიერ გადაცემული ხვედრითი წრიული ძალაა და ტოლია $P_0=35$ ნ/მმ.

K_p - მუშაობის პირობების რეჟიმის კოეფიციენტი. საპროექტო მონაცემების მიხედვით (მუშაობის საშუალო რეჟიმი, ორცვლიანი სამუშაო დღე, $t_h = 12$ საათი);

K_0 - გორგოლაჭების გავლენის კოეფიციენტი. ერთი გორგოლაჭის შემთხვევაში $K_0=0,9$, ორი გორგოლაჭის შემთხვევაში $K_0=0,8$. მივიღოთ გორგოლაჭების რიცხვი $Z_{\text{გორგ.}}=1$, მაშინ $K_0=0,9$; K_z - მოდებაში მყოფი კბილთა რიცხვების კოეფიციენტი. მოდებაში მყოფ კბილთა რიცხვებს $Z_0=6$; 5 და 4 შეესაბამება მნიშვნელობები $K_z=1$; 0,8 და 0,6. ჩვენს შემთხვევაში, რადგანაც $Z_0>6$ უნდა მივიღოთ $Z_0=6$ და $K_z = 1$. ჩასმით მივიღებთ

$$[P]=35 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 37,8 \text{ ნ/მმ}$$

15. ღვედის სიგანე

$$D = \frac{F_t}{[p]} = \frac{2909}{37,8} = 77,0 \text{ მმ}$$

მივიღოთ $b=80$ მმ (OCT 38-05114-76, ცხრ.4.1)

16. ფაქტიური ხვედრითი წრიული ძალა

$$p = \frac{F_t}{b} = \frac{2909}{80} = 36 \text{ ნ/მმ} < [p] = 37,8 \text{ ნ/მმ}$$

17. ლილვების წინასწარი გაანგარიშება

წამყვანი საღვედე ბორბლის ლილვის დიამეტრი

$$d_1 \geq 1,063 \sqrt{\frac{T_1 \cdot 10^3}{0,2[\tau_{\text{გ.}}]}}$$

მივიღოთ გრეხვაზე დასაშვები ძაბვის სიდიდე, $[\tau_{\text{გ.}}]=20$ მპა. ჩასმით მივიღებთ

$$d_1 \geq 1,063 \sqrt{\frac{160 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 0,034 \text{ მ} = 34 \text{ მმ}$$

მიღებულ მნიშვნელობას შეუსაბამებთ ლილვების სტანდარტულ მწკრივს, რომლის მიხედვითაც $d_1=35$ მმ. საკისრების დასმის ადგილას $d_1' = 40$ მმ.

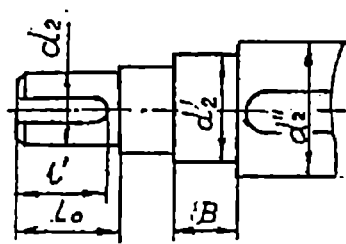
ამყოლი საღვედე ბორბლის ლილვის დიამეტრი

$$d_2 \geq 1,063 \sqrt{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0,2[\tau_{\text{გ.}}]}}$$

მივიღოთ $[\tau_{\text{გ.}}]=30$ მპა. შესაბამისად

$$d_2 \geq 1,063 \sqrt{\frac{967,1 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 0,058 \text{ მ} = 58 \text{ მმ}$$

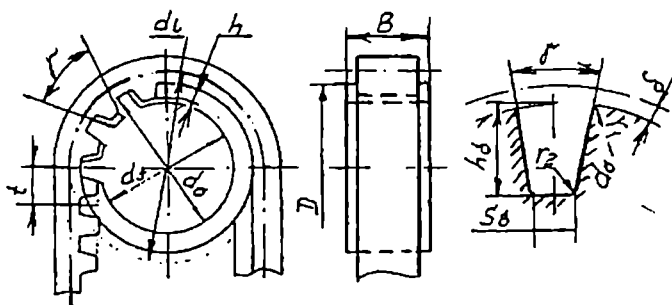
მივიღოთ $d_2=60$ მმ.



656.2.4

18. საღვედე ბორბლების კონსტრუქციები და მათი ელემენტების გაანგარიშება

წამყვანი საღვედე ბორბლი, რადგანაც მისი დიამეტრი $d_1 = 110$ მმ სასურველია დამზადებული იქნას ნაგლინი ფოლადისაგან ფლ.45. კბილების მოჭრა გავითვალისწინოთ: მოგორვის მეთოდით. კბილის ღარის პროფილის ზომები (ნახ.2.5) შეირჩევა ღვედის მოღულის მიხედვით (ცხრ.2.2)



65b.2.5

კბილეიანი ღვედებისათვის ბორბლების ღარის პროფილის
ზომები, მმ; ბორბლის კბილთა რიცხვები OCT 3805114-78
მიხედვით

მო- დუ- ლის მო- დუ- ლი, მმ	S _გ		h _გ		γ გრადუსი		η ₁		η		Z _{ბო}
	ნომ- ინა- რის ნომ- რის	ზღუ- რული გა- დახ- რა	ნომ- ინა- რის ნომ- რის	ზღუ- რული გა- დახ- რა	ნომ- ინა- რის ნომ- რის	ზღუ- რული გა- დახ- რა	ნომ- ინა- რის ნომ- რის	ზღუ- რული გა- დახ- რა	ნომ- ინა- რის ნომ- რის	ზღუ- რული გა- დახ- რა	
3,0	3,2	±0,2	3,0	±0,2	40	+2	0,7	±0,10	1,0	±0,10	10... 120
4,0	4,0	±0,2	4,0	±0,2	40	+2	1,0	±0,15	1,3	±0,15	14... 120
5,0	4,8	±0,2	5,0	±0,2	40	+2	1,5	±0,15	2,0	±0,15	14... 120
7,0	7,5	±0,3	8,5	±0,3	40	+2	2,5	±0,20	3,0	±0,20	17... 120
10,0	11,5	±0,3	12,5	±0,3	40	+2	3,0	±0,30	3,5	±0,30	17... 120

კბილის შეფერილების წრესაზის დიამეტრი

$$d_g = d - 2\delta + K$$

სადაც K - შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც
ითვალისწინებს ლითონის გვარლის დამყოლობას. გაიან-
გარიშება გამოსახულებით

$$K = 0,2 \cdot F_t \cdot \lambda \cdot Z_g$$

სადაც F_t - წრიული ძალაა F_t=2909 ნ; λ - ბიჯის სიგრძეზე
ღვედის ლითონგვარილების ხვიათა დამყოლობა, მმ/ნ.

სიდიდე $\lambda = \frac{\lambda'}{b}$ სადაც λ' - ერთი სმ. სიგანის მქონე ღვე-
დისათვის, ერთეული ბიჯის სიგრძეზე ლითონის გვარ-
ლის ხვიათა დამყოლობაა მმ/ნ.მმ, λ'=8·10⁻⁵ (ცხრ.2.3)

m, მმ	3	4	5	7	10
$\lambda', \text{ მმ/მმ}, 8 \cdot 10^{-5}$	14	6	8	11	16

Z_1 – წამყვანი საღვედე ბორბლის კბილთა რიცხვია $Z_1 = 22$.
 $K = 0,2 \cdot 2909 \cdot 8 \cdot 10^{-5} \cdot 22 = 1,0$.

შესაბამისად

$$da_1 = d_1 = 2\delta + K = 110 - 2 \cdot 0,8 + 1,0 = 109,4 \text{ მმ.}$$

ღრმულების წრეხაზის დიამეტრი

$$df_1 = da - 2h_a + K = 110 - 2 \cdot 5 = 99,4 \text{ მმ}$$

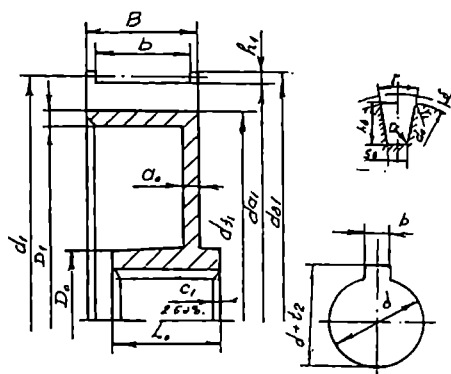
საღვედე ბორბლის სიგანე

$$B = b + m = 80 + 3 = 83 \text{ მმ}$$

ღვედის საღვედე ბორბლიდან ჩამოქანების თავიდან აცილების მიზნით მიზანშეწონილია გაუკეთდეს ქიმი სიმაღლით

$$h_1 = 1,5 \dots 4 \text{ მმ}$$

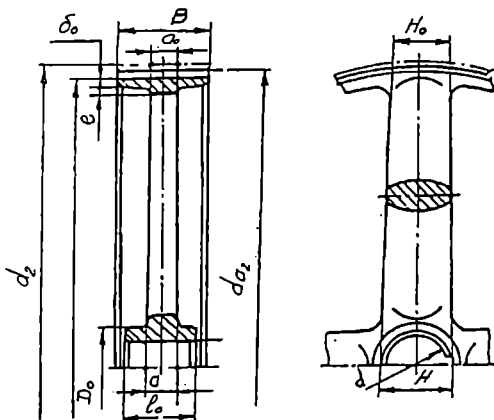
მივიღოთ $h_1 = 3 \text{ მმ}$, ღარის პროფილის ზომები:



ნახ.2.6

ღარის ღრმულის სიგანე $S_g=4,8$ მმ; პროფილის ღრმულის სიმაღლე $h_g=5$ მმ; პროფილის კუთხე $\gamma=40^\circ$; მომრგვალების რადიუსები $r_1=1,5$ მმ; $r_2=2,0$ მმ. ფერსოს სისქე $\delta_0=(1,25\dots2,5)m=(1,25\dots2,5)5=6,25\dots12,5$ მმ. მივიღოთ $\delta_0=10$ მმ. ბადროს სისქე $a_0=(0,25\dots0,3)B=(0,25\dots0,3)83=21\dots25$ მმ. მივიღოთ $a_0=25$ მმ; ბადროს დიამეტრი $D_1=df_1-2\delta_0=99,4-2,10=79,4$ მმ. მივიღოთ $D_1=80$ მმ; ნაზოლის კათეტის სიღიდე $e=2\dots3$ მმ მივიღოთ $e=c_1=2$ მმ; მორგვის ზომები: დიამეტრი $D_0=1,6d_1=1,6\cdot34=55$ მმ; სიგრძე $L_0=(1,2\dots1,5)d_1=(1,2\dots1,5)34=41\dots51$ მმ. მივიღოთ $L_0=45$ მმ.

ამჟოლი საღვედე ბორბალი, რადგანაც მისი დიამეტრი $d_2=700$ მმ > 300 მმ, დამზადებულ უნდა იქნას მანებიანი ჩამოსხმით (ნახ.2.7) მასალად მივიღოთ ფოლადი 45II კბილის მოჭრა-მოგორვის მეთოდით.



ნახ. 2.7

კბილის შვერილების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{a_2}=d_2-2\delta+K=700-2\cdot0,8+1,0=699,4 \text{ მმ}$$

ღრმულების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{f_2} = d_2 - 2h_2 = 699,4 - 2 \cdot 5 = 689,4 \text{ მმ}$$

ფერსოს სისქე $\delta_0 = 10$ მმ.

მანების რიცხვი განისაზღვრება ტოლობით

$$Z_{\text{მან.}} = (0,14 \dots 0,17 \sqrt{d_2}) = (0,14 \dots 0,17) \sqrt{700} = (3,7 \dots 4,5)$$

მივიღოთ $Z_{\text{მან.}} = 4$

მანის სიგანე მორგვთან განისაზღვრება ლუნვის სიმტკიცის პირობიდან

$$H \geq 4,83 \sqrt{\frac{T_2}{Z_{\text{მან.}} [\sigma_L]}}$$

სადაც $[\sigma_L]$ – ლუნვაზე დასაშვები ძაბვის სიდიდე ფოლადებისათვის დაიშვება $[\sigma_L] = (60 \dots 100)$ მპა. მივიღოთ $[\sigma_L] = 60$ მპა.

$$H \geq 4,83 \sqrt{\frac{967,1}{4 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 7,6 \cdot 10^{-2} = 76 \text{ მმ}$$

მივიღოთ $H = 80$ მმ.

სოლის სიგანე ფერსოსთან $H_0 = 0,8 \cdot 80 = 64$ მმ.

სოლის სიგანე: ბორბლის განიკვეთში
 $a = 0,4 \cdot H = 0,4 \cdot 80 = 32$ მმ;

ფერსოსთან $a_0 = 0,8 \cdot a = 0,8 \cdot 32 = 26$ მმ.

რიფტის სიმაღლე დაიშვება $e = (0,8 \dots 1,0) \delta_0$.

მივიღოთ $e = 0,8 \cdot \delta_0 = 0,8 \cdot 10 = 10$ მმ.

მორგვის ზომები: დიამეტრი $D_0 = 1,6 \cdot d_2 = 1,6 \cdot 60 = 96$ მმ; სიგრძე $l_0 = (1,2 \dots 1,5) d = (1,2 \dots 1,5) 60 = 72 \dots 90$ მმ. მივიღოთ $l_0 = 75$ მმ.

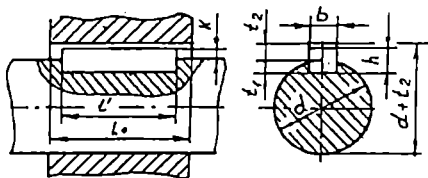
19. დაშვება ბორბლის კბილის შეერილების წრეხაზის დიამეტრზე Δda წამყვანი ბორბლისათვის $\Delta da_1 = 70$ მკ. ამყოლი ბორბლისათვის $\Delta da_2 = -160$ მკ. ბიჯთა დაგროვებული ცდომილება: $F_{\eta 1} = +67$ მკ. და $F_{\eta 2} = +160$; ბიჯის გადახრა: $f_{pt 1} = \pm 30$ მკ. და $f_{pt 1} = \pm 34$ მკ. დაშვება კბილის მიმართულების ცდომილებაზე $F_{\beta} = 25$ მკ. კბილაგვირგვინის რადიალური ცემა: $F_{\eta 1} = 50$ მკ. და $F_{\eta 2} = 95$ მკ (ცხრ.2.4)

კბილებიანი ღვედის საღვედე ბორბლების ზომების გაღა-
ხრაზე დაშვება მკ-ით

უმოწმების დასახელება	m მმ-ით	d – მმ-ით							
		50- მდე	50- დან 80- მდე	80- დან 125- მდე	125- დან 200- მდე	200- დან 315- მდე	315- დან 500- მდე	500- დან 630- მდე	630- დან 1000- მდე
დაშვება ბორბლ- ის კბი- ლის შეერი- ლუ- ბის წრეხა- ზის დია- მეტრზე Δα _Σ	1...10	-50	-60	-70	-80	-90	-120	-140	-160
ბიჯთა დაგრო- ვილი ცდო- მილება		50	56	67	80	95	110	125	160
ბიჯის გაღა- ხრა φ _{მკ}	1;1,5; 2	±20	±21		±22		±24	±26	
	3; 4	±22	±23		±25		±27	±30	
	5; 7; 10	-	±30		±30		±32	±34	
დაშვება კბილის მიმარ- თულე- ბის ცდომი- ლებაზე	1. 10	კბილა ბორბლის სიგანე							
		40-მდე		40-დან 100-მდე		40-დან 100-მდე		40-დან 100-მდე	
		20		25		32		38	
კბილა გვირგვი- ნის რა- დიალუ- რი ცემა		40	50	65	80			95	

20. სოგმანების შერჩევა შემოწმებითი გაანგარიშება.

საღვედე ბორბლების ლილვებთან შესაერთებლად ვირჩევთ პრიზმატულ სოგმანებს ([1] ცხრ1.6), შესრულება 1 (სასტ 23360-78) წამყვანი საღვედე ბორბლის ლილვის დიამეტრი $d_1=34$ მმ. მორგვის სიგრძე $l_0=45$ მმ ამჟოლი საღვედე ბორბლის ლილვის დიამეტრიც $d_2=60$ მმ, მორგვის სიგრძე $l_0=75$ მმ.



ნახ. 2.8

ლილვის დიამეტრი, d	სოგმანის ზომები, მმ-ით				
	b	L	t_1	t_2	K
34	10	8	5,0	3,3	3,5
60	18	11	7,0	4,4	4,8

წამყვანი საღვედე ბორბლისათვის სოგმანის სიგრძე $L'=l_0-(3 \dots 5)$ მმ $=45-3=42$ მმ. საანგარიშო სიგრძე $L_b=L'-b=42-10=32$ მმ, ამჟოლი საღვედე ბორბლისათვის სიგრძე $L'=l_0-(3 \dots 5)=75-3=72$ მმ. სოგმანის საანგარიშო სიგრძე.

$$L_b = L' - b = 72 - 18 = 54 \text{ მმ}$$

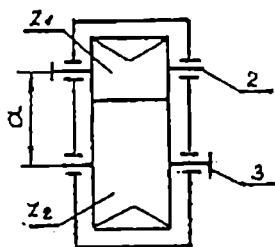
საანგარიშო თელვის ძაბვა: უმცირეს საღვედე ბორბლისათვის

$$\sigma_{\text{თელ}} = \frac{2T_1}{d_1 L_b K} = \frac{2 \cdot 967,1}{60 \cdot 10^{-3} \cdot 72 \cdot 10^{-3} \cdot 4,8 \cdot 10^{-3}} = 93 \text{ მპა} < [\sigma_{\text{თელ}}] = 120 \text{ მპა}$$

ნახ.2.8-ზე გამოხაზულია ამჟოლი საღვედე ბორბლის მუშა ნახაზი.

დახურული შევრონულკბილებიანი ცილინდრული
კბილანური გადაცემების გაანგარიშება

საპროექტო მონაცემებია: კბილანის მამრუნებელი
მომენტი $T_{კბ}=T_2=967$ ნმ კუთხური სიჩქარე $\omega_{კბ}=\omega_2=39$ რ/წმ;
კბილათელის მამრუნებელი მომენტი $T_{კბ.თვ.}=T_3=5851$ ნმ,
კუთხური სიჩქარე $\omega_{კბ.თვ.}=6,24$ რ/წმ; გადაცემის რიცხვი
 $u=6,3$;



ნახ.2.10

1. მასალების შერჩევა და დასაშვები ძაბვები.

კბილანის მასალად მივიღოთ ლეგირებული ფოლადი.
ფოლადი 40 X, თერმოდამუშავება – ნორმალიზაცია. კბი-
ლანისათვის ზედაპირული სისაღე $H=HB340$ ერთეული
კბილათელისათვის – $HB320$.

კბილის ზედაპირის დასაშვები კონტაქტური ძაბვა

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_H \lim b \cdot K_{HL}}{[S_H]}$$

ზღვრული ამტანანობის ზღვარი ბაზური ციკლთა
რიცხვის შემთხვევაში ([1] ცხრ.1.7)

$$\sigma_H \lim b = 2H_{HB} + 70$$

კბილანისათვის

$$\sigma_H \lim b_2 = 2 \cdot 320 + 70 = 710 \text{ მპა}$$

K_{HL} - ხანგამძლეობის კოეფიციენტი შეირჩევა ფარდობის $\frac{N_{HE}}{N_{HO}}$ მიხედვით. სადაც N_{HE} ექვივალენტური ციკლთა რიცხვია. კბილანისათვის

$$N_{HE_1} = \left(\frac{573 \omega_{კბ}}{T_{კბ}^3} \right) \sum T_i^3 L_i = \left(\frac{573 \cdot \omega_{კბ}}{1^3} \right) \cdot L_1 + (0,65)^3 \cdot L_2 + (0,85)^3 \cdot L_4 =$$

$$= \frac{573 \cdot 39,3}{1^3} \cdot 1800 + (0,65^3) \cdot 2520 + (0,85)^3 \cdot 3600 = 1,1 \cdot 10^8$$

კბილათვლისათვის

$$N_{HE_2} = \frac{N_{HE_1}}{u} = \frac{1,1 \cdot 10^8}{6,3} = 1,7 \cdot 10^7$$

ბაზური ციკლთა რიცხვები: კბილანისათვის $N_{HO_1} = 20 \cdot 10^6$ კბილათვლისათვის $N_{HO_2} = 16 \cdot 10^6$ ([1], ცხრ.2.2) ფარდობები

$$\frac{N_{HE_1}}{N_{HO_1}} = \frac{1,1 \cdot 10^8}{20 \cdot 10^6} = 5,5$$

$$\frac{N_{HE_2}}{N_{HO_2}} = \frac{1,7 \cdot 10^7}{16 \cdot 10^6} = 1,06$$

რადგანაც ფარდობები >1 , ამიტომ შესაბამისად $K_{HL_1} = K_{HL_2} = 1$

$[S_H]'$ - მარაგის კოეფიციენტი $[S_H]' = 1,1$ ([1], ცხრ.1.7) დასაშვები კონტაქტური ძაბვები ცალკეული რგოლებისათვის

$$\sigma_{HP_1} = \frac{750 \cdot 1}{1,1} = 682 \text{ მპა}$$

$$\sigma_{HP_1} = \frac{710 \cdot 1}{1,1} = 645 \text{ მპა}$$

საანგარიშო კუმშვის კონტაქტური ძაბვა

$$\sigma_{HP} = 0,45(\sigma_{HP_1} + \sigma_{HP_2}) = 0,45(682 + 645) = 597 \text{ მპა}$$

დაკმაყოფილებული უნდა იყოს პირობა $\sigma_{HP} \leq \sigma_{HP}^*$,

$$\text{სადაც } \sigma_{HP}^* \leq 1,23 \cdot \sigma_{HP_{\text{ზონ}}} = 1,23 \cdot 645 = 703 \text{ მპა,}$$

რადგანაც $597 < 703$ პირობა დაცულია

ღუნვაზე დასაშვები ძაბვა

$$\sigma'_{FP} = \left(\frac{\sigma_F^0 \lim b}{[S_F]'} \right) \cdot K_{Fg} \cdot K_{Fd} \cdot K_{Fc} \cdot K_{FL}$$

$\sigma_F^0 \lim b$ ამტანობის ზღვარი ნულოვანი ციკლის შემთხვევაში $\sigma_F^0 \lim b = 1,8 \cdot HB$ და $[S_F]' = 1,8$ ([1], ცხრ.1.7) სათანადოდ გვექნება

$$\sigma_F^0 \lim b_1 = 1,8 \cdot 340 = 612 \text{ ამპ}$$

$$\sigma_F^0 \lim b_2 = 1,8 \cdot 320 = 576 \text{ ამპ}$$

კოეფიციენტები: K_{Fg} - კბილის ზედაპირების ხეხვის გარეშე დამუშავების შემთხვევაში $K_{Fg}=1$; K_{Fd} - კბილის სიმტკიცის შემდგომი გაზრდა დეფორმაციის მეთოდით ან ელექტროქიმიური დამუშავების გარეშე მიიღება $K_{Fd}=1$; ასევე K_{Fc} - გადაცემის არარევერსიულობის შემთხვევაში მიიღება $K_{Fc}=1$.

კბილანისათვის, როდესაც კბილის ზედაპირების სისაღე $H < HB350$, ხანგამძლეობის კოეფიციენტი გაიანგარიშება ფორმულით

$$K_{FL} = \sqrt[6]{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}}$$

სადაც N_{FE} — ექვივალენტური ციკლთა რიცხვებია კბილანისათვის

$$N_{FE_1} = \left(\frac{573 \omega_{\text{კბ}}}{T_{\text{კბ}}^6} \right) \left[(1)^6 L_1 + (0,65)^6 L_2 + (0,85)^6 L_4 \right] \cdot T_{\text{კბ}}^6 =$$

$$= \left(\frac{573 \cdot 39,3}{1^6} \right) \left[(1)^6 \cdot 1800 + (0,65)^6 \cdot 2520 + (0,85)^6 \cdot 3600 \right] = 7,5 \cdot 10^7$$

კბილათვლისათვის

$$N_{FE_2} = \frac{N_{FE_1}}{u} = \frac{7,5 \cdot 10^7}{6,3} = 1,2 \cdot 10^7$$

ბაზური ციკლთა რიცხვი $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ რადგანაც $N_{Fi} > N_{FO}$ ამიტომ უნდა მივიღოთ $N_{FEi} = N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ და შესაბამისად

$K_{Fi} = 1$ უსაფრთხოების კოეფიციენტი $[S_F] = [S_F]' \cdot [S_F]''$

სადაც $[S_F]' = 1,76$ ([1], ცხრ.1.7) $[S_F]''$ ითვალისწინებს ნამზადის მიღების გზახერხს. ნაჭედი და ნატეიფური ნამზადისათვის (კბილანა) $[S_F]'' = 1,0$

სხმული ნამზადისათვის $[S_F]'' = 1,3$ (კბილათვალი) შესაბამისად გვექნება

$$[S_{F_1}] = 1,76 \cdot 1 = 1,76; \quad [S_{F_2}] = 1,76 \cdot 1,3 = 2,3$$

დასაშვები ძაბვები

$$\sigma_{FR_1} = \frac{612}{1,76} = 348 \text{ მპა};$$

$$\sigma_{FR_2} = \frac{576}{2,3} = 250 \text{ მპა}.$$

2. კბილანის გვირგვინის სიგანის კოეფიციენტი. კბილანების საყრდენების მიმართ სიმეტრიული განლაგების შემთხვევაში მივიღოთ $\psi_{bd} = 1,6$. შესაბამისად

$$\psi_{ba} = \frac{2\psi_{bd}}{u+1} = \frac{2 \cdot 1,6}{6,3+1} = 0,44$$

3. დატვირთვის კოეფიციენტები: K_{HB} - დატვირთვის უთანაბრობის კოეფიციენტი $K_{HB}=1,09$ (შეირჩევა კბილანების საყრდენების მიმართ სიმეტრიული განლაგების და სისალის $H < HB350$ მიხედვით. K_{HV} - დინამიკური დატვირთვის კოეფიციენტი შეირჩევა წრიული სიჩქარის, კბილანების დამზადების სიზუსტის ხარისხის და სისალის მიხედვით. საორიენტაციო წრიული სიჩქარე განისაზღვრება ემპირიული დამოკიდებულებიდან:

$$V = \frac{n_{jb}^3 \sqrt{\frac{T_{jb}}{u \cdot \psi_{ba}}}}{10^2 \cdot C_v}$$

სადაც n_1 - კბილანის ლილვის ბრუნვის სიხშირეა

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega_{jb}}{\pi} = \frac{30 \cdot 39,3}{3,14} = 375,5 \text{ ბრ/წთ}$$

კოეფიციენტი $C_v=13$

$$V = \frac{375,53 \sqrt{\frac{967,1}{6,3 \cdot 0,44}}}{10^2 \cdot 13} = 2 \text{ მ/წმ.}$$

სიჩქარის მიხედვით ვირჩევთ კბილანების დამზადების ხარისხს. შესაბამისად $K_{HV} = 1,08$ ([1], ცხრ. 2.4)

4. ცენტრთა შორის მანძილი

$$a_w = 4300(u+1) \sqrt{\frac{T_{\kappa\beta} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV}}{\psi_{ba} \cdot u \cdot \sigma_{HP}^2}} =$$

$$= 4300(6,3+1) \sqrt{\frac{967,1 \cdot 1,09 \cdot 1,08}{0,44 \cdot 6,3 \cdot (597 \cdot 10^6)^2}} = 3291 \cdot 10^{-4} \text{ მ} = 329 \text{ მმ}$$

მივიღოთ სასტ 2185-66-ის მიხედვით $a_w = 315$ მმ ([2], ცხრ.3.1)

5. გადაცემის ნორმალური მოდული

$$m_n = (0,01 \dots 0,02) a_w = (0,01 \dots 0,02) 315 = 3,15 \dots 6,3 \text{ მმ}$$

მივიღოთ $m_n = 4$ მმ ([1] ცხრ.1.12)

6. მივიღოთ კბილის დახრის კუთხე $\beta = 20^\circ$

7. კბილთა რიცხვები: კბილანის კბილთა რიცხვი

$$Z_1 = \frac{2a_w \cdot \cos \beta}{m_n(u+1)} = \frac{2315 \cdot \cos 20^\circ}{4(6,3+1)} = 20$$

კბილათვლის $Z_2 = Z_1 \cdot u = 20 \cdot 6,3 = 126$
ჯამური კბილთა რიცხვი

$$Z_\Sigma = Z_1 + Z_2 = 20 + 126 = 146$$

8. გადაცემის ტორსული მოდული

$$m_i = \frac{2a_w}{Z_\Sigma} = \frac{2 \cdot 315}{146} = 4,315 \text{ მმ}$$

9. კბილის დახრის კუთხის ფაქტიური მნიშვნელობა

$$\beta = \arccos \frac{m_n}{m_i} = \arccos \frac{4}{4,315} = 22,0283^\circ = 22^\circ 01' 42''$$

10. გამყოფი წრეხაზის დიამეტრები

$$d_1 = m_i \cdot Z_1 = 4,315 \cdot 20 = 86,30 \text{ მმ}$$

$$d_2 = m_i \cdot Z_2 = 4,315 \cdot 126 = 543,7 \text{ მმ}$$

11. ფაქტიური ცენტრთა შორის მანძილი

$$a_w = \frac{(d_1 + d_2)}{2} = \frac{(86,3 + 543,7)}{2} = 315 \text{ მმ}$$

12. გადაცემის გეომეტრიული პარამეტრები: კბილის თავის სიმაღლე

$$h_a = h^* \cdot m_n = 1 \cdot 4 = 4 \text{ მმ}$$

კბილის ძირის სიმაღლე

$$h_f = (h^* + C^*)m_n = (1 + 0,25)4 = 5 \text{ მმ}$$

შეერილების წრეხაზის დიამეტრები

$$d_{a_1} = d_1 + 2h_a = 86,3 + 2 \cdot 4 = 94,3 \text{ მმ}$$

$$d_{a_2} = d_2 + 2h_a = 543,7 + 2 \cdot 4 = 551,7 \text{ მმ}$$

ღრმულების წრეხაზის დიამეტრები

$$d_{f_1} = d_1 - 2h_f = 86,3 - 2 \cdot 5 = 76,3 \text{ მმ}$$

$$d_{f_2} = d_2 - 2h_f = 543,7 - 2 \cdot 5 = 533,7 \text{ მმ}$$

13. კბილათელის ფერსოს სიგანე $b'_2 = b_2 + b_{\Sigma}$

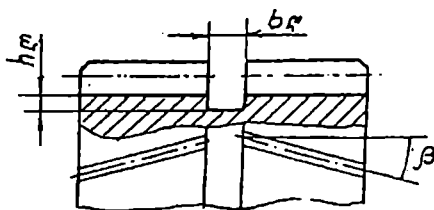
სადაც b_2 – კბილის მუშა სიგრძე.

$b_2 = \psi_{ba} \cdot d_1 = 1,6 \cdot 86,3 = 138 \text{ მმ}$ მივიღოთ $b_2 = 140 \text{ მმ}$, b_{Σ} – კბილმჭრელი ფრეზის ღარის მინიმალური სიგანე $b_{\Sigma} = 50 \text{ მმ}$ (ცხრ.4.5) ჩასმით ვიღებთ $b'_2 = 140 + 50 = 190 \text{ მმ}$

14. წრიული სიჩქარე

$$V = 0,5 d_1 \cdot \omega_{\text{კ}} = 0,5 \cdot 86,3 \cdot 10^{-3} \cdot 39,3 = 1,7 \text{ მ/წმ}$$

სიჩქარის მიხედვით მივიღოთ კბილანების დამზადების მე-8 სიზუსტის ხარისხი.



ნახ. 2.11

ღარის სიმაღლე $h_f = 0,3 \cdot m_h = 0,34 = 1,2 \text{ მმ}$

კბილანის კბილის სიგრძე

$$b'_1 = 1,12 + b'_2 = 1,12 \cdot 190 = 210 \text{ მმ}$$

ფერსოს სიგანე

$$b_1 = b'_1 + b_{\pi} = 210 + 50 = 260 \text{ მმ}$$

15. ფაქტიური დატვირთვის კოეფიციენტები:
 ძაბვათა კონცენტრაციის კოეფიციენტი $K_{\beta} = 1,09$ ([1] ცხრ.2.3),
 დინამიკური დატვირთვის კოეფიციენტი $K_{HV} = 1,08$ ([1] ცხრ.2.4).

16. გადაცემაში მოქმედი დატვირთვები: წრიული ძალა

$$F_t = \frac{2T_{\text{ძბ}}}{d_1} = \frac{2 \cdot 967,1}{86,3 \cdot 10^{-3}} = 22413 \text{ ნ}$$

რადიალური დატვირთვა

$$F_{\rho} = \frac{F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{22413 \cdot \operatorname{tg} 20^{\circ}}{\cos 22^{\circ} 01' 42''} = 8778 \text{ ნ}$$

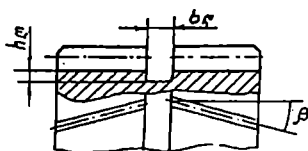
17. საანგარიშო კუმშვის კონტაქტური ძაბვა

$$= 376 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{F_t \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} (u+1)}{u \cdot d_1 \cdot b_2}} =$$

$$= 6 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{22413 \cdot 1,09 \cdot 1,08 (6,3+1)}{6,3 \cdot 86,3 \cdot 10^{-3} \cdot 140 \cdot 10^{-3}}} = 598 \text{ მპა} > \sigma_{HP} = 597 \text{ მპა}$$

გადაძაბვა უმნიშვნელოა, გაანგარიშება მისაღებია

კბილამჭრელი ფრეზის გამოსვლისათვის ღარის
მინიმალური სიგანე h_{Σ} , არაკორეგირებულ
კბილანებისათვის (ზომები მმ-ით)



კბილანის მოდული	კბილანების სისუსტის ხარისხი					
	7			8, 9, 10		
	კბილის დახრის კუთხე β					
	20-დან 25 ⁰ - მდე	25-დან 30 ⁰ - მდე	30-დან 35 ⁰ - მდე	20-დან 25 ⁰ - მდე	25-დან 30 ⁰ - მდე	30-დან 35 ⁰ - მდე
1	28	30	32	20	22	22
1,5	34	36	38	26	28	28
2,0	40	42	45	32	34	36
2,5	45	48	55	36	40	42
3,0	55	55	60	42	45	48
3,5	55	60	65	45	48	50
4,0	65	65	70	50	55	60
4,5	65	70	75	55	55	60
5,0	70	80	80	60	65	65
6,0	85	90	95	70	75	75
7,0	85	95	100	70	75	80
8,0	100	105	110	80	85	90

ღარის სიმაღლე $h_{\Sigma} = 0,3m_n$

18. საანგარიშო ღუნვის ძაბვა

$$\sigma_{F_z} = \frac{0,9Y_{F_z} K_{F\beta} K_{FV} \cdot F_t}{b_2 \cdot m_n} \leq \sigma_{FP_z}$$

Y_{F_z} კბილათელის კბილის ფორმის კოეფიციენტი
შეირჩევა ექვივალენტური კბილთა რიცხვის მიხედვით

$$Z_{V_z} = \frac{Z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{126}{\cos^3 22^\circ 01' 42''} = 158$$

შესაბამისად $Y_{F_z} = 3,6$ ([1] ცხრ.1.11);

დატვირთვის კოეფიციენტები: $K_{F\beta}$ კონცენტრაციის
კოეფიციენტი $K_{F\beta} = 1,14$ ([1], ცხრ.1.9)

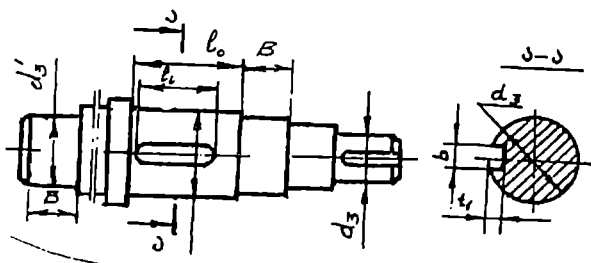
K_{FV} -დინამიკური დატვირთვის კოეფიციენტი $K_{FV} = 1,25$

$$\sigma_{F_z} = \frac{0,9 \cdot 3,6 \cdot 1,14 \cdot 1,25 \cdot 22413}{140 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 185 \text{ მპა} < \sigma_{FP_z} = 250 \text{ მპა}$$

19. ლილვების წინასწარი გაანგარიშება. კბილანა
დასმულია მე-2 ლილვზე, რომლის დიამეტრი $d_2=60$ მმ,
საკისრების დასმის ადგილას $d'_2 = d_2 + 5 = 60 + 5 = 65$
მმ კბილანის დასმის ადგილას
 $d''_2 = d'_2 + 5 = 65 + 5 = 70$ მმ
კბილათელის ლილვის დიამეტრი

$$d_3 \geq 1,063 \sqrt{\frac{T_3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau_{\text{გრ}}]}} = 1,063 \sqrt{\frac{5851 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 35}} = 90 \text{ მმ}$$

მივიღოთ $d_3=90$ მმ საკისრების დასმის ადგილას
(ნახ.2.12) $d'_3 = d_3 + 5 = 90 + 5 = 95$ მმ



ნახ.2.12

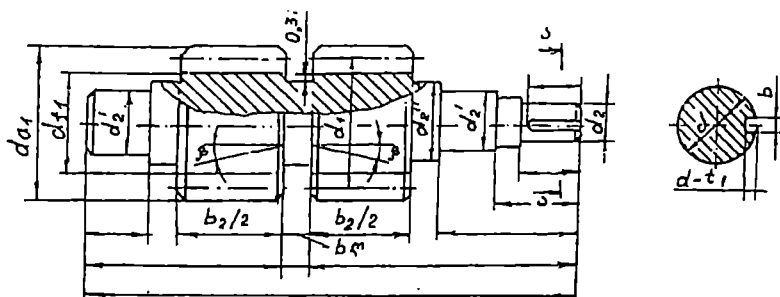
კბილათვალთან შეერთების დიამეტრი

$$d_3'' = d_3' + 5 = 95 + 5 = 100 \text{ მმ}$$

20. კბილანისა და კბილათვლის კონსტრუქციები და მათი ელემენტების გაანგარიშება.

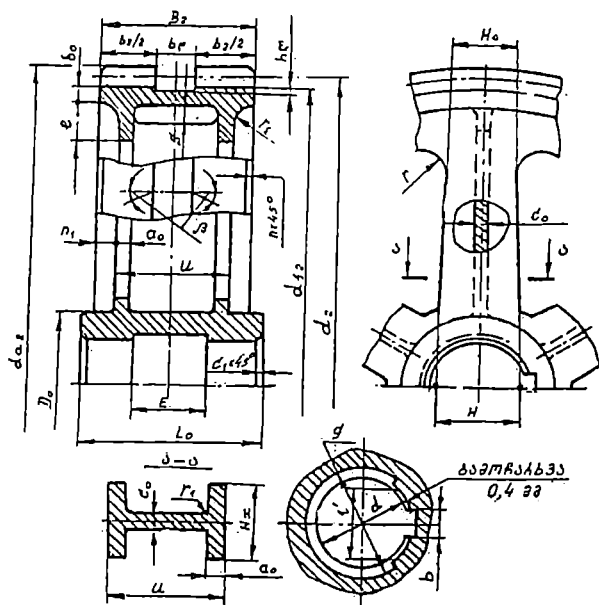
კბილანა რადგანაც მისი დიამეტრი

$d_{f1} = 76,3 < 1,6d_2'' = 1,6 \cdot 70 = 112 \text{ მმ}$, დამზადებული უნდა იყოს ლილვთან ერთად მთლიანობაში ლილვი კბილანას სახით



ნახ. 2.13

კბილათვალი რადგანაც მისი დიამეტრი $d_{a1} = 551,7 > 450$ მმ დამზადებული უნდა იქნას ჩამოსხმით მანებიანი (ნახ.2.14) როცა $d_a \leq 1000$ მმ მაშინ მანების რიცხვი დაიშვება $Z=6$; როცა $d_a < 1800$ მმ მაშინ $Z=8$. ჩვენი შემთხვევისათვის მისაღებია $Z=6$ რადგანაც გვირგვინის სიგანე $100 < b_2 < 190 < 200$ სოლის განივი კვეთი შეირჩევა ორტესებრი



ნახ. 2.14

ნაზოლის კათეტის სიმაღლე $n=0,5m_n=0,5 \cdot 4=2$ მმ.
ფერსოს სისქე $\delta_0=(2,5 \dots 4)m_n=(2,5 \dots 4) \cdot 4=10 \dots 16$ მმ
მივიღოთ $\delta_0=12$ მმ

რიფტის სიმაღლე $l=2 \cdot \delta_0=2 \cdot 12=24$ მმ

მორგეთან სოლის მინიმალური სიგანე

$$H=0,8 \cdot d_3=0,8 \cdot 100=80 \text{ მმ}$$

ფერსოსთან

$$H_0=0,8H=0,8 \cdot 80=64 \text{ მმ.}$$

სოლის სისქე

$$a_0=0,2 \cdot H=0,2 \cdot 80=16 \text{ მმ}$$

სოლის განივი კედლის სისქე

$$C_0=(0,8 \dots 1,0) a_0=(0,8 \dots 1,0) 16=(12,8 \dots 16) \text{ მმ}$$

მივიღოთ $C_0=14$ მმ ფერსოს კიდე რომელიც სოლს არ ეყრდნობა

$$n_1 \leq 0,15B=0,15 \cdot 190 = 28,5 \text{ მმ მივიღოთ } n_1=25 \text{ მმ}$$

საჩამოსხმო ნარჩენი დაბეჭდვის შემცირების მიზნით ფერსოსთან სოლის განივი კედელში კეთდება ღრეწო სიმაღლით $S=0,5\delta_0+10=0,5 \cdot 12+10=16$ მმ

მორგვის ზომები: დიამეტრი $D_0=1,6d_3=1,6 \cdot 100=160$ მმ;

სიგრძე $L_0=(1,2 \dots 2)d_3=(1,2 \dots 2)100=120 \dots 200$ მმ;

მივიღოთ $L_0=200$ მმ

მორგვის შემსუბუქების მიზნით, როცა ლილვის დიამეტრი $d_{\text{ლ}} \geq 100$ მმ და მორგვის სიგრძე $L_0 > d_{\text{ლ}}$ გათვალისწინებულია კონსტრუქცია სიგრძით

$$E = \frac{L_0}{2} - 12 = \frac{200}{2} - 12 = 88 \text{ მმ.}$$

დიამეტრით

$g \geq d_{\text{ლ}} + 16 = 100 + 16 = 116$ მივიღოთ $g=120$ მმ

სასოგმანე ღართან გამოჩარხვის სიღრმე 0,4 მმ

სიგრძე $e'=2,5b_{\text{სოგ.}}=2,5 \cdot 28=70$ მმ

22. კბილმზომი იარაღისათვის საანგარიშო ზომები. საერთო ნორმალის სიგრძე $W=(W_T+W_n)m_n$

პირობითი კბილთა რიცხვები $Z_k = K \cdot Z$ სადაც
ფარდობა $K = \frac{\text{inv}\alpha_1}{\text{inv}\alpha_2}$ – შეირჩევა კბილის დახრის

კუთხის β -ს მიხედვით
([5], ცხრ.13)

როცა $\beta = 22^\circ 01' 42''$ მაშინ $K = 1,2408$.

შესაბამისად

$$Z_{K1} = K \cdot Z_1 = 1,2408 \cdot 20 = 24,816;$$

$$Z_{K2} = K \cdot Z_2 = 1,2408 \cdot 126 = 156,3408;$$

საერთო ნორმალის სიგრძის მდგენელი $W_{T1} = 7,7165$

(Z_1 მთელი რიცხვისათვის $Z_1 = 20$, $\chi = 0$ და $Z_n = 3$)

$$W_{T2} = [\pi(Z_n - 0,5) + Z_T \text{inv}\alpha] \cos \alpha$$

სადაც Z_n და Z_T მიღებულია უახლოესი უმცირესი Z_n
და Z_k მნიშვნელობები.

$$Z_n = \frac{\alpha \cdot \chi \cdot K \cdot Z_k}{180^\circ} + 0,5$$

$$\cos \alpha_{\chi} = \frac{Z_k \cdot \cos \alpha}{Z_k + 2\chi}$$

რადგანაც გადაცემა არაკორეგირებულია $\chi = 0$, ამიტომ
 $\alpha_{\chi} = 20^\circ$. შესაბამისად

$$Z_{n1} = \frac{20^\circ \cdot 24,816}{180^\circ} + 0,5 = 3,3;$$

$$Z_{n1} = 3$$

$$Z_{n2} = \frac{20^\circ \cdot 156,3408}{180^\circ} + 0,5 = 17,87;$$

$$Z_{n2} = 17$$

$$\text{inv}\alpha = \text{inv}20^\circ = 0,014904$$

$$W_{T2} = [3614(17 - 0,5) + 156 \cdot 0,014904] \cos 20^\circ = 50,8703$$

მდგენელი W_{n1} -გაიანგარიშება ემპირიული გამოსახულებით

$$W_{n2} = 0,149(Z_{k_2} - Z_{T_2}) = 0,149(156,3408 - 156) = 0,0508$$

საერთო ნორმალის სიგრძე კბილანისათვის

$$W_1 = (7,7165 + 0,1216) \cdot 4 = 31,352 \text{ მმ};$$

კბილათვალისთვის

$$W_2 = (50,8703 + 0,0508) \cdot 4 = 203,6844 \text{ მმ};$$

შესრულებული უნდა იყოს დამატებითი პირობა

$$W < \frac{b}{\sin \beta_b} \text{ სადაც}$$

$$\sin \beta_b = \sin \beta \cdot \cos \alpha = \sin 22^\circ 01' 42'' \cdot \cos 20^\circ = 0,353$$

b - ერთი მიმართულებით დახრილი კბილის გვირგვინის სიგანეა $b = 0,5 \cdot b_2 = 0,5 \cdot 140 = 70 \text{ მმ}$

$$\frac{70}{0,353} = 198,3; \quad W_2^* = 203,684$$

ბიჯის ზღვრული გადახრა, კბილანისათვის საწყისი წრეხაზის დიამეტრით $d_1 = 86,30 \text{ მმ}$ და ნორმალური მოდულით $m_n = 2 \text{ მმ}$ $f_p t_1 = \pm 12$; კბილათვალისათვის როცა $d_2 = 543,7 \text{ მმ}$ $f_p t_2 = \pm 13 \text{ მიკ}$ ([5], ცხრ.2.6)

დაშვება საერთო ნორმალის სიგრძის რხევაზე V_w ([5], ცხრ.24)

კბილანისათვის $V_{w1} = 30 \text{ მიკ}$

კბილათვალისათვის $V_{w2} = 100 \text{ მიკ}$.

მუდმივი ქორდის სიდიდე $\bar{S}_C=5,548$, სიმაღლე მუდმივ ქორდამდე $\bar{h}_C=2,990$ ([5], ცხრ.11).

დაშვება რადიალურ ცემაზე: კბილანისათვის, $F_{r1}=53$ მკ, კბილათელისათვის $F_{r2}=85$ მკ ([5], ცხრ.24)

დაშვება ტორსულ ცემაზე: $F_r = \frac{F_{r0} \cdot d}{100}$ სადაც

$F_{r0} = \frac{F_\beta}{b}$ F_β - დაშვება კბილის მიმართულების

ცდომილებაზე. F_{r0} - დაშვება ბაზური ტორესის ტორსულ ცემაზე. მე-8 სიზუსტის ხარისხისათვის, როცა გვირგვინის სიგანე $b'_2=190$ მმ $F_{r0}=10$ მიკ ([5],

ცხრ.26) კბილათელისათვის $F_{r0} = 10 \cdot \frac{543,7}{100} = 54,37$

მიკ.

21. სოგმანების შერჩევა შემოწმებითი გაანგარიშება (ნახ.2.8).

კბილათელის ღილვთან შესაერთებლად ვირჩევთ პრიზმატულ სოგმანს I შესრულება სასტ 23360-78 (ნახ.2.8).

როცა $d''_3=100$ მმ. სოგმანის ზომებია $b \times h=28 \times 16$ $t_1=10$ მმ. $t_2=6,4$ მმ; $K=7,1$ მმ ([1] ცხრ.1.6);

სოგმანის სიგრძე $l=l_0=3$. 5 მმ=200-5=195 მმ;

საანგარიშო სიგრძე $l_k=l-b=195-28=167$ მმ

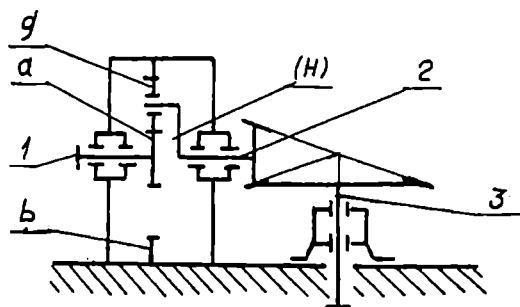
საანგარიში თელვის ძაბვა:

$$\sigma_{\text{თელ}} = \frac{2T_3}{d_3 \cdot l_k K} = \frac{2 \cdot 5851}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 167 \cdot 10^{-3} \cdot 7,1 \cdot 10^{-3}} = 98,7 \text{ მპა} \leq [\sigma]_{\text{თელ}} = 120$$

ნახ.2.15-ზე გამოხატულია შევრონულ კბილებიანი ცილინდრული კბილათელის მუშა ნახაზი

მაგალითი 3

დააპროექტეთ მექანიკური ამბრავე შემდგარი პლანეტარული და ღია კონუსური კბილანური გადაცემებისაგან სქემისა და მონაცემების მიხედვით.



ნახ.3.1

გადასაცემი სიმძლავრე $P_1=21,5$ კვტ, ლილვების კუთხური სიჩქარეები $\omega_1=144$ რ/წმ, $\omega_3=6$ რ/წმ,

განგარიშება

1. დანადგარის მომსახურების ხანგამძლეობა საათობით

$$L_0 = \frac{L_h K_{\text{გ}} t_1 (t_1 + t_2 + t_4)}{t_{\text{გ}}} = \frac{6 \cdot 300 \cdot 14 (0,1 + 0,15 + 0,25)}{2} = 6300 \text{ საათი}$$

ცალკეული დატვირთვების მუშაობის შესაბამისი დრო

$$L_1 = \frac{L_h K_{\text{გ}} t_1}{t_{\text{გ}}} = \frac{6 \cdot 300 \cdot 14 \cdot 0,1}{2} = 1260 \text{ საათი}$$

$$L_2 = \frac{L_1 t_2}{t_1} = \frac{1260 \cdot 0,15}{0,1} = 1890 \text{ საათი}$$

$$L_4 = \frac{L_1 t_4}{t_1} = \frac{1260 \cdot 0,1}{0,1} = 3150 \text{ საათი}$$

2. ამძრავის მუშაობის რეჟიმი (ჩართვის ხანგრძლიობა)

$$\text{ჩ.ხ\%} = \frac{\sum t_i \cdot 100}{t} = \frac{(t_1 + t_2 + t_4) 100}{t_{\text{გ}}} = \frac{(0,1 + 0,15 + 0,25) 100}{2} = 25\%$$

მიღებული მნიშვნელობის მიხედვით ამძრავი მიეკუთვნება საშუალო რეჟიმზე მომუშავე მექანიზმებს.

3. ამძრავის საერთო გადაცემის ფარდობა

$$i_0 = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{144}{6} = 24$$

აღნიშნული პლანეტარული კინემატიკური სქემის რედუქტორებისათვის (პირობითი აღნიშვნა $A_{\text{აზ}}^{\text{ბ}}$) (ნახ.3.2) რაციონალური საორიენტაციო გადაცემის ფარდობა დაიშვება $i_{\text{აზ}}^{\text{ბ}} = 3,9$ [2 გვ.13]. მივიღოთ სასტ 2185-66-ის მიხედვით $u_{\text{რედ.}} = i_{\text{აზ}}^{\text{ბ}} = 6,3$, მაშინ ღია კონუსური გადაცემისათვის ფარდობა განისაზღვრება

$$i_{\text{ღკ}} = \frac{i_0}{i_{\text{რედ.}}} = \frac{24}{6,3} = 3,8$$

4. ამძრავის საერთო მქკ $\eta_0 = \eta_{\text{რედ.}} \cdot \eta_{\text{ღკ}} \cdot \eta_{\text{სრ.საკ.}}$

სადაც $\eta_{რედ.}$ - პლანეტარული რედუქტორის მქკ და განისაზღვრება ფორმულით $\eta_{რედ.} = \eta_{აჰ}^b \cdot \eta_{გ.საკ}^2$ სადაც

$$\eta_{აჰ}^b = 1 - \left(\frac{i_{აჰ}^b - 1}{i_{აჰ}^b} \right) \Psi_{მოდ}^H = 1 - \left(\frac{6,3 - 1}{6,3} \right) 0,04 = 0,97$$

სათანადოდ გვექნება $\eta_{რედ.} = 0,966 \cdot 0,99^2 = 0,95$

ფორმულაში კოეფიციენტი $\Psi_{მოდ}^H$ - ითვალისწინებს დანაკარგებს მოდებაში და საყრდენებში ერთი წყვილი ფარდობით მოძრაობაში მყოფ კბილანებისათვის, რომელიც შეიძლება დაუშვათ მოცემული გადაცემის კინემატიკური სქემისა და კბილანების დამზადების 7-9 სიზუსტის ხარისხისათვის: ზეთიან აბაზანაში მუშაობისას გორვის ხახუნის საკისრებისათვის $\Psi_{მოდ}^H = 0,04$; სრიალის ხახუნის საკისრებისათვის $\Psi_{მოდ}^H = 0,05$; მივიღოთ $\Psi_{მოდ}^H = 0,04$

$\eta_{ღ.კ.}$ - ღია კბილანური გადაცემის მქკ მივიღოთ $\eta_{ღ.კ.} = 0,95$

$\eta_{სრ.საკ.}$ - სრიალის ხახუნის საკისრების მქკ- $\eta_{სრ.საკ.} = 0,98$

შესაბამისად $\eta_0 = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,98 = 0,89$

5. ცალკეული ლილვების კუთხური სიჩქარეები:

$$\omega_1 = 144 \text{ რ/წმ}$$

ბრუნვის სიხშირე

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{რედ.}} = \frac{144}{6,3} = 22,86 \text{ რ/წმ}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{i_{ღ.კ.}} = \frac{22,86}{3,8} = 6,0 \text{ რ/წმ}$$

ბრუნვის სიხშირე

$$n_1 = \frac{30\omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 144}{3,14} = 1376 \text{ ბრ/წთ}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{რედ.}} = \frac{1376}{6,3} = 218,4 \text{ ბრ/წთ}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_{ღ.კ.}} = \frac{218,4}{3,8} = 57,5 \text{ ბრ/წთ}$$

6. ლილვების მაქსიმალური მგრეხავი მომენტები

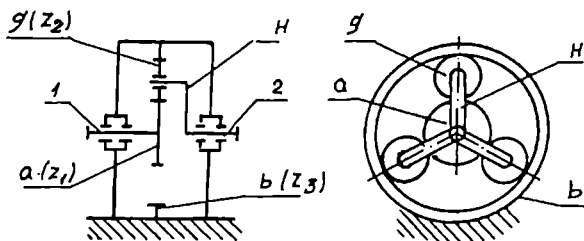
$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 10^3}{\omega_1} = \frac{21,5 \cdot 10^3}{144} = 149,3 \text{ ნმ}$$

$$T_2 = T_1 \cdot i_{\text{რელ.}} \cdot \eta_{\text{რელ.}} = 149,3 \cdot 6,3 \cdot 0,95 = 893,6 \text{ ნმ}$$

$$T_3 = T_2 \cdot i_{\text{დ.კ.}} \cdot \eta_{\text{დ.კ.}} \cdot \eta_{\text{სრ.ხა.კ.}} = 893,6 \cdot 3,8 \cdot 0,95 \cdot 0,98 = 3162 \text{ ნმ}$$

ერთ საფეხურიანი პლანეტარული გადაცემის
გაანგარიშება

საპროექტო მონაცემებია; მზიური კბილანის მამრუნებელი მომენტი $T_{კბ}=T_1=149,3$ ნმ, კუთხური სიჩქარე $\omega_1=144$ რ/წმ, ლილვის ბრუნვის სიხშირე $n_1=1376$ ბრ/წთ, გამომავალი ლილვის მამრუნებელი მომენტი $T_2=893,6$ ნმ, კუთხური სიჩქარე $\omega_2=22,86$ რ/წმ. ლილვის ბრუნვის სიხშირე $n_2=218,4$ ბრ/წთ. გადაცემის ფარდობა $i=6,3$. მომსახურების ხანგამძლეობა $L_0=6300$ საათი გადაცემა რევერსიულია, მუშაობის საშუალო რეჟიმით (ჩ.ხ 25%)



ნახ. 3.2

გაანგარიშება

1. მზიური a კბილანის (ცენტრალური) კბილთა რიცხვი დაიშვება $Z_1 \geq 16$. მივიღოთ $Z_1=20$ (ნახ.3.2)

2. მოდებაში აღძრული ძალების გაწონასწორების პირობიდან გამომდინარე, მივიღოთ სატელიტების რიცხვი $n_w=3$.

3. სატელიტების კბილთა რიცხვი განისაზღვრება ტოლობით

$$Z_2 = 0,5 \cdot Z_1 (i_{\text{BH}}^b - 2) = 0,5 \cdot 20(6,3 - 2) = 43$$

შესრულებული უნდა იყოს სატელიტების სამე-
ზობლო პირობა (რათა არ მოხდეს ერთმანეთთან შეხება)

$$(Z_1 + Z_2) \sin \frac{\pi}{n_w} \geq Z_2 + 2$$

$$(Z_1 + Z_2) \sin \frac{\pi}{2} = (20 + 43) \sin \frac{180^\circ}{3} = 54,6$$

$$Z_2 + 2 = 43 + 2 = 45, \text{ რადგანაც } 54,6 > 45$$

პირობა დაცულია

5. ძირითადი b კბილანის კბილთა რიცხვი Z_3 (ნახ.32)
განისაზღვრება ფორმულით

$$Z_3 = Z_1 + 2Z_2 = 20 + 2 \cdot 43 = 106$$

ჯამური კბილთა რიცხვები

$$Z_{\text{ჯამ}} = Z_1 + Z_2 = 20 + 43 = 63$$

$$Z_{\text{ჯამ}} = Z_3 - Z_2 = 106 - 43 = 63$$

6. კბილის კბილთან მოდების დაწყება შემოწმდება
ფორმულით

$$\frac{Z_1 + Z_3}{n_w} = \frac{20 + 106}{3} = 42$$

მიღებულია მთელი რიცხვი. პირობა დაკმაყოფილებულია

7. ვაზუსტებთ გადაცემის ფარდობას გამოსახულებით

$$i_{\text{BH}}^b = 1 + \frac{Z_3}{Z_1} = 1 + \frac{106}{20} = 6,3$$

8. გადაცემის რიცხვი მზიური კბილანასა და სატე-
ლიტს შორის

$$u_{\text{ag}}^H = u_{1-2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{43}{20} = 2,15$$

9. სატელიტის კუთხური სიჩქარე

$$\omega_g = \omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{1-2}} = \frac{144}{2,15} = 67 \text{ რ/წმ}$$

10. ბრუნვის სიხშირე

$$n_g = n_2 = \frac{n_1}{u_{1-2}} = \frac{1376}{2,15} = 640 \text{ ბრ/წთ}$$

11. სატელიტის ღერძაკუე მოქმედი მგრეხი მომენტი

$$T_{ag}^H = T_{1-2} = T_1 \cdot u_{1-2} \cdot \eta = 148,2 \cdot 2,15 \cdot 0,966 = 310 \text{ მმ}$$

12. მასალების შერჩევა და დასაშვები ძაბვების განსაზღვრა გაბარიტული ზომების შემცირების მიზნით. სასურველია ყველა კბილანისათვის შერჩეული იქნას თერმულად დამუშავებული მაღალი სისაღის მქონე ლეგირებული ფოლადები, კერძოდ ვირჩევთ ფოლადს 40XH, თერმოდამუშავება-მოცულობითი წრთობა. მზიური *a* და ძირითადი *b* კბილანებისათვის კბილის ზედაპირული სისაღე მივიღოთ ტოლი HRC 55 ერთეული, სატელიტისათვის HRC 52 (ცხრ.1.7) (იხ.[1]).

კბილის ზედაპირის დასაშვები კონტაქტური ძაბვა

$$\sigma_{HP} = \sigma_{Hlimb} \frac{K_{HL}}{[\sigma_H]}'$$

სადაც σ_{Hlimb} - ზღვრული ამტანიანობის ზღვარი განისაზღვრება ტოლობით (იხ.[1] ცხრ.1.7)

$$\sigma_{Hlimb} = 18HRC + 150$$

მზიური და ძირითადი კბილანებისათვის

$$\sigma_{Hlimb_1(b_2)} = 18 \cdot 55 + 150 = 1140 \text{ მპა,}$$

სატელიტისათვის

$$\sigma_{Hlimb_2} = 18 \cdot 52 + 150 = 1086 \text{ მპა.}$$

K_{HL} - ხანგამძლეობის კოეფიციენტი შეირჩევა ფარდობა $\frac{N_{HE}}{N_{HO}}$ მიხედვით, სადაც N_{HE} - ექვივალენტური ციკლთა რიცხვია. მზიური კბილანისათვის

$$N_{HE_1} = \frac{573 \cdot \omega_1 \cdot n_w}{T_1^3} \Sigma T_i^3 L_i = (573 \cdot \omega_1 n_w [(1)^3 L_1 + (0,7)^3 L_2 + (0,9)^3 L_4]) = \\ = (573 \cdot 144 \cdot 3) [(1)^3 \cdot 1260 + (0,7)^3 \cdot 1890 + (0,9)^3 \cdot 3150] = 10,4 \cdot 10^8$$

სატელიტისათვის

$$N_{HE_1} = \frac{N_{HE_1}}{u_{1-2}} = \frac{10,4 \cdot 10^8}{2,15} = 4,8 \cdot 10^8$$

ბაზური ციკლთა რიცხვები შეირჩევა კბილის ზედაპირის სისლის მიხედვით. მზიური კბილანის სისალეს HRC50 შეესაბამება HB475, ხოლო სატელიტის სისალეს HRC47-HB450 (ნახ.2.3), რომელთა მიხედვითაც მზიური კბილანისათვის $N_{HO1}=78 \cdot 10^6$; სატელიტისათვის $N_{HO2}=68 \cdot 10^6$ (ცხრ.2.2) სათანადოდ ფარდობები განისაზღვრება

$$\frac{N_{HE_1}}{N_{HO_1}} = \frac{10,4 \cdot 10^8}{78 \cdot 10^6} = 13,3 \quad \text{და} \quad \frac{N_{HE_2}}{N_{HO_2}} = \frac{4,8 \cdot 10^8}{68 \cdot 10^6} = 7$$

რადგანაც ფარდობები >1 , უნდა მივიჩნიოთ, რომ $K_{HL_1} = K_{HL_2} = 1$ (ნახ.2.4).

უსაფრთხოების კოეფიციენტი $[S_H]'$ - დაიშვება კბილანების თ.დ. მიხედვით. მაგალითისათვის $[S_H]'=1,1$ (ცხრ.1.7) დასაშვები კონტაქტური ძაბვები

$$\sigma_{HP_1} = \frac{1140 \cdot 1}{1,1} = 1036 \text{ მპა} \quad \sigma_{HP_2} = \frac{1086}{1,1} = 987 \text{ მპა}$$

ღუნვაზე დასაშვები ძაბვა

$$\sigma'_{FP} = \left(\frac{\sigma_{F \lim b}^0}{[S_F]} \right) K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{Fe} \cdot K_{FL}$$

სადაც $\sigma_{F \lim b}^0$ - ამტანიაანობის ზღვარი ნულოვანი ციკლის შემთხვევაში დაიშვება კბილის ზედაპირის სისალის

მიხედვით მზიური კბილანისათვის როცა HRC55, მაშინ
 $\sigma_{F\text{ limb1}}^0=550$ მპა, ხოლო HRC52 შემთხვევაში
 $\sigma_{F\text{ limb2}}^0=535$ მპა (ცხრ.1.7).

კოეფიციენტები: $K_{F\sigma}$ – ითვალისწინებს ძაბვის ცვლილებას კბილის ზედაპირების მექანიკური დამუშავების მეთოდების მიხედვით. ხეხვის გარეშე დამუშავების შემთხვევაში $K_{F\sigma}=1$; $K_{F\sigma}$ – კბილის სიმტკიცის შემდგომი გაზრდა დეფორმაციის მეთოდით ან ელექტროქიმიური დამუშავების გერშე $K_{F\sigma}=1$; $K_{F\sigma}$ – გადაცემების რევერსიულობის გავლენის კოეფიციენტი, რევერსიულობის შემთხვევაში $K_{F\sigma}=(0,7...0,8)$. მივიღოთ $K_{F\sigma}=0,7$ უსაფრთხოების კოეფიციენტი $[S_F]=[S_F]' \cdot [S_F]''$, სადაც $[S_F]'=1,76$ (ცხრ.1.7); $[S_F]''$ ითვალისწინებს ნამზადის მიღების გზახერხს: ნატედი და ნატევიური ნამზადებისათვის (მზიური კბილანა და სატელიტი) $[S_F]''=1,0$, სხმული ნამზადებისათვის (ძირითადი კბილანა) $[S_F]''=1,3$. შესაბამისად უსაფრთხოების კოეფიციენტები

$$[S_F]' = [S_F]'' = 1,76 \cdot 1,0 = 1,76$$

K_{FL} ხანგამძლეობის კოეფიციენტი, როდესაც კბილის ზედაპირული სისაღე შეადგენს $HB > HB_{350}$ ერთეულს,

$$\text{განისაზღვრება ტოლობით: } K_{FL} = \sqrt{\frac{N_{F0}}{N_{FE}}}$$

სატელიტისა და მზიური კბილანისათვის

$$N_{FE1} = \frac{573 \cdot \omega_1 \cdot n_w}{T_1^9} \Sigma T_i^9 L_i = (573 \cdot 144 \cdot 3) [(1)^9 \cdot 1260 + (0,7)^9 \cdot 1890$$

$$+ (0,9)^9 \cdot 3150] = 6,3 \cdot 10^8$$

სადაც n_w სატელიტები სრიცხვია. ზემოთ მიღებულია $n_w=3$.

N_{F0} – ბაზური ციკლთა რიცხვი ცილინდრული კბილანებისათვის დაიშვება $N_{F0}=4 \cdot 10^6$ ტოლი. როდესაც $N_{FE1} > N_{F0}$, უნდა მივიღოთ $N_{FE1}=N_{F0}$ და სათანადოდ გვექნება $K_{FL}=1$.

შესაბამისად, დასაშვები ძაბვები
კბილანისათვის

$$\sigma'_{FB} = \frac{550 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{1,76} = 219 \text{ მპა}$$

სატელიტისათვის

$$\sigma'_{FB} = \frac{535 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{1,76} = 213 \text{ მპა}$$

13. სატელიტის გვირგვინის სიგანის კოეფიციენტი ψ_{ba} დაიშვება ზრვებში $\psi_{ba}=0,2...0,4$. მივიღოთ $\psi_{ba}=0,315$.
შესაბამისად,

$$\psi_{bd} = 0,5 \cdot \psi_{ba} (u_{1-2} + 1) = 0,5 \cdot 0,315 (2,15 + 1) = 0,5.$$

14. დატვირთვის კოეფიციენტები: K_{HB} - დატვირთვის უთანაბრობის კოეფიციენტი შეირჩევა კბილანების საყრდენების მიმართ განლაგების, სატელიტის სიგანის კოეფიციენტის $\psi_{ba}=0,5$ და კბილის ზედაპირების სისაღის მიხედვით. როცა $HB > 350$ მაშინ ცხრ.2.3-ის მონაცემების მიხედვით $K_{HB}=1,4$.

K_{HV} - დინამიკური დატვირთვის კოეფიციენტი, შეირჩევა წრიული სიჩქარის და კბილანების დამზადების ხარისხის მიხედვით. საორიენტაციო წრიული სიჩქარე ნაანგარიშები უნდა იქნას ემპირიული გამოსახულებით

$$V = \frac{\omega_1^3 \sqrt{\frac{T_1}{u_{1-2} \psi_{ba}}}}{10 C_v}$$

სადაც C_v - კოეფიციენტი შეირჩევა გადაცემის სახეობის (შიგა ან გარე მოდება) და თერმოდამუშავების მიხედვით $C_v=17,5$ (იხ.[2] ცხრ.3.2)

$$V = \frac{144 \sqrt{\frac{236,3}{2,15 \cdot 0,5}}}{10 \cdot 17,5} = 5,0 \text{ მ/წმ}$$

მივიღოთ კბილანების დამზადების სიზუსტის მე-7 ხარისხი, შესაბამისად $K_{HV}=1,16$ (ცხრ.2.4)

15. მზიური კბილანისა და სატელიტების ცენტრებს შორის მანძილი განისაზღვრება ფორმულით

$$a \geq (u_{1-2} + 1)^3 \sqrt{\frac{\left(\frac{315}{\sigma_{HP}}\right)^2 TK_{HP} K_{HV}}{\psi_{ba} \cdot u_{1-2} \cdot n'_w}} \quad \text{მმ.}$$

გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს სუსტი რგოლის მიხედვით, რადგანაც $\sigma_{HP2}=987 < \sigma_{HP1}=1036$ მპა, ამიტომ ცენტრთაშორის მანძილი განსაზღვრული უნდა იქნას სატელიტების პარამეტრების მიხედვით. T_1 მზიურ კბილანზე მოსული მამრუნებელი მომენტი იზომება ნ.მმ-ით n'_w - სატელიტების დაყვანილი რიცხვი. დატვირთვების გადანაწილების უთანაბრობის კოეფიციენტის გათვალისწინება შესაძლებელია სატელიტების დაყვანილი რიცხვის მიხედვით: როცა $n_w=2$ 6 მაშინ $n'_w=1,338$ როცა $n_w=3$ მაშინ $n'_w=2,268$ როცა $n_w=4$ 6 მაშინ $n'_w=3,34$; როცა $n_w=5$ $n'_w=4,52$

შესაბამისად ცენტრთაშორის მანძილი განისაზღვრება

$$a \geq (2,15 + 1)^3 \sqrt{\frac{\left(\frac{315}{987}\right)^2 149,3 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 1,16}{0,315 \cdot 2,15 \cdot 2,26}} = 79,6 \quad \text{მმ}$$

მივიღოთ სასტ 2185-66-ის მიხედვით $a_w = 80$ მმ ([2] ცხრ.3.1, გვ.8).

16. გადაცემის მოდული

$$m = \frac{2a}{Z_{\text{ჯამ.}}} = \frac{2 \cdot 80}{63} = 2,54 \quad \text{მმ}$$

სასტ 9563-60-ის მიხედვით მივიღოთ $m=2,5$ მმ ([1] ცხრ.1.12, გვ.23)

17. მოდების გეომეტრიული პარამეტრები:

გამყოფი წრესაზის დიამეტრები:

მზიური კბილანის

$$d_1 = Z_1 \cdot m = 20 \cdot 2,5 = 50 \text{ მმ},$$

სატელიტის

$$d_2 = Z_2 \cdot m = 43 \cdot 2,5 = 107,5 \text{ მმ},$$

ძირითადი კბილანის

$$d_3 = Z_3 \cdot m = 106 \cdot 2,5 = 265 \text{ მმ}.$$

ფაქტიური ცენტრთა შორის მანძილი: მზიურ კბილანასა და სატელიტს შორის

$$a_{1-2} = \frac{(d_1 + d_2)}{2} = \frac{50 + 107,5}{2} = 78,75 \text{ მმ}.$$

სატელიტსა და ძირითად კბილანას შორის (შიგა მოდებისათვის)

$$a_{2-3} = \frac{(d_3 - d_2)}{2} = \frac{265 - 107,5}{2} = 78,75 \text{ მმ}.$$

რადგანაც $a_{\text{წ}} \neq 80 \neq a = 78,75$ მმ, ამიტომ გადაცემა საჭიროებს შესწორებას, კორეგირებას. ცენტრთაშორის მანძილის გადანაცვლების კოეფიციენტი

$$y = \frac{a_{\text{წ}} - a}{m} = \frac{80 - 78,75}{2,5} = 0,5.$$

პროფილის კუთხე

$$\alpha_w = \arccos \frac{a \cos \alpha_w}{\alpha_w} = \arccos \frac{78,75 \cos 20^\circ}{80} = 22^\circ 20'.$$

განისაზღვრება ფარდობა

$$\frac{1000y}{Z_x} = \frac{1000 \cdot 0,5}{63} = 7,94.$$

მიღებული სიდიდის მიხედვით ნომოგრამიდან (ნახ.3.3) ეპოულობთ ფარდობას

$$\frac{1000\Delta y}{Z_x} = 0,408.$$

საიდანაც განისაზღვრება გადანაცვლების გამათანაბრებელი (უკუპერის) კოეფიციენტი

$$\Delta y = \frac{0,408 \cdot 63}{1000} = 0,0267$$

ჯამური გადანაცვლების კოეფიციენტს უნდა გაუტოლდეს მზიური და ძირითადი კბილანების გადანაცვლების კოეფიციენტების ჯამი, რადგანაც შუალედი რგოლისათვის სატელიტისათვის უნდა მივიღოთ

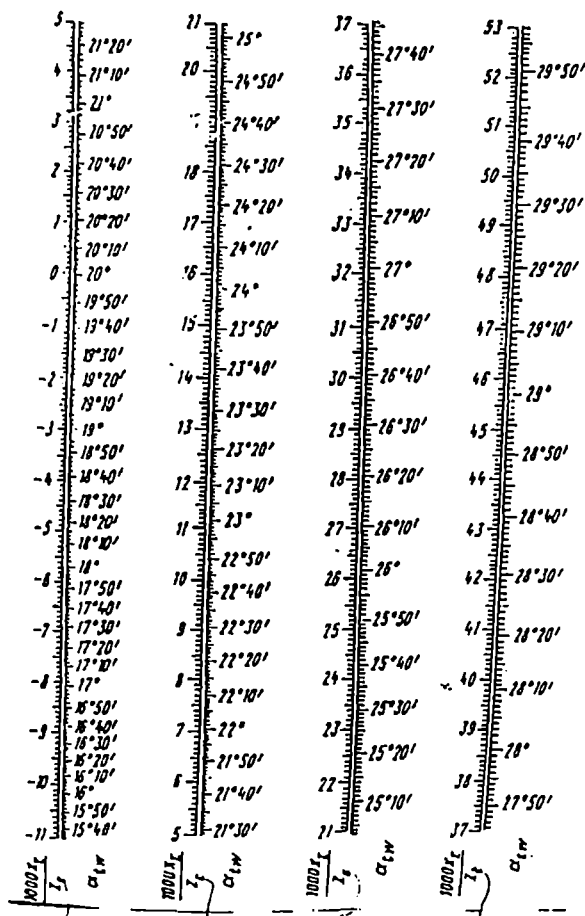
$$\chi_2 = 0$$

$$\parallel \chi_z = \chi_1 = \chi_3 = y + \Delta y = 0,5 + 0,026 = 0,526.$$

(ჯამური გადანაცვლების კოეფიციენტის მნიშვნელობა შეიძლება ასევე ნაპოვნი იქნას ნომოგრამიდან ნახ.3.4 და ნახ.3.5)

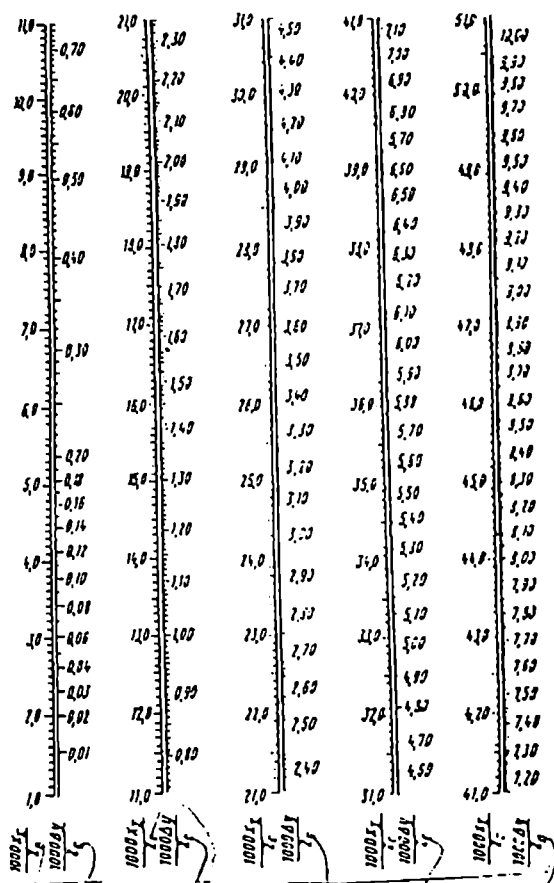
ცილინდრული სწორკბილებიანი შიგა მოდებიანი გადა-
ნაცვლებით წარმოშობილი კონტურით მოჭრილი ცილინ-
დრული კბილანური გადაცემების ძირითადი პარამეტ-
რების განმსაზღვრელი ფორმულები

ცენტრთაშორის მანძილი	$a_w = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2} - Z_\Sigma - \Delta y \right) \cdot m$
კბილანის და კბილათელის კბილის შვერი- ლების წრეხაზის დიამეტრი	$d_{a1} = d_1 + 2(h_a^* + \chi_2 - \Delta y) \cdot m$ $d_{a2} = d_2 + 2(h_a^* - \chi_2 - \Delta y) \cdot m$ სიდიდე d_{a2} უნდა შემოწმდეს კბილანის გადასასვლელი მრუდის გადაკვეთის არარსებობაზე ლარტყული ტიპის მჭრე- ლი იარაღით მოჭრის შემთხვევაში
კბილანის კბი- ლის ღრმულების წრეხაზის დიამეტრი	$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + C^* - \chi_1) \cdot m$, სადაც h_a^* მჭრელი იარაღის კბილის სიმაღლის კოეფიციენტი, ხოლო C^* - რადიალური ღრმის კოეფიციენტი ნორმალური სი- მაღლის კბილის შემთხვევაში $h_a^* = 1$ და $C^* = 0,25$; დადაბლებული კბილის შემთ- ხვევაში $h_a^* = 0,8$ და $C^* = 0,3$ სატეხელათი მოჭრის შემთხვევაში $d_{f1} = 2a_{w01} + d_{a01}; \quad d_{f2} = 2a_{w02} + d_{a02}$
მოდების კუთხე	განისაზღვრება ნახაზიდან 3.3 სიდიდის $\frac{1000\chi_\Sigma}{(Z_2 - Z_1)}$



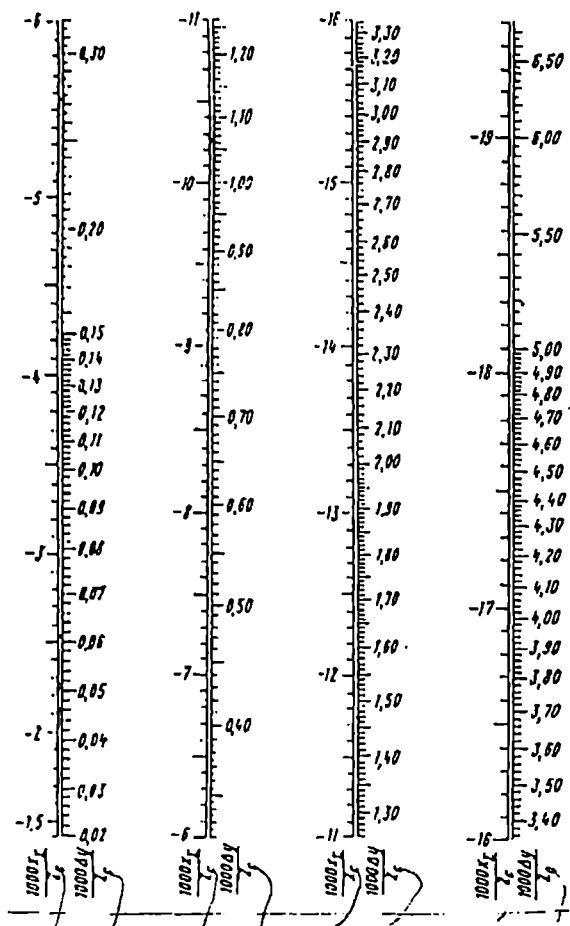
ნახ. 33

პარამეტრების y , Δy If Z_1 ურთიერთდამოკიდებულების განსაზღვრის ნომოგრამა



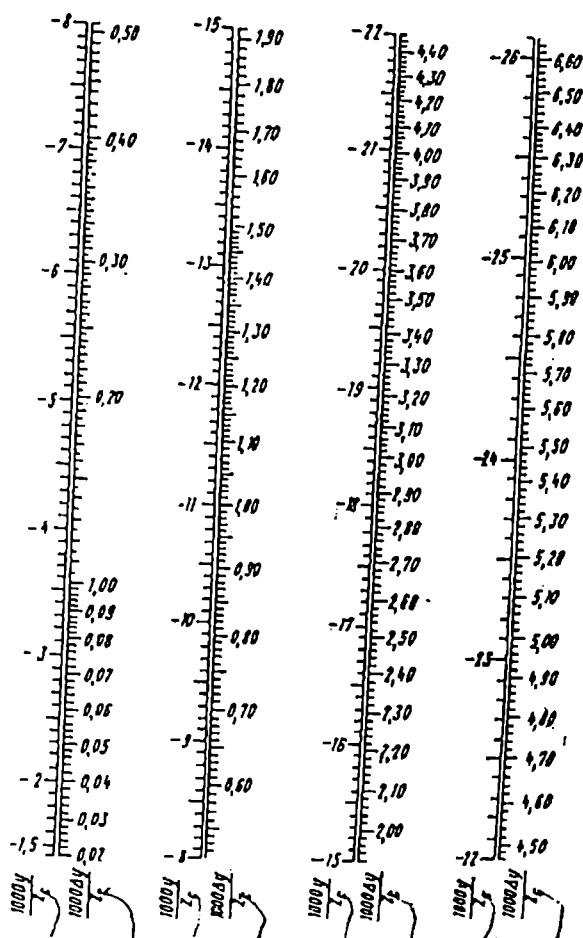
ნახ.3.4

α_w , Z_γ და χ_γ სიდიდეების ურთიერთდამოკიდებულების განსაზღვრის ნომოგრამა



ნახ.3.6

სიდიდეების χ , Z და Δy ურთიერთდამოკიდებულების განსაზღვრის ნომოგრამა



ნახ.3.7

სიდიდეების χ , Z და Δy ურთიერთდამოკიდებულების განსაზღვრის ნომოგრამა

ცენტრთაშორის მანძილი

$$a_w = (0,5Z_{\text{კაზ}} + \chi_z - \Delta y)m = (0,5 \cdot 63 + 0,526 - 0,026)2,5 = 80 \text{ მმ.}$$

საწყისი წრეხაზის დიამეტრები

$$d_{w1} = [Z_1 + 2(\chi_1 - \Delta y)]m = [20 + 2(0,526 - 0,026)] \cdot 2,5 = 52,5 \text{ მმ,}$$

$$d_{w2} = d_2 = 107,5 \text{ მმ,}$$

$$d_{w3} = [Z_3 + 2(\chi_3 - \Delta y)]m = [106 + 2(0,526 - 0,026)] \cdot 2,5 = 267,5 \text{ მმ.}$$

ცენტრთაშორის მანძილი მზიურ კბილანასა და სატელიტს შორის

$$a_{w1-2} = 0,5(d_{w1} + d_{w2}) = 0,5(52,5 + 107,5)2,5 = 80 \text{ მმ.}$$

ცენტრთაშორის მანძილი სატელიტსა და ძირითად კბილანას შორის

$$a_{w2-3} = 0,5(d_{w3} + d_{w2}) = 0,5(267,5 - 107,5)2,5 = 80 \text{ მმ.}$$

შევირღების წრეხაზის დიამეტრები

$$d_a = d + 2(h_a^* + \chi - \Delta y)m,$$

სადაც h_a^* - მჭრელი იარაღის კბილის სიმაღლის კოეფიციენტი

ნორმალური სიმაღლის კბილასათვის დაიშვება $h_a^* = 1,0$,
დადაბლებულ კბილისათვის 0,8.

მივიღოთ $h_a = 1,0$ შესაბამისად გვექნება მზიური კბილანისათვის

$$d_{a1} = 50 + 2(1,0 + 0,526 - 0,026) \cdot 2,5 = 57,5 \text{ mm}$$

სატელიტისათვის

$$d_{a2} = d_2 + 2h^*m = 107,5 + 2 \cdot 2,5 = 57,5 \text{ mm}$$

ძირითად კბილანისათვის

$$d_{a3} = d_3 - 2(h_a^* + \chi_3 - \Delta y)m = 265 - 2(1 + 0,526 - 0,026)2,5 = 257,5 \text{ mm}$$

ღრმულების წრეხაზის დიამეტრები:

მზიური კბილანისათვის

$$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + C^* - \chi_1)m$$

სადაც C^* - რადიალური ღრეჩოს კოეფიციენტი, როცა $h_a^* = 1,0$, მაშინ $C^* = 0,25$; ხოლო $h_a^* = 0,8$ შემთხვევაში მიიღება $C^* = 0,3$.

ჩასმით ვიღებთ:

$$d_{f2} = 50 - 2(1,0 + 0,25 - 0,526)2,5 = 46,38 \text{ mm}$$

სატელიტისათვის

$$d_{f2} = d_2 - 2(h_a^* + C^*)m = 107,5 - 2(1,0 + 0,25)2,5 = 101,25 \text{ mm}$$

ძირითად კბილანისათვის

$$d_{f2} = d_3 + 2(h_a^* + C^* - \chi_3)m = 265 + 2(1,0 + 0,25 - 0,526)2,5 = 268,62 \text{ mm}$$

კბილის სიმაღლე $h_1 = h_3$

$$h_1 = 0,5(d_{a1} - d_{f1}) = \frac{0,5(57,5 - 46,38)}{2} = 5,56 \text{ mm}$$

$$h_3 = 0,5(d_{f3} - d_{a3}) = \frac{0,5(268,62 - 257,5)}{2} = 5,56 \text{ mm}$$

შემოწმდება კბილის სიმაღლე გამოსახულებით

$$h = (2f^* + C^* - \Delta y)m = (2 \cdot 1 + 0,25 - 0,026)2,5 = 5,56 \text{ mm}$$

ძირითადი წრეხაზის დიამეტრები

$$d_{b1} = d_1 \cos \alpha_1 = 50 \cos 20^\circ = 46,99 \text{ mm}$$

$$d_{b_2} = d_2 \cos \alpha_1 = 107,5 \cos 20^\circ = 101,02 \text{ მმ}$$

$$d_{b_3} = d_3 \cos \alpha_1 = 265 \cos 20^\circ = 249,02 \text{ მმ}$$

კბილის შევრილების წრეწირზე კბილის სისქე განისაზღვრება გამოსახულებით

$$S_a = 0,5 \alpha_a \frac{\pi \pm 1,4 \chi}{Z} \pm (\operatorname{inv} \alpha_1 - \operatorname{inv} \alpha_a),$$

სადაც

$$\alpha_a = \arccos \frac{\alpha_b}{d_a}.$$

მზიური კბილანისათვის

$$\alpha_{a_1} = \arccos \frac{46,99}{57,5} = 35^\circ 12',$$

სატელიტისათვის

$$\alpha_{a_2} = \arccos \frac{101,02}{112,5} = 26^\circ 07',$$

ძირითადი კბილანისათვის

$$\alpha_{a_3} = \arccos \frac{249,02}{257,5} = 14^\circ 45'.$$

შესაბამისად $\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{tg} \alpha - \alpha$, რომლის მნიშვნელობაც მოცემულია ცხრ.3.1

$$\operatorname{inv} \alpha_{a_1} = \operatorname{inv} 35^\circ 12' = 0,091067$$

$$\operatorname{inv} \alpha_{a_2} = \operatorname{inv} 26^\circ 07' = 0,034434$$

$$\operatorname{inv} \alpha_{a_3} = \operatorname{inv} 14^\circ 45' = 0,005842$$

$$\operatorname{inv} \alpha_1 = \operatorname{inv} 20^\circ = 0,014904.$$

კბილის სისქის რიცხვითი მნიშვნელობები

$$S_{a_1} = 0,5 \cdot 57,5 \left(\frac{3,14 + 1,4 - 0,526}{20} \right) - 2(0,014904 - 0,091067) = 1,2 \text{ მმ}$$

$$S_{a_2} = 0,5 \cdot 112,5 \left(\frac{3,14}{43} \right) + 2(0,014904 - 0,034434) = 4,07 \text{ მმ}$$

$$S_{a_3} = 0,5 \cdot 257,5 \left(\frac{3,14 - 1,4 \cdot 0,526}{106} \right) - 2(0,014904 - 0,005842) = 2,9 \text{ მმ}$$

კბილის მინიმალური სისქე დაიშვება

$$S_{\text{მინ}} = 0,20m = 0,20 \cdot 2,5 = 0,5 \text{ მმ} < S_{a_1} = 1,2 \text{ მმ},$$

პირობა შესრულებულია.

კბილის სისქე გამყოფ წრეხაზზე

$$S_1 = \frac{\pi m}{2} + 2\chi \text{mtg}\alpha_1 = \frac{3,14 \cdot 2,5}{2} + 2 \cdot 0,526 \text{tg}20^\circ = 4,309 \text{ მმ}$$

$$S_2 = \frac{\pi m}{2} = \frac{3,14 \cdot 2,5}{2} = 3,925 \text{ მმ}$$

კბილის ღრმულის სიგანე გამყოფ წრეწირზე

$$S_{1\text{ღრმ}} = \pi m - S_1 = 3,14 \cdot 2,5 - 4,309 = 3,541 \text{ მმ}$$

$$S_{2\text{ღრმ}} = S_2 = 3,925 \text{ მმ}.$$

კბილის პროფილის კუთხე

$$\alpha_{\text{rw}} = \arccos \frac{mZ_x \cos \alpha_1}{2a_w} = \arccos \frac{2,5 \cdot 63 \cdot \cos 20^\circ}{2 \cdot 80} = 22^\circ 20'$$

გადახურვის კოეფიციენტი

$$\xi = \frac{\sqrt{d_{a_1}^2 - d_{b_1}^2} \pm \sqrt{d_{a_2}^2 - d_{b_2}^2} \mp 2a_w \sin \alpha_{\text{rw}}}{\pi \cdot m \cdot \cos \alpha_1}$$

მზიურ კბილანასა და სატელიტს შორის

$$\xi = \frac{\sqrt{(57,5)^2 - (46,99)^2} + \sqrt{(112,5)^2 - (101,02)^2} - 2 \cdot 80 \sin 22^\circ 20'}{3,14 \cdot 2,5 \cdot \cos 20^\circ} = 2,96$$

სატელიტსა და მზიურ კბილანას შორის, შიგა მოდების გადაცემებისათვის გადახურვის კოეფიციენტი შედარებით დიდია, ვიდრე გარე მოდებისათვის, ამის გამო მის მნიშვნელობას აღარ ეპოულობთ.

სატელიტის გვირგვინის სიგანე $b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w = 0,315 \cdot 80 = 25,2$. მივიღოთ $b_2 = 25$ მმ.

მზიური და ძირითადი კბილანების გვირგვინის სიგანე დაიშვება $b_1 = b_3 \approx 1,12 \cdot b_2 = 1,12 \cdot 25 = 28$ მმ

18. გვირგვინის სიგანის კოეფიციენტის ფაქტიური მნიშვნელობა

$$\psi_{bd} = \frac{b_2}{d_1} = \frac{25}{50} = 0,5$$

19. წრიული სიჩქარე

$$V = 0,5 \cdot \alpha_{w_1} \cdot \omega_1 = 0,5 \cdot 52,5 \cdot 10^{-3} \cdot 144 = 3,6 \text{ მ/წმ}$$

მზიური კბილანისა და სატელიტის სიჩქარე ფარდობითი მოძრაობისას

$$V_1^H = 0,5 \cdot d_{w_1} \cdot \omega_1^H,$$

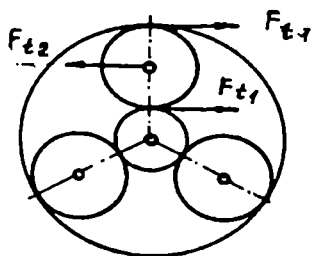
სადაც

$$\omega_1^H = \omega_1 - \omega^H = \omega_1 - \frac{\omega_1}{i_{1H}^b} = 144 - \frac{144}{6,3} = 121,1 \text{ რ/წმ},$$

$$V_1^H = 0,5 \cdot 52,5 \cdot 10^{-3} \cdot 121,1 = 3,2 \text{ მ/წმ}$$

აღნიშნული სიჩქარის შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ კბილანების დამუშავების 7 სიზუსტის ხარისხი.

20. გადაცემაში მოქმედი ძალები



ნახ.3.8

$$\text{წრიული ძალა} \quad F_{t_i} = F_{r_i} = \frac{2T_1 \cdot K_i}{d_{w_i} \cdot n_w}$$

სადაც K_c - კოეფიციენტი ითვალისწინებს დატვირთვების არათანაბარ განაწილებას სატელიტებს შორის. კბილების დამზადების მე-7 ხარისხის, სატელიტების რიცხვის $n_w=3$ და ცენტრალური (მზიური) კბილანის ხისტ საყრდენების განლაგების შემთხვევაში

$K_c=1,35 \dots 1,5$, ცენტრალური კბილანის მოცურავე საყრდენების პირობებში დაიშვება $K_c=1,1 \dots 1,15$ (ცენტრალური ძალები გაანგარიშებაში მხედველობაში არ არის მიღებული) მივიღოთ $K_c=1,35$. შესაბამისად, გვექნება

$$F_{t_i} = F_{r_i} = \frac{2 \cdot 149,3 \cdot 1,35}{52,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3} = 2560 \text{ ნ.}$$

სატელიტის ღერძზე მოსული დატვირთვა

$$F_{\text{მ}} = -2F_{t_i} = -2 \cdot 4250 = -8500 \text{ ნ.}$$

21. საანგარიში კონტაქტური ძაბვა

$$\sigma_H = \frac{315(u+1)}{a} \sqrt{\frac{(u_{1-2}+1) \cdot T_1 \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\gamma}}{b n'_w u}} \quad \text{ნ/მმ}^2.$$

სადაც u - საანგარიში კბილნებისათვის გადაცემის რიცხვია, T_1 - მზიური კბილანის მაბრუნებელი მომენტი ნ.მმ, $K_{H\beta}$ - დატვირთვის უთანაბრობის კოეფიციენტის ფაქტიური მნიშვნელობა, იგივეა, რაც წინასწარი $K_{H\beta}=1,4$, რადგანაც $\psi_{\text{მ}}$ ფაქტიური ტოლია $\psi_{\text{მ}}=0,5$ და $HB>350$ (ცხრ.2.3); $K_{H\gamma}$ - დინამიკური დატვირთვის კოეფიციენტის რიცხვითი სიდიდე შეირჩევა ფაქტიური წრიული სირქარის

მიხედვით. როცა $v=3,6$ მ/წმ, მაშინ $K_{Hv}=1,12$ (მიღებულია ინტერპოლაციით, ცხრ.2.4)

$$\sigma_H = \frac{315(2,15+1)}{80} \sqrt{\frac{(2,15+1) \cdot 149,3 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 1,12}{25 \cdot 2,26 \cdot 2,15}} = 966 \text{ ნ/მმ}^2 < \sigma_{HP_1} = 987 \text{ მპა}$$

დაუძაბველობა შეადგენს

$$\frac{(987-966)100}{987} = 2\%$$

22. საანგარიშო ღუნვის ძაბვა

$$\sigma_{F_1} = \frac{y_{F_1} \cdot F_{I_1} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV}}{n'_w \cdot b \cdot m}$$

K_{FV} - დინამიკური დატვირთვის კოეფიციენტი $K_{FV}=1,25$ (ცხრ.1.10)

სადაც y_{F_1} - კბილის ფორმის კოეფიციენტი შეირჩევა მზიური კბილანის კბილთა რიცხვის და კორექციის კოეფიციენტის მიხედვით როცა $Z_1=20$ და $\chi_1=0,526$, მაშინ $y_F=3,36$ (ცხრ.3.9 მიღებულია ინტერპოლაციით).

$K_{H\beta}$ - დატვირთვის უთანაბრობის კოეფიციენტი $K_{H\beta}=1,56$. (ცხრ.1.9 მიღებულია ინტერპოლაციით).

$$\sigma_{F_1} = \frac{3,36 \cdot 2560 \cdot 1,56 \cdot 1,25}{2,26 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = 119 \text{ მპა} < \sigma_{FP_1} = 219 \text{ მპა}$$

დაუძაბველობის მაღალი მნიშვნელობა არ მიიღება მხედველობაში, რადგანაც გაანგარიშება ჩატარებულია კონტაქტური ძაბვების მიხედვით.

23. კბილმზომი იარაღისათვის საკონტროლო ზომების განსაზღვრა. საერთო ნორმალის სიგრძე $W=W' \cdot m$, სადაც W' - საერთო ნორმალის სიგრძეა, როცა $m=1$ მმ. მზიური

კბილანისათვის როცა $Z=20$ $\chi=0,526$ მმ, მაშინ $W_1=7,6604$ და $Z_n=3$ $W_1=7,6604 \cdot 2,5=19,151$ მმ (გვ.253, ცხრ.14)

სატელიტისათვის $Z_2=43$ If $\chi=0$

$$W_1=13,8868 \quad Z_n=5$$

$$W_2=13,8868 \cdot 2,5=34,717 \text{ vv7}$$

ძირითადი კბილანისთვის

$$Z_3=106 \text{ If } \chi=+0,526 \text{ vv}$$

$$W_1=35,4341 \text{ vv} \quad Z_n=13$$

$$W_3=35,4341 \cdot 2,5=88,5825 \text{ vv7}$$

მუდმივი ქორდა: მზიური კბილანისთვის

$$\overline{S}_e = \overline{S}_e^* \cdot m_n \quad \text{სადაც } \overline{S}_e^* = \frac{\pi}{2} \cos^2 \alpha + \chi \sin 2\alpha$$

$$\overline{S}_e^* = 1,7277 \text{ მმ}$$

(ცხრ.11. გვ.251)

შესაბამისად $\overline{S}_e = 1,7277 \cdot 2,5 = 4,3193$ მმ

სატელიტისათვის $\chi=0$, $\overline{S}_e = 2,468$ მმ.

ძირითადი კბილანისათვის $\overline{S}_e = 4,3193$ მმ

სიმაღლე მუდმივ ქორდამდე: მზიური კბილანისათვის $\overline{h}_e = h_a^* \cdot m_n = 0,3144 \cdot 2,5 = 0,786$ მმ (ცხრ.11, გვ.251)

სატელიტისათვის $\chi=0$.

ძირითადი კბილანისათვის $h_a^* = 0,3144$ მმ If $\overline{h}_e = 0,786$ მმ.

სატელიტისათვის $F_{p1}=50$ მკ.

დაშვება გვირგვინის ტორსულ ცემაზე

დაშვება გვირგვინის რადიალურ ცემაზე F_{p1} საპროექტო მონაცემების მიხედვით, მზიური კბილანისათვის მკ,

$$F_{\sigma} = \frac{F_{\tau_0} \cdot d_b}{100},$$

სადაც F_{τ_0} - დაშვება ტორსის ბაზურ ტორსულ ცემაზე - შეირჩევა კბილების კონტაქტის ნორმების ხარისხის და გვირგვინის სიგანის მიხედვით [2, გვ.879]. მივიღოთ კონტაქტის მე-8 ხარისხი; მზიური კბილანის გვირგვინის სიგანე $b_2=28$ მმ, $F_{\tau_0}=40$ მკ. იგივე მნიშვნელობაა სატელიტისათვის შესაბამისად

$$F_{\sigma_1} = \frac{40 \cdot 50}{100} = 20 \text{ მკ} \quad F_{\sigma_2} = \frac{40 \cdot 107,5}{100} = 43 \text{ მკ}$$

ბიჯის ზღვრული გადახრები მზიური კბილანისათვის $f_{p_1} = \pm 15$ მკ, სატელიტისათვის $f_{p_2} = \pm 16$ მკ.

დაშვება საერთო ნორმალის სიგრძის რხევაზე მზიური კბილანისათვის $V_{w_1} = 15$ მკ, სატელიტისათვის $V_{w_2} = 24$ მკ, ძირითადი კბილანისათვის $V_w = 36$ მკ

24. ლილვების საორიენტაციო გაანგარიშება

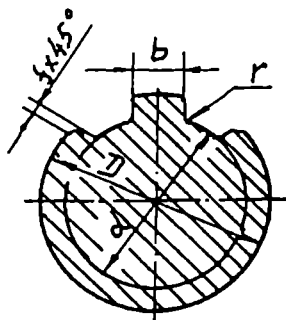
წამყვანი ლილვის დიამეტრი

$$d_1 = 1,063 \sqrt{\frac{T_1 \cdot 10^3}{0,2[\tau_{\gamma\theta}]}} = 1,063 \sqrt{\frac{149,3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 30 \text{ მმ}.$$

საკისრის დასმის ადგილას $d_1' = 40$ მმ

მეორე ლილვის დიამეტრი

$$d_2 = 1,063 \sqrt{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0,2[\tau_{\gamma\theta}]}} = 1,063 \sqrt{\frac{893,6 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 35}} = 50 \text{ მმ}$$



ნახ.3.9

მატარის დასმის ადგილას

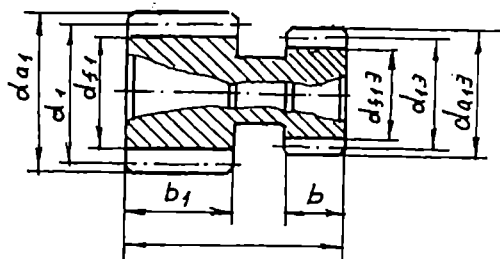
$$d_1'' = 50 + 10 = 60 \text{ მმ}$$

ლილვის კიდურა ზედაპირს, რომლითაც უერთდება ამპრაის მბრუნავ ნაწილს

(საღვედე ბორბალია, ნახევარქურო და ა.შ) (ნახ.3.11) ვირჩევთ კბილა შეერთებიანს მართკუთხა პროფილით, საშუალო სერიიდან შესრულება გ (ცხრ.3.2 გვ.172 სწორფერდა კბილა შეერთება) ნახ.8.9 ზომებით $d=28$ მმ; $D=34$ მმ; $B=7$ მმ; კბილთა რიცხვი $Z=6$; $f=0,4$; $r=0,3$ მმ

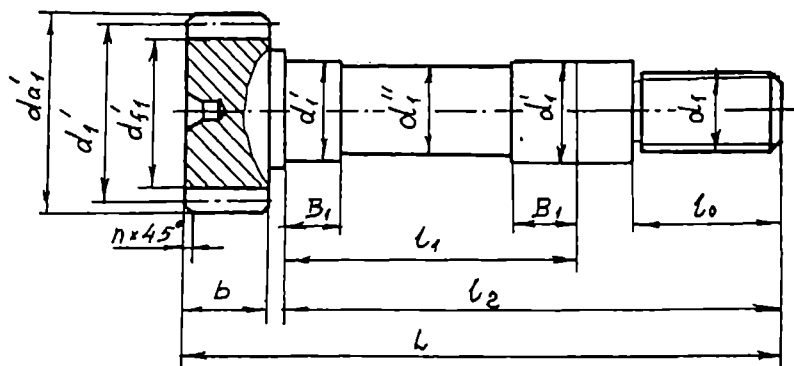
ღერძი შემოწმებული უნდა იქნას ღუნვის დეფორმაციაზე.

სატელიტის ღერძის დიამეტრი მივიღოთ ტოლი $d=30$ მმ. მზიური კბილანა, რადგანაც მისი დიამეტრი $d_1'=40$ მმ სასურველია დამზადებული იქნას ლილვთან ერთად. კონსტრუქციის შერჩევა დამოკიდებულია საკისრების სახეზე და გადაცემის აწყობის სქემაზე. როცა გადაცემა აწყობილია კბილანა ქუროს საშუალებით (ნახ.3.10)



ნახ.3.10

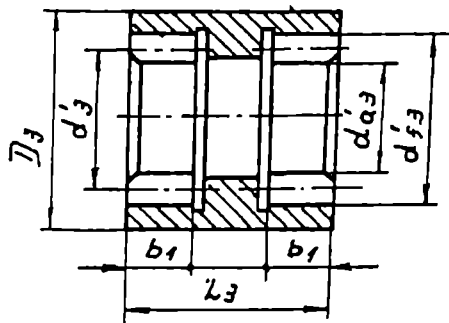
სასურველია დამზადებული იქნას კონსოლური კონსტრუქციის ლილვი-კბილანა ვარიანტი I (ნახ.3.11) მივიღოთ ყელის დიამეტრი $d_1' = d_1 - (2 \dots 3)$ $v = 40 - 2 = 38$ მმ



ნახ.3.11

ბ კბილანის სიგანე დაიშვება მილისა კბილანა ქუროს შიგა მოდების კბილის სიგრძის b_1 -ის ტოლი (ნახ.3.12) ლილვის სიგრძე და ზედაპირების საფეხურის სიგრძეები დაიშვება კონსტრუქციულად: B_1 იღება საკისრის სიგანის მიხედვით; დრეკადი გამათანაბრებელი ქუროს ნახევარ-

ქუროს სიგრძის მიხედვით, ხოლო მილისა შიგა მოდებიანი კბილანა ქუროს (ნახ.3.12) მოდების გეომეტრიული პარამეტრები განისაზღვრება მზიური კბილანის მოდების პარამეტრების მიხედვით. კორეგირების გარეშე მივიღოთ კბილთა რიცხვი $Z=Z_1=20$, მოდული $m=2,5$ მმ.



ნახ.3.12

საწყისის წრეხაზის დიამეტრი

$$d_f = Z_1 \cdot m = 20 \cdot 2,5 = 50 \text{ მმ.}$$

შეერილების წრეხაზის დიამეტრები

$$d_{af} = d_f - 2h_a = 50 - 2 \cdot 2,5 = 45 \text{ მმ.}$$

კბილის ზომები: თავის სიმაღლე

$$h_a = h^* m = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ მმ.}$$

ძირის სიმაღლე

$$h_f = (h^* + c^*) m = (1 + 0,25) 2,5 = 3,125 \text{ მმ.}$$

ღრმულების წრეხაზის დიამეტრი

$$d_{f3} = d_3 + 2h_f = 50 + 2 \cdot 3,125 = 56,25 \text{ მმ.}$$

ცენტრალური კბილანის ზომებია (ნახ.3.11)

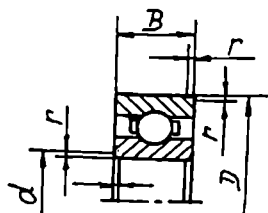
$$d_1 = Z_1 \cdot m = 20 \cdot 2,5 = 50 \text{ მმ}$$

კბილანის გვირგვინის სიგანე დაიშვება სატელიტის გვირგვინის სიგანის მიხედვით (ნახ.3.15)

მივიღოთ $b=b_{\text{cm}}=42$ მმ.

ლილვის ძრავის ლილვთან შესაერთებლად ვირჩევთ პრიზმატიული სოგმანით შეერთებას. ნახევარქუროს სიგრძე $i=26$ მმ, ლილვის დიამეტრი $d=26$ მმ, სოგმანის ზომებით $b \times h=8 \times 7$; $t_1=4$ მმ, $t_2=3,3$ მმ; სიგრძით $i_1=22$ მმ სასტ 23360-78.

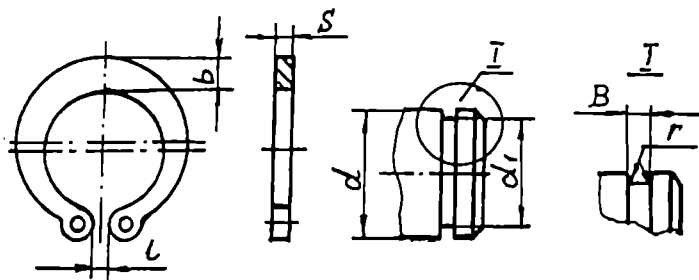
ლილვის საყრდენებად შეიძლება გამოყენებული იყოს როგორც გორვის ხახუნის, ასევე სრიალის ხახუნიანი საკისარი. სატაცის დიამეტრის მიხედვით ვირჩევთ რადიალურ ბურთულა საკისრებს ყელისათვის $d_1=40$ მმ საშუალო სერიას სასტ 8338-75 საკისრის 308 (ნახ.3.15) ზომებით $d=40$ მმ, $D=90$ მმ, $B=23$ მმ, $r=2,5$ მმ ტვირთამწეობა:



ნახ.3.15

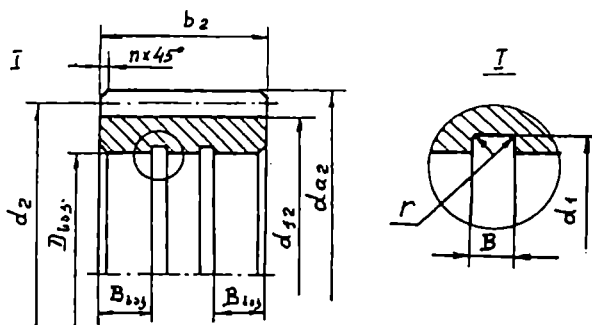
დინამიკური $C=41,0$ კნ სტატიკური $C_0=22,4$. ბოლოვანა საკისრად ვირჩევთ №306 საკისარს ზომებით: $d=30$ მმ, $D=72$ მმ, $B=19$ მმ, $r=2$ მმ, $C=21,1$ კნ, $C_0=18,0$ კნ სატელიტებისათვის ღერზის დიამეტრის მიხედვით ვირჩევთ ორ-ორ ცალ ზემსუბუქი სერიის ბურთულა საკისარს

№206 ზომებით $d=30$ მმ, $D=62$ მმ, $B=16$ მმ, $\rho=1,5$ მმ ტვირთამწეობა: დინამიკური $C=19,5$ კნ სტატიკური $C_0=10,8$ კნ. საკისრების ლილვზე დასაფიქსირებლად ვირჩევთ გარე მოზამბარე საბრჯენ ბრტყელ ექსცენტრიულ რგოლებს და ლილვზე მათ შესაბამის ღარის ზომებს (ნახ.3.16) სასტ 13942-68



ნახ.3.16

ლილვის დიამეტრისათვის $d=40$ მმ რგოლის ზომები: $S=1,7$ მმ, $b=5,5$ მმ, $i=6$ მმ, ღარის ზომები: $d_1=37,5$ მმ, $B=1,9$ მმ, $\rho_{\text{ფმც}}=0,2$, $h=3,8$ მმ დასაშვები ღერძული დატვირთვით $F_a=38$ კნ; ლილვის დიამეტრისათვის $d=30$ მმ, $S=1,2$ მმ, $b=4,4$ მმ, $i=3$ მმ, ღარის ზომები: $d_1=28,5$, $B=1,4$, $h=2,3$, $\rho_{\text{ფმც}}=0,1$. დასაშვები ღერძული დატვირთვით $F_a=17$ კნ;



ნახ.3.17

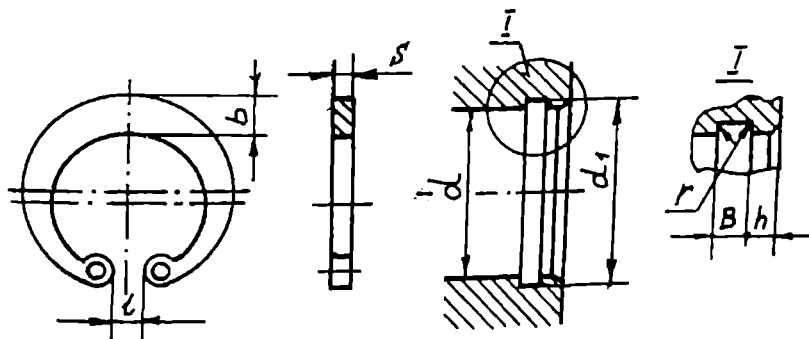
ლილვის ბოლოვანას სიგრძე დაიშვება საკისრის სიგანის და საბრჯენი რგოლის სიგანეების მიხედვით

$$l_2 = B_{\text{საკ}} + B_{\text{ლარ}} + h = 13 + 1,4 + 2,3 = 17 \text{ მმ.}$$

სატელიტი ბადროს მსგავსი შეირჩევა (ნახ.3.17)

სატელიტის ღერძის საყრდენებად ვირჩევთ საგანგებო მსუბუქი სერიიდან საკისარის 106 ზომებით: $d=30$ მმ, $D=55$ მმ, $B=13$ მმ, $r=1,5$ მმ, ტვირთამწეობა $C=13,3$ კნ, $C_0=6,8$ კნ.

საკისრების დასაფიქსირებლად ვირჩევთ შიგა მოზამბარე საბრჯენ ბრტყელ ექსცენტრულ რგოლებს (ნახ.3.18) და მათ შესაბამის ღარებს სასტ 13943-68 კორ-



ნახ.3.18

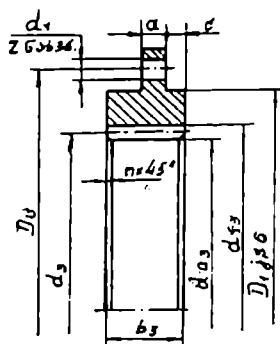
პუსში ნახერეტის დიამეტრი $D=55$ მმ, ღარის დიამეტრი $d_1=58,0$ მმ, $b=5,18$ მმ, $B=1,9$ მმ, $i=16$ მმ, $\rho_{\text{უღუდესი}}=\rho_{\text{პაკ}}=0,2$ მმ, $h_{\text{უღუდესი}}=4,5$ მმ, დასაშვები ღერძული ძალა $F_a=62,91$ კნ. სატელიტის სიგანე B_2 - განისაზღვრება საკისრის სიგანის B_1 და რგოლების ღარის სიგანის B -ს მიხედვით:

$$B_2=2B_{\text{საკ}}+2B+2h=2\cdot 13+2\cdot 1,9+2\cdot 4,5=39 \text{ მმ;}$$

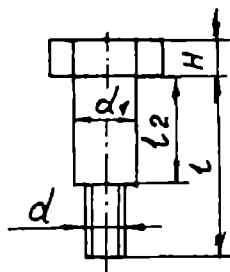
მივიღოთ $B_2=42$ მმ.

შესაბამისად კბილანების გვირგვინების სიგანე მიიღება B_2 -ის ტოლი $b_1=b_2=42$ მმ.

ცენტრალური შიგა მოდებით კბილანა (ნახ.3.18) ჩაიწნიხება კორპუსში. D_1 დიამეტრით დაცენტრების მიზნით შეერთება შესრულდება ჩასმა χSG -ით. კბილაგვირგვინის შეერთება კორპუსთან წარმოებს 8 ცალი მაღალი სიზუსტის დადაბლებულთავეიანი სუფთა ჭანჭიკებით, დიამეტრი $d=10$ მმ, წვრილი ხრახნკუთხვილიანი ბიჯით $P=1,25$ მმ, სიგრძით $l=35$ მმ, $l_2=17$ მმ.



ნახ.3.19



ნახ.3.20

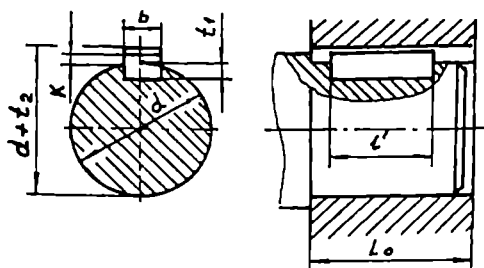
დაუშვათ დისკოს სისქე $(0,50... 0,35)b_3=(0,30...0,35)42=12,6...14,7$ მმ. მივიღოთ $a_0=15$ მმ. კორპუსთან შეუღლებული ზედაპირის სიგანე $C=5$ მმ.

ძრავის ლილვის ცენტრალური კბილანის ლილვთან შესაერთებლად ლილვის დიამეტრის $d=28$ მმ მიხედვით ვირჩევთ დრეკად მილისათითებიან ქუროს II შესრულებით, რომლის ნეხევარქუროს სიგრძე $l_1=44$ მმ, შესაბამისად, ლილვის სიგრძეც მიიღება $L_1=44$ მმ-ის ტოლი.

25. სოგმანების შერჩევა შემოწმებითი გაანგარიშება.

წამყვანი ლილვის ქუროსთან შესაერთებლად ვირჩევთ პრიზმატულ სოგმანს $8 \times 7 \times 22$ სასტ 23360-78 ზომებით $b=8$ მმ, $h=7$ მმ

სიგრძე $l=42$ მმ, $t_1=4$ მმ,
 $t_2=3,3$ მმ, $K=3,0$ მმ.



მეორე ლილვისათვის $d=60$ მმ მატართან შესაერთებლად ვირჩევთ სოგმანს მეორე შესრულებისას 2-18x11 სიგრძით $l=100$ მმ, ზომებით $b=18$ მმ, $h=11$ მმ, $t_1=7,0$ მმ, $t_2=4,4$ მმ, $K=4,8$ მმ

ნახ.3.21

კონუსური კბილანის ლილვთან $d=50$ მმ შესაერთებლად სოგმანს 16×10 სიგრძით $l=80$ მმ ზომებით $t_1=5,5$ მმ, $t_2=3,8$ მმ, $K=4,0$ მმ.

წამყვანი ლილვის სოგმანისთვის თელვის ძაბვა

$$\sigma_{\text{თელ}_1} = \frac{2T_1}{d_{e1} K} = \frac{2 \cdot 149,3}{28 \cdot 10^{-3} \cdot 42 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 85 \text{ მპა} < [\sigma_{\text{თელ}}] = 120 \text{ მპა},$$

მეორე ლილვის: მატართან შეერთება

$$\sigma_{\text{თელ}_2} = \frac{2T_2}{d_{e2} K} = \frac{2 \cdot 893,6}{60 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 4,8 \cdot 10^{-3}} = 75 \text{ მპა} < [\sigma_{\text{თელ}}] = 120 \text{ მპა},$$

კონუსურ კბილანასთან შეერთება

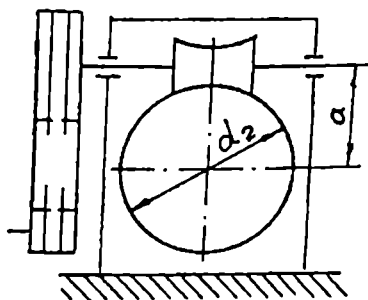
$$\sigma_{\text{თელ}_3} = \frac{2T_2}{d_{e3} K} = \frac{2 \cdot 893,6}{50 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 4,0} = 112 \text{ მპა} < [\sigma_{\text{თელ}}] = 120 \text{ მპა}.$$

ნახ.3.22 გამოხაზულია ცენტრალური კბილანა-ლილვის შესრულების პირველი ვარიანტის მუშა ნახაზი, ხოლო ნახ.3.23 იგივე კბილანა-ლილვის მეორე ვარიანტის მუშა

ნახაზი; ნახ.3.24 გამოხაზულია მუშა ნახაზის შესრულების ნიმუში; ნახ.3.25 გამოხაზულია სატელიტის მუშა ნახაზის შესრულების ნიმუში. ნახ.3.25 გამოხაზულია ძირითადი (ხისტი) კბილანის მუშა ნახაზი.

ღია კბილანური გადაცემის გაანგარიშება იდენტურია 3 მაგალითში ([2] გვ.3) განხილული მეთოდისა.

დააპროექტეთ სოლისებრ ღვედური და გლობოიდური ჭიახრახნული გადაცემებისაგან შემდგარი მექანიკური ამძრავი მოყვანილი სქემისა და მონაცემების მიხედვით.



ნახ. 4.1

გადასაცემი სიმძლავრე $P_1=10$ კვტ. ლილვების კუთხური სიჩქარეები $\omega_1=160$ რ/წმ, $\omega_3=1,6$ რ/წმ

1. ამძრავის საერთო გადაცემის რიცხვი

$$u_0 = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{160}{1,6} = 100$$

დახურულ ჭიახრახნული გლობოიდური გადაცემისათვის მივიღოთ გადაცემის რიცხვი სტანდარტული სასტ 9369-77 ([5], ცხრ.110) $u_{2-3} = 40$

ღვედური გადაცემისათვის გადაცემის რიცხვი

$$u_{1-2} = \frac{u_0}{u_{2-3}} = \frac{100}{40} = 2,5$$

2. ამძრავის საერთო მქკ

$$\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2 = 0,96 \cdot 0,8 \cdot 0,99^2 = 0,75$$

$\eta_1=0,96$ – ღვედური გადაცემის მქკ-ია;

$\eta_2=0,80$ – ჭიახრახნული გადაცემას მქკ-ია დაიშვება ხრახნის სელათა რიცხვის მიხედვით;

$\eta_3=0,99$ – გორვის საკისრების მქკ.

რადგანაც $u_{2-3} = 40$ უნდა მივიღოთ რომ $Z_1=1$
შესაბამისად

$$Z_2 = u_{2-3} \quad Z_1 = 40 \cdot 1 = 40$$

3. ცალკეული ლილვების კუთხური სიჩქარეები

$$\omega_1=160 \text{ რ/წმ};$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{1-2}} = \frac{160}{2,5} = 64 \text{ რ/წმ};$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{2-3}} = \frac{64}{40} = 1,6 \text{ რ/წმ}$$

4. მაქსიმალური მგრეხავი მომენტები

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 10^3}{\omega_1} = \frac{10 \cdot 10^3}{160} = 62,5 \text{ მმ};$$

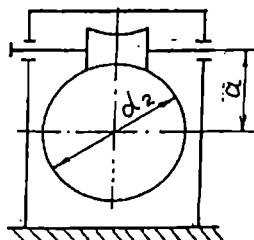
$$T_2 = T_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_3 \cdot u_{1-2} = 62,5 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 148,5 \text{ მმ};$$

$$T_3 = T_2 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot u_{2-3} = 148,5 \cdot 0,8 \cdot 0,99 \cdot 40 = 4704,5 \text{ მმ}$$

გლობოიდური ჭიახრახნული გადაცემის გაანგარიშება

საპროექტო მონაცემებია: მაბრუნებელი მომენტები
ჭიახრახნის $T_1=(T_2)=148,5$ ნმ; ჭიაკბილანის $T_2=(T_3)=4704,5$
ნმ;

კუთხური სიჩქარეები: $\omega_1=(\omega_2)=64$ რ/წმ; $\omega_2=(\omega_3)=1,6$ რ/წმ.
გადაცემის რიცხვი $u_{2-3} = 40$
ხრახნის სელათა რიცხვი $Z_1=1$



ნახ. 4.2

ჭიაკბილანის ბილთა რიცხვი $Z_2 = Z_1 \cdot u_{2-3} = 1 \cdot 40 = 40$;

1. მასალების შერჩევა. ჭიახრახნის მასალად მივიღოთ
ფოლადი 45. თერმოდამუშავებული სისალე HRC 32-38,
ჭიაკბილანის მასალად ფოსფოროვანი ბრინჯაო Бр
06Ц6С3 (ცხრ.4.1)

2. ჭიაკბილანის საანგარიშო მაბრუნებელი მომენტი

$$T_{2L} = T_2 \cdot K_g \cdot K_{სიხ.} \cdot K_h ;$$

ცხრილი.4.1

მასალის კოეფიციენტის K_p მნიშვნელობები

კბილათელის მასალა	ფოლადის ჭიასრახნის სისაღე	K_p
Br 010 Ф1	32-38	1,0
Br06Ц6C3		0,9
BrA9ЖЗЛ BrA10Ж4П4Л BrA10ЖЗМу2 ЛЦ23A6ЖЗБц2	50-55	0,8-0,9
	28-35	
Cr 10 Cr 15 Cr 18 Cr 20	30-35	0,5

ცხრილი.4.2

რეჟიმის კოეფიციენტის მნიშვნელობები

განუწყვეტელი მუშაობა 8-10 საათი, ხანმოკლე გადატვირთვებით, არა უმეტეს: 200%-ისა	0,75
125%-ისა	0,85
დღე და ღამით წყნარი, ბიძგების გარეშე მუშაობისას;	1,0
15 წუთით პერიოდული მუშაობა 2 საათით შესვენებებით, მშვიდი დატვირთვისას	1,4

ცხრილი 4.3

გლობოიდური გადაცემის ძირითადი პარამეტრები
(სასტ 9369-77-ის მიხედვით)

I რიგი	II რიგი	I რიგი	II რიგი
ცენტრთა შორის მანძილები, მმ			
40		315	335
50		400	450
63		500	560
80		630	710
100		800	900
125	140	1000	1120
160	180	1250	1400
200	224	1600	
250	280		
ნომინალური გადაცემის რიცხვი			
10	11,2	31,5	35,5
12,5	14	40	45
16	18	50	56
20	22,4	63	71
25	28	80	90
შენიშვნა:			
1. უპირატესობა ენიჭება I რიგს			
2. გადაცემის რიცხვების მნიშვნელობები			
ნომინალურისაგან არ უნდა განსხვავდებოდნენ არა			
უმეტეს 4%-ისა			

ჭიახრახნის დიამეტრისა (d_1) და ჭიაკბილანის გვირგვინის სიგანის (b_2) მნიშვნელობები მმ-ში (სასტ 9369-77)

a	d_1			b_2
	I რიგი	II რიგი	III რიგი	
40		16	18,0	10
50		20	22,4	12
63		25	28,0	16
80		31,5	35,5	20
100		40	45,5	25
125		50	56,0	32
140	50	56		36
160	56	63		40
180	63	71		40
200	71	80		45
224	80	90		50
250	90	100		56
280	100	112		63
315	112	125		71
355	125	140		80
400	140	160		90
450	160	180		100
500	180	200		110
560	200	224		125
630	224	250		140
				160
შენიშვნა: უპირატესობა ენიჭება d_1 -ის მცირე მნიშვნელობას				

სადაც $K_{\phi} = 0,9$ – მასალის კოეფიციენტი (ცხრ.4.1)

სიზუსტის კოეფიციენტი დაიშვება მაღალი სიზუსტის შემთხვევაში $K_{სიზ} = 1,1$; ნორმალური სიზუსტის დროს $K_{სიზ} = 1,0$ და დაბალი სიზუსტის შემთხვევაში $K_{სიზ} = 0,85$.
მივიღოთ $K_{სიზ} = 1,0$.

$K_R = 0,85$ - რეჟიმის კოეფიციენტი შეირჩევა ცხრ.5.2-ის მიხედვით.

$$T_{2\kappa} = 4704,5 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 4400 \text{ მმ}$$

3. ღერძებს შორის მანძილის განსაზღვრა

ღერძებს შორის მანძილი განისაზღვრება დამოკიდებულებიდან

$$a = 12,2\sqrt[3]{T_{2\kappa}} = 12,2\sqrt[3]{4400} = 200 \text{ მმ}$$

სადაც $T_{2\kappa}$ - ჩასმული უნდა იქნას 6მ-ში სასტ 9369-77-ის მიხედვით მივიღოთ $a=200$ მმ (ცხრ.5.3).

4. ჭიახრახნით შემოვლებული ჭიაკბილანის კბილთა რიცხვი $Z_T' = 4$ (ცხრ.4.5)

ცხრ.4.5

ჭიახრახნით შემოვლებული ჭიაკბილანის კბილთა

რიცხვი Z_T' , Z_2 -ის მიხედვით

Z_2	35. . 42	45. . 50	55. . . 67	71. . . 79	91
Z_T'	4	5	6	7	8

4. გამყოფი წრეხაზის დიამეტრის კოეფიციენტი შეირჩევა ჭიაკბილანის კბილთა რიცხვის მიხედვით მივიღოთ $q=8$ (ცხრ.4.6)

ცხრ.4.6

გამყოფი წრეხაზის დიამეტრის კოეფიციენტის q -ს მნიშვნელობა

Z_2	40-მდე	41. . 50	51. . 60	მეტე 60
q	6. . 8	7. . 10	8. . 11	9. . 13

6. ჭიახრახნის საწყისი წრეხაზის დიამეტრი

$$d_1 = \frac{2a}{\frac{Z_2}{q} + 1} = \frac{2 \cdot 200}{\frac{40}{8} + 1} = 66,7 \text{ მმ}$$

მიღებულს შეუსაბამებთ სტანდარტს სასტ 9369-77, სიმაღლის მიხედვითაც $d_1=80$ მმ (ცხრ.5.4);

7. ჭიაკბილანის საანგარიშო წრეხაზის დიამეტრი (ნახ.4.3)

$$d_k = 2a - d_1 = 2 \cdot 200 - 80 = 320 \text{ მმ};$$

8. ჭიაკბილანის გვირგვინის სიგანე $b_2=(0,6...0,8)d_1=(0,6...0,8)71=(42,6...56,8)$ მმ მივიღოთ $t_2=50$ მმ (ცხრ.4.2);

9. გადაცემის მოდული $m = \frac{d_2}{Z_2} = \frac{320}{40} = 8 \text{ მმ}$

მივიღოთ $m=8$ მმ ([5], ცხრ.110);

10. საანგარიშო შემოხვევა $K_c = \frac{Z_2}{10} = \frac{40}{10} = 4 \text{ მმ}$

მივიღოთ $K_k=4,5$ მმ (K_k – მნიშვნელობა დამრგვალებზე მოყვანილი რიგის წევრამდე: 3,5; 4,5; 5,5; 6,5);

11. თეორიული შემოხვევა

$K_a=(1,1...1,2)K_k=(1,1...1,2)4,5=4,95...5,4$ მმ; მივიღოთ $K_a=5$ მმ.

12. თეორიული შემოხვევის ნახევარკუთხე

$$\nu_0 = \frac{180^\circ \cdot K_a}{Z_2} = \frac{180^\circ \cdot 5}{40} = 22,5^\circ = 22^\circ 30';$$

13. საანგარიშო შემოხვევის კუთხის ნახევარი

$$\nu_k = \frac{180^\circ \cdot K_k}{Z_2} = \frac{180^\circ \cdot 4,5}{40} = 20,25^\circ = 20^\circ 15'$$

სიმსუბუქის ნახვრეტების დიამეტრები

$$d_0=0,25(D_e-D_0)=0,25(240-130)=27,5 \text{ მმ}$$

მივიღოთ $d_0=30$ მმ რაოდენობა $n=6$ ცალი

სიმსუბუქის ნახვრეტების ცენტრების განლაგების
წრეწირის დიამეტრი

$$D_1=0,5(D_e+D_0)=0,5(240+130)=185 \text{ მმ}$$

გეირგვინის დისკოსთან შემაერთებული საჩერი
ხრახნების დიამეტრი

$$d_{\text{ხრ}}=(1,2 \dots 1,4)m=(1,2 \dots 1,4)8=9,6 \dots 11,2 \text{ მმ}$$

ვირჩევთ ხრახნის M10 სასტ 1477-75

სიგრძე $l_{\text{ხრ}}=2d_{\text{ხრ}}=2 \cdot 10=20 \text{ მმ}$

ნაზოლის კუთხე $\Phi_2=30 \dots 45^\circ$ მივიღოთ $\Phi_2=40^\circ$

40. ჭიახრახნის კონტროლისათვის საჭირო ზომები
ხრახნის ბიჯი $P_f=\pi \cdot m=3,14 \cdot 8=25,133 \text{ მმ}$

ხრახნის სელა $P_b=Z_{\text{ხრ}} \cdot P_f=1 \cdot 25,133=25,133 \text{ მმ}$

ხრახნის ხეის გამყოფი ქორდის სისქე

$$Sa_1=0,5 \cdot P_f \cos \gamma=0,5 \cdot 25,133 \cos 7^\circ 07' 30''=12,47 \text{ მმ}$$

ხეის სიმაღლე ქორდამდე

$$\begin{aligned} h_a &= h_a^* \cdot m + 0,5 \cdot Sa_1 \cdot \operatorname{tg} \left(0,5 \cdot \arcsin \frac{Sa_1 \cdot \sin^2 \gamma}{d_1} \right) = \\ &= 1 \cdot 8 + 0,5 \cdot 12,47 \cdot \operatorname{tg} \left(0,5 \cdot \arcsin \frac{12,47 \cdot \sin 7^\circ 07' 30''}{80} \right) = 8,009 \end{aligned}$$

ჭიაკბილანის კბილის სისქე

$$S_{2a}=0,5 \cdot P \cdot \cos \gamma = 0,5 \cdot 25,133 \cos 7^{\circ} 07' 30'' = 12,47 \text{ მმ}$$

კბილის თავის სიმაღლე

$$h_{a_2} - h_{a_1} - C = 8,5 - 1,6 = 6,9 \text{ მმ}$$

41. სოგმანების შერჩევა შემოწმებითი გაანგარიშება
ჭიაკბილანის ლილვთან შესაერთებლად ლილვის
ღიაშეტრის = 85 მმ მიხედვით ვირჩევთ პრიზმატულ
სოგმანს $b \times h = 22 \times 14$ $h = 14$ $t = 9$ მმ $t_1 = 5,4$ მმ $k = 5,2$ მმ ([1]
ცხრ.1.6)

სოგმანის სიგრძე მივიღოთ $l' = l_0 - 3 = 100 - 3 = 97$ მმ

საანგარიშო სიგრძე $l_{\text{საანგ.}} = l' - B = 97 - 22 = 75$ მმ

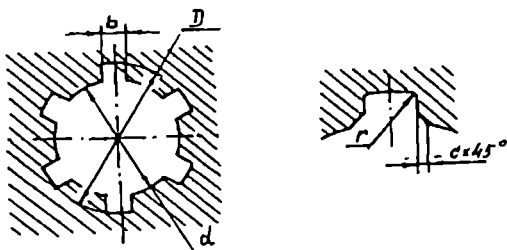
საანგარიშო თელვის ძაბვა

$$\sigma_{\text{თელ.}} = \frac{2T_3}{d_3 \cdot L_{\text{საანგ.}} \cdot K} = \frac{2 \cdot 4704,5}{85 \cdot 10^{-3} \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 5,2 \cdot 10^{-3}} = 284 \text{ მპა} > [\sigma_{\text{თელ.}}] = 120 \text{ მპა}$$

რადგანაც გადაძაბვა საკმაოდ დიდია, სიმტკიცე
დაკმაყოფილებული არ არის ამიტომ ვირჩევთ მართკუთხა
პროფილის კბილა შეერთებას მსუბუქი სერიიდან. (სასტ
1139-80 ცხრ.1] ზომებით კბილთა რიცხვი $Z=10$; $d=82$;
 $D=88$; $b=12$; $d_1=79,3$; $a=8,62$; $f=0,5$; $\eta=0,5$ სიგრძე $l=l_0=100$ მმ

თელვის ძაბვა იანგარიშება ფორმულით

$$\sigma_{\text{თელ.}} = \frac{2 \cdot T_3}{0,75 \cdot Z \cdot A_{\text{თელ.}} \cdot d_{\text{საშ.}}}$$



ნახ. 4.8

$A_{\text{თელ.}}$ - თელვის საანგარიშო ფართი

$$A_{\text{თელ.}} = \left(\frac{D-d}{2} - 2f \right) \cdot l = \left(\frac{88-82}{2} - 2 \cdot 0,5 \right) \cdot 100 = 200$$

$$\text{მმ}^2 = 200 \cdot 10^{-6} \text{ მ}^2$$

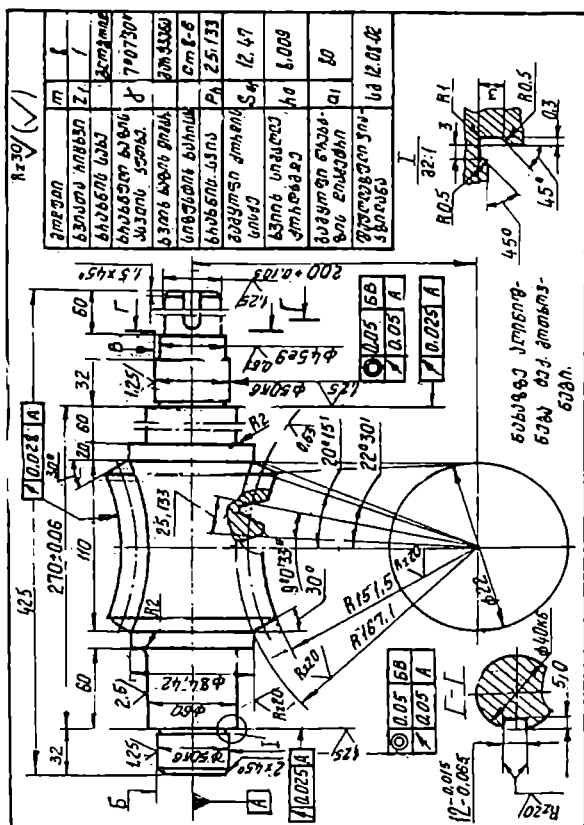
$$d_{\text{საშ.}} = 0,5(D+d) = 0,5(88+82) = 85 \text{ მმ} = 85 \cdot 10^{-3} \text{ მ}$$

$$\sigma_{\text{თელ.}} = \frac{2 \cdot 4704,5}{0,75 \cdot 10 \cdot 200 \cdot 10^{-6} \cdot 85 \cdot 10^{-3}} = 74 \text{ მპა} < [\sigma_{\text{თელ.}}] = 100 \text{ მპა}$$

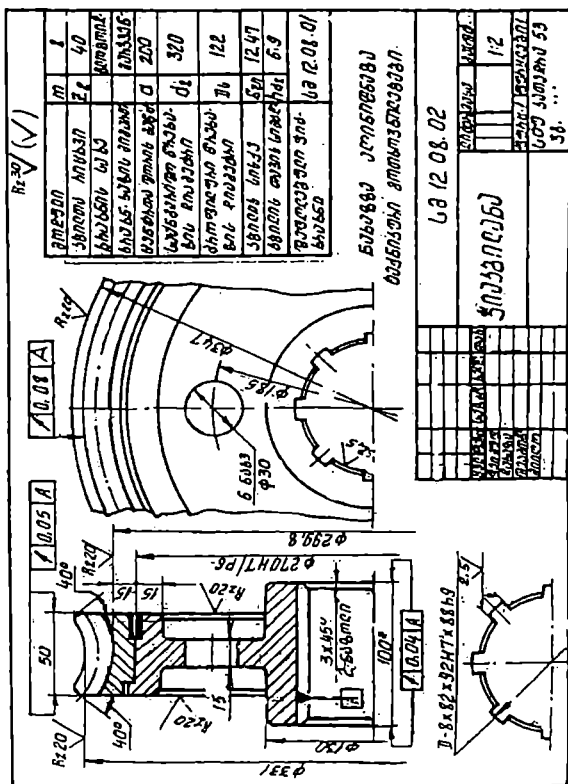
თელვაზე სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია

ნახ. 4.9 გამოხაზულია ჭიახრახნის მუშა ნახაზი

ნახ. 4.10 გამოხაზულია ჭიაკბილანის მუშა ნახაზი



666.4.9



ლიტერატურა

1. შ. სულხანიშვილი მანქანათა ნაწილები და ჩამტვირთავი-სატრანსპორტო მოწყობილობები თბილისი, სტუ-ს გამომცემლობა, 1990.
2. შ. სულხანიშვილი მეთოდური მითითებები საშინაო სამუშაოების შესასრულებლად მანქანათა ნაწილებსა და ჩამტვირთავი-სატრანსპორტო მოწყობილობებში თბილისი, სტუ-ს გამომცემლობა, 1990.
3. С.А. Чернавский и др. Курсовое проектирование деталей машин. М. Машиностроение. 1987 г.
4. В.И. Анурьев Справчник конструктора машиностроителя. Том 1. М. Машиностроение. 1980 г.
5. В.И. Анурьев Справчник конструктора машиностроителя. Том 2. М. Машиностроение. 1980 г.
6. В.И. Анурьев Справчник конструктора машиностроителя. Том 3. М. Машиностроение. 1980 г.

სარჩევი

1. ტალღური გადაცემები	3
2. ტალღური და კონუსური კბილანური გადაცემები.	14
3. კბილა ღვედური და დახურული შევრონულ კბილებიანი ცილინდრული კბილანური გადაცემები	. 48
4. სოლისებრ ღვედური და გლობოიდური ჭიახრახნული გადაცემები	123

იბეჭდება ავტორის მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 17.06.2013. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
02.07.2013. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 5,5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“,
თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent

შპს „ბარტონი“, პოლიგრაფიული ცენტრი,
თბილისი, ვაჟა-ფშაველას 43